

Семенов А. Б.  
Стрижаков С. К.  
Сунчелей И. Р.

# СТРУКТУРИРОВАННЫЕ КАБЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

В книге рассматриваются основные положения стандартов, регламентирующих принципы и правила построения структурированных кабельных систем (СКС). Приводятся сведения о компонентах, применяемых при создании СКС: электрических и оптических кабелях, коммутационно-распределительных устройствах, шнурках, монтажном оборудовании и декоративных коробах. Затронуты вопросы противопожарной безопасности и организации заземления. Излагаются методика проектирования отдельных подсистем СКС, правила монтажа электрических и оптических панелей и розеток различных видов. Описываются правила тестирования смонтированных кабельных систем и используемые для этого приборы, а также принципы эксплуатационного обслуживания смонтированных СКС.

Для проектировщиков, строителей и сотрудников служб эксплуатации СКС, широкого круга специалистов, занимающихся кабельными системами, студентов вузов и учащихся техникумов.

[www.it.ru](http://www.it.ru)  
[www.academy.it.ru](http://www.academy.it.ru)  
[www.dmk.ru](http://www.dmk.ru)



Internet-магазин  
[www.dmk.ru](http://www.dmk.ru)  
[www.ebook.ru](http://www.ebook.ru)  
Книга – почтой  
Россия, 123242,  
Москва, д. 1  
e-mail: post@ebook.ru  
Отзывы продажа:  
Альянс-книга  
тел./факс: (095) 258-9195  
e-mail: [ebook@ebook.ru](mailto:ebook@ebook.ru)



БЕСТСЕЛЛЕР

Семенов А. Б.  
Стрижаков С. К.  
Сунчелей И. Р.

# СТРУКТУРИРОВАННЫЕ КАБЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

БЕСТСЕЛЛЕР

Семенов А. Б.  
Стрижаков С. К.  
Сунчелей И. Р.

# СТРУКТУРИРОВАННЫЕ КАБЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

5-е издание

Информационные  
технологии  
для инженеров

Соколов А. Б., Стрижаков С. К.,  
Суменко И. Р.

# Структурированные кабельные системы

*Издание пятое*



Москва

УДК 621.315.21

ББК 32.845.6

С30

**Семенов А. Б., Стрижаков С. К., Сунчелей И. Р.**

С30 Структурированные кабельные системы / Семенов А. Б., Стрижаков С. К., Сунчелей И. Р. – 5-е изд. – М. : Компания АйТи ; ДМК Пресс. – 640+16 с.: ил.

**ISBN 5-98453-003-1 (АйТи) – ISBN 5-94074-454-0 (ДМК Пресс)**

В книге рассматриваются основные положения стандартов, регламентирующих принципы и правила построения структурированных кабельных систем (СКС). Приводятся сведения о компонентах, применяемых при создании СКС: электрических и оптических кабелях, коммутационно-распределительных устройствах, шнурах, монтажном оборудовании и декоративных коробах. Затронуты вопросы противопожарной безопасности и организации заземления. Излагаются методика проектирования отдельных подсистем СКС, правила монтажа электрических и оптических панелей и розеток различных видов. Описываются правила тестирования смонтированных кабельных систем и используемые для этого приборы, а также принципы эксплуатационного обслуживания смонтированных СКС.

Для проектировщиков, строителей и сотрудников служб эксплуатации СКС, широкого круга специалистов, занимающихся кабельными системами, студентов вузов и учащихся техникумов.

УДК 621.315.21

ББК 32.845.6

Все права защищены. Любая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав.

Материал, изложенный в данной книге, многократно проверен. Но поскольку вероятность технических ошибок все равно существует, издательство не может гарантировать абсолютную точность и правильность приводимых сведений. В связи с этим издательство не несет ответственности за возможные ошибки, связанные с использованием книги.

ISBN 5-98453-003-1 (АйТи)  
ISBN 5-94074-454-0 (ДМК Пресс)

© Компания АйТи  
© Оформление. ДМК Пресс

## **ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ**

<b>УАТС</b>	Учрежденческая автоматическая телефонная станция
<b>ВОЛС</b>	Волоконно-оптическая линия связи
<b>ИБП</b>	Источник бесперебойного питания
<b>ИР</b>	Информационная розетка
<b>КВМ</b>	Кроссовая внешних магистралей
<b>КЗ</b>	Кроссовая здания
<b>КЭ</b>	Кроссовая этажа
<b>ЛВС</b>	Локальная вычислительная сеть
<b>СКС</b>	Структурированная кабельная система
<b>ЭМИ</b>	Электромагнитное излучение
<b>ACR</b>	Attenuation to Crosstalk Ratio
<b>AWG</b>	American Wire Gauge
<b>EIA</b>	Electronic Industries Association
<b>EMI</b>	Electromagnetic Interference
<b>FDDI</b>	Fibre Distributed Data Interface
<b>FEXT</b>	Far End Crosstalk
<b>IDC</b>	Insulation Displacement Connection
<b>IEC</b>	International Electrotechnical Commission
<b>ISO</b>	International Organization for Standardization
<b>MIC</b>	Medium Interface Connector
<b>MUTO</b>	Multi-User Telecommunication Outlet
<b>NEXT</b>	Near End Crosstalk
<b>NVP</b>	Nominal Velocity of Propagation
<b>RFI</b>	Radio Frequency Interference
<b>S/STP</b>	Shielded/ Shielded Twisted Pair
<b>S/UTP</b>	Shielded/ Unshielded Twisted Pair
<b>SRL</b>	Structural Return Loss
<b>STP</b>	Shielded Twisted Pair
	Защищенность на ближнем конце
	Американская калибровка проводов
	Ассоциация электронной промышленности
	Электромагнитная интерференция
	Локальная вычислительная сеть FDDI
	Переходное затухание на дальнем конце
	Соединение методом IDC
	Международная электротехническая комиссия
	Международная организация по стандартизации
	Оптический разъем сетей FDDI и электрический разъем сетей Token Ring
	Много пользовательская розетка
	Переходное затухание на ближнем конце
	Нормированная скорость распространения
	Радиочастотная интерференция
	Кабель из витых пар с индивидуальной экранировкой и общим защитным экраном
	Общий внешний экран вокруг незащищенных витых пар
	Структурные возвратные потери
	Кабель из витых пар с индивидуальной экранировкой

<b>TIA</b>	Telecommunications Industry Association	Ассоциация телекоммуникационной промышленности
<b>TSBU Unit</b>	Technical Systems Bulletin	Технический системный бюллетень
<b>UL</b>	Underwriters Laboratories	Единица измерения высоты 19-дюймовых монтажных конструктивов, равная 44,45 мм (1,75 дюйма)
<b>UTP</b>	Unshielded Twisted Pair	Тестовая лаборатория UL Кабель из неэкранированных витых пар

# **Содержание**

---

Предисловие к третьему изданию .....	20
Предисловие к четвертому изданию .....	23
Введение .....	24
Глава I	
<b>Общие сведения о СКС .....</b>	<b>29</b>
1.1. Историческая справка о происхождении СКС и развитии стандартов .....	29
1.2. Структура СКС .....	34
1.2.1 <i>Топология СКС</i> .....	34
1.2.2 <i>Технические помещения</i> .....	35
1.2.3. <i>Подсистемы СКС</i> .....	36
1.2.4. <i>Коммутация в СКС</i> .....	38
1.2.5. <i>Принципы администрирования СКС</i> .....	39
1.2.6. <i>Кабели СКС</i> .....	39
1.3. Понятие классов и категорий и их связь с длинами кабельных трасс .....	40
1.3.1. <i>Классы приложений, категории кабелей и разъемов СКС</i> .....	40
1.3.2. <i>Ограничения на длины кабелей и шнурков СКС</i> .....	44
1.4. Дополнительные варианты топологического построения СКС .....	45
1.4.1. <i>Варианты построения горизонтальной подсистемы СКС</i> .....	46
1.4.2. <i>Топологии с централизованным администрированием</i> .....	47
1.5. Принцип <i>Cable Sharing</i> .....	49
1.6. Гарантийная поддержка современных СКС .....	51
1.7. Выводы .....	54
Глава II	
<b>Передача сигналов по электрическим и оптическим трактам СКС .....</b>	<b>55</b>
2.1. Передача электрических сигналов по витым парам .....	55
2.1.1. <i>Способы передачи информации по витым парам</i> .....	55
2.1.2. <i>Первичные электрические параметры витой пары</i> .....	56
2.1.2.1. <i>Емкость</i> .....	57
2.1.2.2. <i>Активное сопротивление</i> .....	58

2.1.2.3. Индуктивность .....	59
2.1.2.4. Проводимость изоляции .....	59
<b>2.1.3. Вторичные параметры кабелей из витых пар</b>	
и трактов на их основе .....	60
2.1.3.1. Волновое сопротивление .....	60
2.1.3.2. Затухание .....	61
2.1.3.3. Переходное затухание .....	64
2.1.3.4. Защищенность .....	69
2.1.3.5. Относительная скорость распространения сигналов (параметр <i>NVP</i> ) и задержка прохождения сигналов (параметр <i>delay</i> ) .....	72
2.1.3.6. Разброс задержек прохождения сигналов по витым парам (параметр <i>Skew</i> ) .....	73
2.1.3.7. Структурные и обычные возвратные потери .....	74
2.1.3.8. Сопротивление связи .....	76
2.1.3.9. Затухание несимметрии .....	77
2.1.3.10. Дополнительные потери <i>ILD</i> .....	78
2.1.4. Шум от внешних источников электромагнитного излучения .....	79
<b>2.2. Передача сигналов по волоконным световодам</b> .....	79
2.2.1. Процессы распространения излучения в волоконном световоде .....	80
2.2.2. Типы волоконных световодов .....	81
2.2.3. Дисперсия электромагнитного излучения .....	82
2.2.4. Затухание сигналов в световодах .....	84
2.2.4.1. Единицы измерения оптической мощности .....	84
2.2.4.2. Механизмы потерь .....	84
<b>2.3. Передача цифровой информации по электрическим и оптическим трактам СКС</b> .....	86
2.3.1. Линейные коды сетевой аппаратуры .....	87
2.3.1.1. Требования к кодам .....	87
2.3.1.2. Связь тактовой частоты цифрового сигнала с полосой пропускания канала связи .....	87
2.3.1.3. Способы обеспечения тактовой синхронизации в цифровой сетевой аппаратуре .....	89
2.3.2. Коды низкоскоростных электрических систем .....	91
2.3.2.1. Коды без возврата к нулю .....	91
2.3.2.2. Коды с возвратом к нулю .....	92
2.3.3. Особенности использования кабелей из витых пар высокоскоростными сетевыми устройствами .....	93
2.3.3.1. Схема кодирования сети 100Base-T4 .....	94
2.3.3.2. Схема кодирования TP-PMD и 100Base-TX .....	95
2.3.3.3. Технические решения 1000Base-T .....	96
2.3.4. Особенности линейных кодов для оптических каналов связи .....	99
<b>2.4. Выводы</b> .....	102

**Глава III**

<b>Электрические компоненты СКС</b>	103
3.1. Кабели на основе витых пар	103
3.1.1. Общие положения и классификация	103
3.1.2. Горизонтальный кабель	104
3.1.2.1. Разновидности горизонтальных кабелей	104
3.1.2.2. Материалы проводников	105
3.1.2.3. Материалы изоляции проводников	107
3.1.2.4. Внешние оболочки	108
3.1.2.5. Экранирование горизонтальных кабелей	109
3.1.2.6. Электрические характеристики	113
3.1.2.7. Механические характеристики	114
3.1.2.8. Кабели с волновым сопротивлением 120 Ом	116
3.1.2.9. Упаковка горизонтальных кабелей	117
3.1.2.10. Производство горизонтального кабеля	119
3.1.3. Многопарный кабель	120
3.1.3.1. Конструктивные особенности	120
3.1.3.2. Электрические характеристики	121
3.1.3.3. Механические характеристики	122
3.1.4. Другие электрические кабельные изделия СКС	123
3.1.4.1. Кабель для шнуров	123
3.1.4.2. Провод для перемычек	125
3.1.4.3. Кабель для прокладки под ковром	126
3.1.4.4. Горизонтальные кабели с граничной частотой свыше 100 МГц	127
3.1.4.5. Комбинированные конструкции кабелей для горизонтальной подсистемы СКС	130
3.1.5. Цветовая маркировка электрических кабелей СКС	132
3.2. Разъемы для электрических кабелей	133
3.2.1. Механические и электрические параметры разъемов	134
3.2.1.1. Подключение проводников кабеля к контактам разъемов	134
3.2.1.2. Электрические характеристики разъемов для витых пар	137
3.2.1.3. Механические характеристики разъемов для витых пар	140
3.2.2. Модульные разъемы	140
3.2.2.1. Общие положения	140
3.2.2.2. Вилки модульных разъемов	142
3.2.2.3. Розетки модульных разъемов	147
3.2.2.4. Схемы разводки модульных разъемов	155
3.2.3. Разъемы типа 110	157
3.2.4. Другие типы разъемов для передачи сигналов приложений класса C и D	160

3.2.5. Разъемы типа 110 нетрадиционных схем для применения в СКС с повышенной пропускной способностью .....	161
3.2.5.1. Разъемы системы VisiPatch .....	162
3.2.5.2. Разъемы типа S210 .....	163
3.2.5.3. Разъем системы Giga-PUNCH .....	164
3.2.6. Высокочастотные разъемы для решений проекта категории 7 .....	165
3.2.6.1. Состояние разработок и применяемые схемы .....	165
3.2.6.2. Решения модульного типа .....	166
3.2.6.3. Решения нетрадиционных схем .....	167
3.3. Коммутационное оборудование .....	168
3.3.1. Коммутационные шнуры .....	168
3.3.2. Коммутационные панели .....	171
3.3.2.1. Коммутационные панели типа 110 .....	172
3.3.2.2. Коммутационные панели типа 66 .....	176
3.3.2.3. Коммутационные панели с розетками модульных разъемов .....	178
3.3.2.4. Претерминированные и бесшнуровые панели .....	186
3.3.2.5. Прочие разновидности коммутационных панелей .....	188
3.3.2.6. Распределители .....	188
3.3.3. Информационные розетки .....	189
3.3.3.1. Традиционные конструкции .....	189
3.3.3.2. Розетки для телефонных аппаратов .....	193
3.3.4. Решения для открытых офисов .....	194
3.3.4.1. Розетки для монтажа в подпольных коробках .....	194
3.3.4.2. Розетки MUTO и консолидационных точек .....	194
3.4. Оконечные шнуры, адаптеры и удлинители .....	195
3.4.1. Оконечные шнуры .....	196
3.4.1.1. Конструктивные особенности .....	196
3.4.1.2. Разновидности 4-парных оконечных шнуров .....	198
3.4.1.3. Монтажные шнуры и оконцованные кабели .....	199
3.4.1.4. Комбинированные и многопарные оконечные шнуры .....	200
3.4.2. АдAPTERы .....	201
3.4.2.1. Переходники .....	202
3.4.2.2. Разветвители .....	203
3.4.2.3. Балуны .....	204
3.4.2.4. Другие виды адаптеров .....	206
3.4.3. Удлинители .....	209
3.5. Дополнительное оборудование для построения трактов передачи информации СКС .....	209
3.5.1. Комплекты и наборы для установки кабельной системы .....	210
3.5.2. Соединительные модули .....	211
3.5.3. Автоматические кросссы .....	211
3.5.4. Демонстрационное оборудование .....	212
3.6. Выводы .....	212

**Глава IV**

<b>Волоконно-оптические компоненты СКС</b>	214
4.1. Оптические кабели .....	214
4.1.1. Области применения и классификация .....	214
4.1.2. Конструктивные особенности и оптические параметры оптических кабелей .....	215
4.1.3. Вторичные защитные покрытия волоконных световодов .....	218
4.1.4. Широкополосные многомодовые световоды .....	219
4.1.5. Разновидности оптических кабелей СКС .....	223
4.1.5.1. Кабели внешней прокладки .....	223
4.1.5.2. Кабели внутренней прокладки .....	229
4.1.5.3. Кабели для соединения зданий .....	231
4.1.5.4. Кабели для шнурков .....	232
4.1.6. Цветовая кодировка и маркировка оптических кабелей .....	234
4.2. Оптические разъемы .....	236
4.2.1. Назначение оптических разъемов и основные требования к ним .....	236
4.2.2. Параметры оптических разъемов .....	240
4.2.2.1. Вносимые потери .....	240
4.2.2.2. Обратные отражения .....	240
4.2.3. Конструктивные особенности оптических разъемов .....	242
4.2.3.1. Наконечники вилок оптических разъемов .....	242
4.2.3.2. Элементы защиты наконечников от проворачивания и неправильного подключения вилок .....	244
4.2.3.3. Элементы и способы крепления к кабелю .....	245
4.2.3.4. Хвостовики вилок .....	247
4.2.3.5. Розетки оптических разъемов .....	247
4.2.3.6. Защитные колпачки и крышки .....	248
4.2.4. Основные типы оптических разъемов СКС .....	249
4.2.4.1. Разъемы типа SC .....	249
4.2.4.2. Разъемы типа ST .....	250
4.2.5. Другие типы оптических разъемов .....	251
4.2.5.1. Разъемы типа FC .....	251
4.2.5.2. Разъемы типа MIC .....	252
4.2.5.3. Разъемы типа SMA .....	253
4.2.5.4. Разъемы типа DIN .....	253
4.2.6. Разъемы с увеличенной плотностью установки .....	253
4.2.6.1. Конструкции с наконечниками уменьшенного диаметра .....	254
4.2.6.2. Малогабаритные разъемы с наконечниками диаметром 2,5 мм .....	255
4.2.6.3. Разъемы группового типа .....	257
4.2.6.4. Конструкции без центрирующего наконечника .....	258

4.3. Коммутационное оборудование .....	259
4.3.1. Конструктивные особенности и варианты подключения .....	259
4.3.2. Коммутационные стойки .....	261
4.3.3. 19-дюймовое коммутационное оборудование .....	262
4.3.3.1. Коммутационные полки классической конструкции .....	262
4.3.3.2. Другие виды 19-дюймового оптического оборудования .....	265
4.3.4. Настенные муфты .....	266
4.3.5. Оптические модули .....	267
4.3.6. Оптические многопользовательские розетки и консолидационные точки .....	268
4.3.7. Информационные розетки .....	268
4.4. Оконцованные волоконно-оптические кабельные изделия .....	270
4.4.1. Коммутационные и оконечные шнуры .....	270
4.4.2. Претерминированные кабельные изделия .....	271
4.4.2.1. Претерминированные сборки .....	271
4.4.2.2. Ремонтные кабельные вставки .....	272
4.4.3. Монолитные распределительные панели .....	273
4.5. АдAPTERЫ .....	273
4.6. Промежуточные муфты .....	274
4.7. Система Blolite .....	276
4.8. Выводы .....	277

**Глава V**

<b>Дополнительные компоненты .....</b>	<b>279</b>
5.1. Монтажное оборудование .....	279
5.1.1. 19-дюймовые конструктивы .....	279
5.1.1.1. Габаритные параметры 19-дюймового оборудования .....	280
5.1.1.2. Остальные особенности 19-дюймового оборудования .....	282
5.1.2. Монтажные шкафы .....	283
5.1.2.1. Напольные шкафы .....	284
5.1.2.2. Настенные шкафы .....	290
5.1.3. Другие виды 19-дюймового монтажного оборудования .....	293
5.1.3.1. Открытые стойки .....	293
5.1.3.2. Монтажные рамы .....	294
5.1.3.3. Настенные рамы .....	295
5.1.3.4. Монтажные консоли .....	295
5.1.3.5. Подвижные приборные стойки .....	295
5.1.4. Оборудование и аксессуары для 19-дюймовых конструктивов .....	296
5.1.4.1. Полки, поддоны и крепежные уголки .....	296
5.1.4.2. Распределители силового электропитания .....	297
5.1.4.3. Оборудование заземления .....	298

5.1.4.4. Организаторы кроссовых шнуров, перемычек и кабелей .....	299
5.1.4.5. Оборудование принудительной вентиляции .....	303
5.1.4.6. Дополнительные аксессуары .....	304
5.2. Декоративные кабельные короба .....	305
5.2.1. Назначение и конструктивные особенности настенных коробов .....	305
5.2.1.1. Основные требования к коробам .....	305
5.2.1.2. Виды коробов .....	306
5.2.1.3. Материалы и окраска .....	309
5.2.2. Стандартные комплектующие элементы .....	311
5.2.3. Средства установки розеток в рабочих помещениях .....	313
5.2.3.1. Установка розетки во внутреннее пространство короба .....	314
5.2.3.2. Установка розетки на короб .....	315
5.2.3.3. Установка розетки рядом с коробом .....	316
5.2.3.4. Комбинированные решения .....	317
5.2.3.5. Розетки мультимедиа .....	317
5.2.4. Элементы подключения рабочих мест в больших залах .....	318
5.2.4.1. Подпольные коробки .....	319
5.2.4.2. Напольные и настольные коробки .....	320
5.2.4.3. Декоративные колонны .....	321
5.2.4.4. Розеточная панель .....	322
5.2.4.5. Корпусы для оборудования консолидационных точек .....	323
5.2.5. Другие виды коробов .....	323
5.2.5.1. Короба для прокладки волоконно-оптических кабелей .....	323
5.2.5.2. Короба для монтажа под фальшполом и за фальшпотолком .....	324
5.3. Выводы .....	326

## Глава VI

### СКС для зданий неофисного типа, сектора SOHO

и домашних сетей .....	328
6.1. Общие вопросы построения СКС неофисного типа .....	329
6.1.1. Особенности области применения .....	329
6.1.2. Функциональные возможности и требования к кабельной системе .....	330
6.2. Принципы построения .....	331
6.2.1. Коммутационные узлы и центры .....	331
6.2.2. Элементная база .....	332
6.2.2.1. Кабельные изделия .....	333
6.2.2.2. Коммутационные устройства .....	333

<i>6.2.2.3. Информационные розетки</i>	334
<i>6.2.2.4. Декоративные короба</i>	336
<b>6.3. Монтажные конструктивы</b>	336
<i>6.3.1. Разновидности реализации</i>	336
<i>6.3.2. Шкафчики</i>	337
<i>6.3.2.1. Конструктивные особенности</i>	337
<i>6.3.2.2. Аксессуары</i>	340
<i>6.3.3. Другие виды конструктивов</i>	341
<b>6.4. Особенности реализации</b>	341
<i>6.4.1. Кабельная разводка</i>	341
<i>6.4.2. Монтаж активного оборудования</i>	343
<b>6.5. Выводы</b>	345

Глава VII

## **Специализированное активное сетевое оборудование для применения в технике СКС**

Глава VIII

#### **Заземление в кроссовых и в машинных залах**

.371

**Глава IX**

<b>Пожарная безопасность .....</b>	<b>375</b>
9.1. Общие положения .....	375
9.2. Сопротивляемость горению и распространению пламени .....	376
9.2.1. Состояние стандартизации .....	376
9.2.2. Маркировка уровня пожаростойкости кабелей .....	379
9.3. Другие вредные факторы при пожаре .....	379
9.3.1. Выделение дыма .....	379
9.3.2. Токсичные и удушающие газы .....	380
9.3.3. Пожарная нагрузка .....	382
9.4. Экспериментальное тестирование кабельных изделий .....	382
9.4.1. Тестирование по ГОСТ и IEC .....	382
9.4.2. Тестирование по нормам UL .....	383
9.5. Правила противопожарной безопасности при проектировании СКС .....	385
9.6. Выводы .....	386

**Глава X**

<b>Проектирование СКС .....</b>	<b>387</b>
10.1. Принципы проектирования .....	387
10.1.1. Стадии проектирования .....	387
10.1.2. Этапы создания СКС .....	388
10.1.2.1. Исходные данные для проектирования на архитектурной и телекоммуникационной стадиях .....	389
10.1.2.2. Эскизный проект .....	389
10.1.2.3. Технический проект .....	391
10.1.2.4. Разработка рабочей документации .....	391
10.2. Архитектурная стадия проектирования .....	391
10.2.1. Цели и задачи .....	391
10.2.2. Проектирование аппаратных .....	392
10.2.2.1. Размещение аппаратной .....	393
10.2.2.2. Площадь аппаратной .....	393
10.2.2.3. Условия окружающей среды в аппаратной .....	394
10.2.2.4. Требования к конструкции и оборудованию аппаратной .....	395
10.2.3. Проектирование кроссовых .....	396
10.2.3.1. Размещение кроссовых .....	396
10.2.3.2. Площадь кроссовых .....	397

10.2.3.3. Условия окружающей среды в кроссовых .....	397
10.2.3.4. Требования к конструкции и оборудованию кроссовых .....	398
10.2.4. Кабельные трассы подсистемы внешних магистралей .....	398
10.2.5. Кабельные трассы подсистемы внутренних магистралей .....	399
10.2.6. Кабельные трассы горизонтальной подсистемы .....	401
10.2.6.1. Кабельные трассы в конструкциях пола .....	402
10.2.6.2. Подпотолочные кабельные каналы .....	407
10.2.6.3. Прокладка кабелей в настенных каналах .....	410
10.3. Телекоммуникационная стадия проектирования .....	411
10.3.1. Исходные данные для проектирования .....	411
10.3.1.1. Строительные решения .....	411
10.3.1.2. Требования к кабельной системе .....	413
10.3.1.3. Состав розеток на рабочих местах .....	413
10.3.2. Проектирование подсистемы рабочего места .....	413
10.3.3. Проектирование горизонтальной подсистемы .....	415
10.3.3.1. Привязка отдельных рабочих мест к кроссовым .....	416
10.3.3.2. Выбор типа информационных розеток .....	417
10.3.3.3. Расчет горизонтального кабеля .....	417
10.3.3.4. Проектирование точек перехода .....	420
10.3.4. Магистральные подсистемы СКС .....	420
10.3.4.1. Выбор типа и категории магистральных кабелей .....	421
10.3.4.2. Расчет емкости и количества магистральных кабелей .....	422
10.3.4.3. Особенности проектирования подсистемы внешних магистралей .....	423
10.3.4.4. Резервирование магистральных кабелей .....	424
10.3.5. Подсистема кабелей оборудования .....	425
10.3.5.1. Выбор метода подключения сетевого оборудования к кабельной системе .....	425
10.3.5.2. Выбор типа и категории кабелей оборудования, расчет их количества .....	427
10.3.6. Административная подсистема .....	428
10.3.6.1. Определение функциональных секций коммутационных панелей .....	428
10.3.6.2. Определение емкости каналов передачи информации .....	429
10.3.6.3. Выбор типа коммутационного оборудования .....	430
10.3.6.4. Разработка планов размещения оборудования в помещениях кроссовых .....	431
10.3.6.5. Расчет количества конструктивных единиц коммутационного оборудования .....	433
10.3.6.6. Оформление спецификации .....	441
10.4. Пример проектирования СКС .....	442
10.4.1. Исходные данные .....	442
10.4.2. Архитектурная фаза проектирования .....	443

10.4.3. Телекоммуникационная стадия проектирования .....	445
10.4.3.1. Проектирование горизонтальной подсистемы .....	445
10.4.3.2. Проектирование подсистемы внутренних магистралей .....	446
10.4.3.3. Проектирование административной подсистемы .....	446
10.4.3.4. Расчет количества и определение длины оконечных и коммутационных шнуров .....	448
10.5. Выводы .....	453

**Глава XI**

<b>Монтаж СКС .....</b>	<b>457</b>
11.1. Организация работ .....	457
11.1.1. Состав и оснащение бригад монтажников .....	457
11.1.2. Рабочая документация .....	457
11.1.3. Этапы и продолжительность выполнения работ .....	458
11.1.4. Другие условия проведения работ .....	459
11.2. Входной контроль компонентов СКС .....	459
11.2.1. Входной контроль электрических кабелей и других электрических компонентов .....	459
11.2.2. Входной контроль волоконно-оптических кабелей и других оптических компонентов .....	460
11.3. Строительство магистральных подсистем СКС .....	461
11.3.1. Прокладка кабелей в канализации .....	461
11.3.2. Сращивание строительных длин кабелей внешней прокладки .....	462
11.3.3. Монтаж оптических полок и настенных муфт .....	463
11.4. Прокладка симметричных и/или волоконно-оптических кабелей внутри здания .....	464
11.5. Монтаж декоративных коробов в рабочих помещениях и розеток на рабочих местах пользователей .....	466
11.6. Подключение электрических и оптических кабелей к информационным розеткам и панелям .....	468
11.6.1. Подключение витых пар к розеткам .....	468
11.6.2. Подключение волоконно-оптических кабелей к розеткам .....	469
11.7. Монтаж оборудования в технических помещениях .....	469
11.7.1. Организация работ по монтажу оборудования и элементов СКС .....	469
11.7.2. Подключение симметричных кабелей к компонентам коммутационного оборудования .....	470
11.7.2.1. Подключение горизонтальных кабелей к кроссовым блокам типа 110 .....	470
11.7.2.2. Подключение многопарных кабелей к кроссовым блокам типа 110 .....	471

11.7.2.3. Подключение горизонтальных кабелей к коммутационным панелям .....	472
11.7.2.4. Подключение многопарных кабелей к коммутационным панелям .....	473
<b>11.8. Коммутация каналов передачи информации и подключение сетевого оборудования .....</b>	<b>474</b>
11.8.1. Коммутация каналов передачи информации на коммутационном оборудовании .....	474
11.8.2. Подключение сетевого оборудования на рабочем месте .....	474
11.9. Выводы .....	475
<b>Глава XII</b>	
<b>Тестирование линий и трактов СКС .....</b>	<b>476</b>
12.1. Общие вопросы тестирования СКС .....	476
12.1.1. Назначение и виды измерений .....	476
12.1.2. Документирование результатов измерений .....	477
12.2. Тестирование электрической подсистемы СКС .....	478
12.2.1. Объекты тестирования .....	478
12.2.1.1. Линии ISO/IEC 11801 .....	479
12.2.1.2. Канал и базовая линия по TSB-67 .....	482
12.2.1.3. Области применения моделей тестируемых линий .....	483
12.2.2. Измеряемые параметры .....	484
12.2.2.1. Требования к затуханию электрических трактов передачи ..	484
12.2.2.2. Требования к переходному затуханию NEXT электрических трактов передачи .....	485
12.2.2.3. Измерение длины .....	486
12.2.2.4. Проверка разводки проводников пар по контактам модульного разъема .....	487
12.2.2.5. Градации пропускной способности .....	488
12.2.3. Погрешности измерений оборудования для полевого тестирования СКС .....	489
12.2.3.1. Погрешности измерения затухания и NEXT .....	491
12.2.3.2. Погрешность измерения длины .....	492
12.2.4. Измерительное и тестирующее оборудование .....	493
12.2.4.1. Виды оборудования для тестирования электрических трактов СКС .....	493
12.2.4.2. Тестеры СКС .....	494
12.2.4.3. Микросканеры .....	500
12.2.5. Другие устройства для тестирования электрической подсистемы СКС .....	500
12.2.5.1. Рефлектометры для электрических кабелей .....	500
12.2.5.2. Устройства для проверки разводки .....	501

---

12.3. Тестирование волоконно-оптической подсистемы СКС .....	502
12.3.1. Объекты тестирования и контролируемые параметры .....	502
12.3.2. Оптические тестеры .....	505
12.3.2.1. Методы измерения затухания .....	505
12.3.2.2. Конструктивные особенности оптических тестеров .....	506
12.3.2.3. Приставки к кабельным сканерам и автоматические измерители .....	508
12.3.3. Оптические рефлектометры и локаторы .....	509
12.3.3.1. Принцип действия рефлектометра .....	510
12.3.3.2. Конструктивные особенности рефлектометров .....	511
12.3.3.3. Оптические локаторы .....	514
12.3.4. Идентификаторы активных волокон и визуализаторы дефектов .....	515
12.4. Выводы .....	515

## Глава XIII

<b>Эксплуатация СКС .....</b>	<b>517</b>
13.1. Администрирование .....	517
13.1.1. Концепция администрирования .....	517
13.1.1.1. Идентификаторы .....	518
13.1.1.2. Записи .....	520
13.1.1.3. Ссылки .....	522
13.1.1.4. Информация о смежных системах .....	522
13.1.1.5. Другие формы представления информации .....	522
13.1.1.6. Содержание записей .....	523
13.1.2. Администрирование отдельных элементов кабельной системы .....	524
13.1.2.1. Администрирование кабельных каналов и помещений .....	524
13.1.2.2. Администрирование кабельных линий .....	525
13.1.2.3. Администрирование заземления .....	529
13.1.3. Системы интерактивного управления СКС .....	530
13.1.3.1. Система PatchView .....	531
13.1.3.2. Система Enterprise 1 .....	534
13.1.3.3. Система iPatch фирмы Avaya Communication .....	535
13.1.3.4. Технология iTracks .....	538
13.1.4. Программные продукты для неинтерактивного управления кабельной системой .....	540
13.1.5. Элементы маркировки СКС .....	541
13.1.5.1. Общие положения .....	541
13.1.5.2. Клеевые этикетки .....	543
13.1.5.3. Специализированные элементы маркировки кабельных изделий .....	546
13.1.5.4. Элементы маркировки коммутационных панелей и розеток .....	551

<b>13.2. Поиск и устранение неисправностей .....</b>	<b>552</b>
<b>13.2.1. Неисправности кабельных систем на основе витых пар .....</b>	<b>552</b>
<b>13.2.1.1. Обрыв кабеля .....</b>	<b>552</b>
<b>13.2.1.2. Обрыв или короткое замыкание проводников кабеля .....</b>	<b>553</b>
<b>13.2.1.3. Отсутствие электрического контакта             между проводником кабеля и контактом розетки .....</b>	<b>553</b>
<b>13.2.1.4. Нарушение порядка разводки проводников .....</b>	<b>553</b>
<b>13.2.1.5. Нарушение электрических характеристик линии .....</b>	<b>553</b>
<b>13.2.1.6. Сильные помехи от внешних источников             электромагнитного излучения .....</b>	<b>554</b>
<b>13.2.2. Неисправности волоконно-оптических кабельных систем .....</b>	<b>554</b>
<b>13.2.2.1. Повреждение или обрыв кабеля .....</b>	<b>554</b>
<b>13.2.2.2. Увеличение затухания в разъемах .....</b>	<b>555</b>
<b>13.2.2.3. Повреждение коммутационных шнуров .....</b>	<b>555</b>
<b>13.2.2.4. Неправильное подключение             оконечных и коммутационных шнуров .....</b>	<b>556</b>
<b>13.3. Проведение регламентных работ .....</b>	<b>556</b>
<b>13.3.1. Состав и назначение регламентных работ .....</b>	<b>556</b>
<b>13.3.2. Процедуры выполнения регламентных работ .....</b>	<b>557</b>
<b>13.3.2.1. Визуальный осмотр .....</b>	<b>557</b>
<b>13.3.2.2. Удаление пыли .....</b>	<b>557</b>
<b>13.3.2.3. Перекладка коммутационных шнуров и перемычек .....</b>	<b>557</b>
<b>13.3.2.4. Сверка кабельных журналов .....</b>	<b>558</b>
<b>13.3.3. Действия в нештатных ситуациях .....</b>	<b>558</b>
<b>13.4. Выводы .....</b>	<b>558</b>

#### Глава XIV

<b>Некоторые вопросы производства СКС .....</b>	<b>560</b>
<b>14.1. Соотношение производства СКС</b>	
как системы и отдельных компонентов .....	560
<b>14.1.1. Состав компонентов СКС .....</b>	<b>560</b>
<b>14.1.2. Варианты изготовления отдельных компонентов         в составе системы .....</b>	<b>564</b>
<b>14.2. Схемы производства СКС как продукта .....</b>	<b>565</b>
<b>14.2.1. Схемы на основе производства полного спектра компонентов .....</b>	<b>566</b>
<b>14.2.2. Схемы на основе производства части компонентов .....</b>	<b>566</b>
<b>14.2.3. Схемы на основе широкой интеграции         в систему покупных продуктов .....</b>	<b>567</b>
<b>14.3. Характерные черты и особенности реализации СКС .....</b>	<b>569</b>
<b>14.3.1. Область технических параметров .....</b>	<b>569</b>
<b>14.3.2. Организационные мероприятия .....</b>	<b>570</b>
<b>14.4. Выводы .....</b>	<b>571</b>

---

<b>Заключение</b>	572
<b>Приложения</b>	577
Кабельные системы различных производителей	577
Волоконно-оптическая структурированная кабельная система <i>Volition</i> фирмы 3M	577
Система <i>Signa Max</i> компании <i>Advanced Electronic Support Products</i>	578
Кабельная система <i>Alcatel Cabling System</i> компании <i>Alcatel</i>	579
Система <i>NETConnect</i> компании <i>AMP</i>	581
<i>CKC Millennium</i> компании <i>Brand-Rex</i>	583
Кабельная система фирмы <i>Elgadphon</i>	585
<i>ACS</i> компании <i>IBM</i>	586
АйТи <i>CKC</i> компании АйТи	588
<i>CKC</i> компании <i>IT NS&amp;S</i>	589
Система <i>Krone Link</i> и <i>Highband</i> компании <i>Krone</i>	591
<i>SYSTIMAX</i> компании <i>Lucent Technologies</i>	592
Система <i>Molex Premise Networks</i> компании <i>Molex</i>	594
Системы <i>GIGAMo</i> компании <i>Ortronics</i>	595
Система <i>PAN-NET</i> компании <i>Panduit</i>	596
Система <i>Freenet</i> компании <i>Reichle &amp; De Massari</i>	598
Структурированные кабельные системы компании <i>RiT Technologies</i>	599
Системы <i>ICCS</i> и <i>FutureLink</i> компании <i>Corning</i>	600
<i>Siemon Cabling System</i> компании <i>Siemon</i>	602
<i>CKC</i> фирмы <i>Superior Modular Products</i>	603
Единица децибел, понятия уровня сигнала, усиления и затухания	605
Перевод значений AWG и SWG в миллиметры и погонное сопротивление медного провода	606
Уровни IP-защиты	606
<b>Глоссарий</b>	610
<b>Литература</b>	629
<b>Предметный указатель</b>	636

## **ПРЕДИСЛОВИЕ К ТРЕТЬЕМУ ИЗДАНИЮ**

---

*Структурированная кабельная система (СКС), по мнению большинства специалистов по информационным технологиям, является неотъемлемой частью любого современного общественного здания, а ее отсутствие рассматривается управленческим и техническим персоналом как анахронизм и существенно снижает рыночную стоимость объекта недвижимости.*

Давно не секрет, что СКС представляет собой сложный технический продукт, успешное создание и грамотная эксплуатация которого требуют соответствующего уровня знаний от проектировщиков, монтажников и обслуживающего персонала. Одним из необходимых условий повышения квалификации специалистов является наличие соответствующей технической литературы. В настоящее время в России остро ощущается недостаток публикаций как по информационным технологиям в широком смысле слова, так и по различным проблемам, связанным с СКС, в частности. Такое положение дел является естественным следствием относительной молодости самого технического направления «структурированные кабельные системы» (первые из них появились только в середине 80-х годов) и сравнительно малой распространенности первичных нормативных документов, а также отсутствием их официальных русскоязычных версий и аналогов. Достаточно сказать, что действующими российскими ГОСТами понятие «структурированная кабельная система» не нормируется вообще.

Первые структурированные кабельные системы в нашей стране были установлены в 1992 году, на этот же период приходится появление первых печатных работ, освещающих отдельные аспекты их стандартизации, монтажа и функциональных возможностей. К настоящему времени в Российской Федерации вполне сформировался рынок СКС с общим объемом годового оборота в несколько десятков миллионов долларов<sup>1</sup>, и имеется достаточно обширная библиография по этой теме. Многие системные интеграторы, продвигающие в России СКС ведущих западных фирм, издают их каталоги и буклеты на русском языке. Статьи и сообщения, посвященные современному состоянию уровня техники СКС и перспективам их развития, регулярно появляются в таких авторитетных и популярных среди российских специалистов по информационным технологиям журналах как LAN Magazin и «Сети и системы связи». Из известных работ отметим монографию Г. И. Смирнова [1] и циклы статей Д. Я. Галынеровича и А. В. Авдуевского в журнале LAN Magazin, а также А. П. Майорова и А. А. Боловодова в журнале «Сети и системы связи». Все эти публикации посвящены отдельным частным вопросам создания и эксплуатации СКС. Так, например, книга Г. И. Смирнова написана в стиле справочного пособия по стандартам СКС и, как следствие, освещает только малую, хотя и весьма важную часть проблем этого технического направления. В работах Д. Я. Галынеровича в основном рассматриваются технические аспекты построения горизонтальной подсистемы на электрических кабелях; статьи А. А. Боловодова посвящены перспективным стандартам категории 6 и т.д. Имеется также достаточно большой набор малотиражных фирменных изданий, которые представляют собой перевод или компиляцию трудов западноевропейских и американских авторов. Зачастую они выполнены без какого-либо отбора материала или его критического анализа и носят поверхностный и рекламный характер. Скорее правило, а не исключением является употребление

<sup>1</sup> Официальный сайт компании «Интертелеком» в интернете на дату написания статьи информационных технологий по состоянию на конец 1999 года цифру не более 1,54 млн долларов.

в них эпитетов в превосходной степени типа «выдающиеся достижения в технологии», «новые передовые принципы построения», «превосходные рабочие параметры» и т.д. при минимуме, а то и просто отсутствии именно той информации, которая необходима техническому специалисту, сотруднику проектного отдела и монтажнику в их повседневной деятельности. Можно с уверенностью констатировать, что известная техническая литература на русском языке не дает полного представления о том многообразии задач и методов их решения, с которыми сталкивается в своей повседневной трудовой деятельности специалист по СКС.

Данная книга является попыткой восполнить имеющийся пробел и в систематизированном виде осветить основной круг вопросов, которые в большем или меньшем объеме обязательно возникают при проектировании, создании и эксплуатации СКС. Выбор рассматриваемых тем и глубина излагаемого материала продиктованы опытом, накопленным за время реализации проектов различного масштаба, а также технической поддержки СКС, созданных как силами сотрудников отдела кабельных работ компании АйТи, так и региональными компаниями – системными интеграторами, занимающимися установкой системы АйТи-СКС. Сразу же отметим, что излагаемый материал ни в коем случае не должен рассматриваться как техническое описание АйТи-СКС. Авторы ставили перед собой задачу освещения различных аспектов элементной базы, особенностей построения, проектирования, тестирования и эксплуатации СКС как технического продукта в целом во всем его многообразии без привязки к какому-либо решению конкретной фирмы-производителя.

Одной из проблем, с которой столкнулись авторы при подготовке текста данной монографии, был выбор используемой терминологии. Национальный стандарт по терминам и определениям техники СКС отсутствует, какой-либо информацией о его подготовке авторский коллектив не располагает. Известна попытка введения такой терминологии А. А. Воловодовым [2, 3], однако она вызвала неоднозначную реакцию специалистов. Более удачным представляется предложение Д. Я. Галынеровича [4], но его словарь-справочник охватывает далеко не все термины, используемые в технике СКС. Поэтому в данной области авторы придерживались следующего подхода. В тексте применялась в основном терминология, использованная в классическом учебнике по кабельной технике [29], а также в толковых словарях [5, 6]. Новые термины вводились только в тех ситуациях, когда авторам был неизвестен подходящий русский эквивалент. Ряд часто встречающихся аббревиатур и обозначений типа UTP, NEXT, NVP, delay и т.д. оставлен в оригинальном латинском написании, что полностью соответствует сложившейся практике и закрепилось в современной отечественной научно-технической литературе.

В основу излагаемого материала положен курс лекций, читаемый в Академии АйТи в процессе подготовки сертифицированных специалистов по АйТи-СКС. При написании книги использовался личный опыт авторов, накопленный ими в процессе проектирования и реализации СКС Systimax и АйТи-СКС, международные и национальные стандарты, монографии по кабельной технике отечественных авторов и книги по тематике СКС, написанные иностранными специалистами, информация в периодической печати, а также Web-страницы и каталоги фирм-производителей оборудования для СКС. Ряд ценных сведений в основном практического характера был получен на семинарах фирм-производителей СКС и компонентов для кабельных систем, а также в процессе различных официальных и неофициальных обсуждений и дискуссий с отечественными и зарубежными специалистами.

Изложение материала ведется в расчете на читателя, имеющего базовую инженерно-техническую подготовку в области передачи информации и знакомого с основами теории передачи сигналов по электрическим и оптическим кабелям, а также с принципами построения локальных и корпоративных сетей связи различного масштаба. В необходимых случаях по ходу изложения или в приложениях дается краткая теоретическая справка.

Дополнительные сведения по вопросам, связанным с элементной базой, проектированием и монтажом оптической подсистемы СКС, можно найти в монографии [7].

Книга адресуется специалистам, которые занимаются проектированием, монтажом и эксплуатацией СКС. Авторский коллектив надеется, что она окажется полезной разработчикам, монтажникам и сотрудникам служб эксплуатации кабельных систем, архитекторам и конструкторам офисных зданий, а также преподавателям и студентам профильных высших и средних специальных учебных заведений и слушателям факультетов и курсов повышения квалификации при вузах и технических университетах. Кроме сведений чисто технического характера и рекомендаций по проектированию, монтажу и эксплуатации, в книге содержится большой объем справочной информации.

Авторы отдают себе отчет в том, что передаваемый на суд читателя материал может иметь определенные недостатки, а некоторые интересующие его вопросы могут быть освещены недостаточно подробно или же не затронуты вообще. Это связано как с большим объемом практической информации, неработанной в процессе написания данной книги, так и с быстрым развитием стандартов СКС и совершенствованием технического уровня элементной базы. Все конструктивные критические замечания и отзывы будут с благодарностью приняты и рассмотрены.

Первое издание монографии увидело свет в апреле 1999 года и получило в основном положительные отзывы читателей, уже летом тираж был полностью распродан. Второе издание вышло в свет в ноябре того же года и разошлось столь же быстро. Третье издание по своему построению повторяет два предыдущих и отличается от них главным образом следующим:

- учтены поступившие замечания читателей;
- по возможности, отражены новые разработки в элементной базе электрической и оптической подсистем СКС;
- при изложении вопросов стандартизации и тестирования параметров отдельных компонентов и кабельных линий СКС использованы данные новых международных стандартов ISO/IEC 11801 в редакции 2000 года и ISO/IEC 14763-1;
- добавлены главы по СКС в зданиях неофисного типа и активному оборудованию в составе СКС;
- для облегчения поиска нужной информации введен указатель терминов;
- исключены некоторые малоинтересные и устаревшие положения.

Авторский коллектив благодарит менеджеров кабельного сектора отдела проектов департамента сетевых технологий компании АйТи Максима Маркина, Сергея Жебруна и Алексея Ефанова, а также преподавателя курса АйТи-СКС Академии АйТи П. А. Самарского за помощь в подборе некоторых материалов и плодотворные дискуссии, способствовавшие улучшению содержания. Различные практические вопросы монтажа и тестирования СКС подробно обсуждались с начальником отдела кабельных систем компании АйТи Владимиром Космовским. Особая благодарность выражается Елене Домбровской за подготовку иллюстраций. Авторы признательны также Дмитрию Абаимову (московское представительство компании Lucent Technologies), Валерию Кацустану (AMP), Всеволоду Николайчуку (RiT Technologies), Виктору Шилину (Panduit), менеджеру по странам Восточной Европы и СНС компании Brand-Rex Ласло Вайде, Алексею Рахманину (Alcatel) и Ежи Серкевичу (Molex-Mod-Tap) за предоставленную техническую информацию.

# **ПРЕДИСЛОВИЕ К ЧЕТВЕРТОМУ ИЗДАНИЮ**

---

Четвертое издание книги «Структурированные кабельные системы» по своей структуре повторяет три предыдущих. Основные отличия заключаются в следующем:

- отражены новейшие достижения в области элементной базы СКС, а также освещены системные вопросы по состоянию на середину 2001 года;
- в связи с ростом интереса к проблемам производства СКС в России в книгу добавлена глава, где даются общие сведения об этом техническом направлении;
- расширен раздел, посвященный системам интерактивного управления кабельной проводкой;
- учтены пожелания читателей и исправлены замеченные неточности.

5 октября 2001 года

Пятое издание книги является стереотипным.

# ВВЕДЕНИЕ

Книга посвящена различным аспектам построения кабельных систем, которые ориентированы, в первую очередь, на установку в зданиях офисного типа. Под офисным зданием далее в тексте будет подразумеваться любое здание или его часть, основная площадь которого предназначена для организации рабочих мест сотрудников. Типичными примерами офисных зданий являются бизнес-центры, административные корпуса, финансовые учреждения, министерства и другие органы государственного управления различных уровней, здания конструкторских бюро, учебные центры и так далее. Ниже для их обозначения будет использоваться обобщающий термин «офис» или «офисное здание».

В данной монографии основное внимание уделяется рассмотрению кабельных систем, предназначенных для автоматизации рабочих мест сотрудников офисов. На сегодняшний день таковыми являются, в первую очередь, кабельные системы для локальной вычислительной сети (ЛВС) и учрежденческой автоматической телефонной станции (УАТС). Обсуждение остальных телекоммуникационных кабельных систем (пожарной и охранной сигнализации, контроля доступа, видеонаблюдения, кабельного телевидения и радиофикации, громкоговорящей связи и других) выходит за рамки данной работы, однако при необходимости по ним даются необходимые комментарии, а их построение в целях унификации и стандартизации рекомендуется выполнять с использованием тех же самых принципов, компонентов и технологий.

В середине 80-х годов компьютерная техника, а вместе с ней техника локальных вычислительных сетей начала быстрыми темпами внедряться во все сферы деятельности предприятий и организаций, что резко увеличило объем информации, передаваемой внутри здания или комплекса зданий, компактно расположенных на одной территории, без выхода в сеть связи общего пользования. Кабельные системы первого поколения для решения задач информационной поддержки создавались разработчиками средств вычислительной техники. В процессе проведения конструкторских работ отвечающие за это направление специалисты компьютерных компаний решали достаточно узкий круг задач обеспечения поддержки функционирования конкретной и ограниченной номенклатуры активного сетевого оборудования одного производителя. Естественно, что при таком подходе не уделялось должного внимания ни обеспечению открытости архитектуры создаваемого продукта, ни его универсальности. Как следствие, кабельная проводка получалась узкоспециализированной и, за счет небольшого объема производства, достаточно дорогой, а смена технологии практически со сто процентной вероятностью приводила к необходимости смены кабельной системы.

Таблица 1. Продолжительность эксплуатации и объемы капитальных вложений в различные части информационной инфраструктуры здания [8]

	Программное обеспечение	Сетевое оборудование	Рабочие станции и серверы	Кабельная система
Продолжительность эксплуатации, лет	1,5–2	2,5–3	2–4	10–15
Объем капитальных вложений, %	54	7	34	5

Процесс перехода на новую кабельную проводку всегда является достаточно болезненным для офиса и сопровождается весьма существенными финансовыми и временными затратами, что останавливает информационную поддержку трудовой деятельности сотрудников, то есть фактически дезорганизовывает работу всей организации или некоторых ее структурных подразделений на продолжительный период. Даже если не происходит изменения технологии (например, при переходе на технику следующего поколения того же самого производителя), то службы эксплуатации также сталкиваются с серьезными трудностями в случае появления новых рабочих мест, так как это требует прокладки новых сегментов кабельной системы.

Опыт эксплуатации кабельных систем офисных зданий показывает, что удаление ненужных кабелей из кабельных каналов всех типов является крайне нежелательной операцией, так как высока вероятность повреждения действующих линий связи. На основании этого в процессе перехода на другой тип кабельной проводки новые кабели прокладываются прямо поверх существующих. Это приводит к быстрому исчерпыванию резервов кабельных трасс по их емкости, из-за чего организация новых линий проводной связи становится невозможной.

Рост количества подсистем обеспечения жизнедеятельности здания и поддержки трудовой деятельности работающих в нем сотрудников естественным образом ведет к увеличению количества служб, отвечающих за их текущую эксплуатацию. Эти службы пользуются одними и теми же кабельными трассами, что нередко приводит к возникновению конфликтных ситуаций. Кроме того, работающие в них специалисты выполняют дублирующиеся функции, то есть налицо нерациональное расходование трудовых ресурсов.

В табл. 1 приведены обобщенные статистические данные по стоимости и продолжительности эксплуатации отдельных составных частей информационной инфраструктуры зданий офисного типа. Из них следует, что правильно спроектированная кабельная система потенциально может служить дольше остальных составляющих и за счет этого имеет наименьшую стоимость.

Совокупность перечисленных выше обстоятельств однозначно диктует необходимость создания в офисном здании кабельной системы, которая обладает как минимум следующими признаками:

- является универсальной, то есть дает возможность использовать ее для передачи сигналов основных существующих и перспективных видов сетевой аппаратуры различного назначения;
- позволяет быстро и с минимальными затратами организовывать новые рабочие места и менять топологию трактов передачи без прокладки дополнительных кабельных линий;
- позволяет организовать единую службу эксплуатации;
- создается на этапе строительства здания или переоборудования его помещений под офис и имеет гарантированный срок эксплуатации 10 и более лет.

Всем перечисленным выше требованиям отвечает *структурированная кабельная система* (СКС). Под СКС в дальнейшем будем понимать кабельную систему, принципы построения которой отвечает трем основным и некоторым дополнительным признакам. К основным признакам СКС относятся: *структуризация, универсальность и избыточность*.

Структуризация предполагает разбиение кабельной проводки и ее аксессуаров на отдельные части или подсистемы, каждая из которых выполняет строго определенные функции и снабжена стандартизованным интерфейсом для связи с другими подсистемами и сетевым оборудованием. В состав любой подсистемы обязательно включается развитый набор средств переключения, что обеспечивает ее высокую гибкость и позволяет создавать

сложные структуры с конфигурацией, легко и быстро меняемой и адаптируемой под потребности конкретных приложений. При построении системы используется обобщенный подход без привязки к какому-либо конкретному виду кабеля или коммутационного оборудования. Это дает возможность без каких-либо сложностей на любом уровне одинаково легко применять как оптические, так и электрические технологии передачи сигналов, выбор которых полностью определяется местными условиями и максимальной технико-экономической эффективностью данного конкретного проекта.

Универсальность кабельной системы проявляется в том, что она изначально строится не для обеспечения работы какой-либо конкретной, пусть и весьма распространенной сетевой технологии, а создается на принципах открытой архитектуры с заданным и зафиксированным в стандартах набором основных технических характеристик. При этом в нормативных документах задаются параметры как электрических и оптических кабельных трасс отдельных подсистем, так и их интерфейсов. Это позволяет обеспечить возможность использования кабельной системы для передачи сигналов самых разнообразных приложений в сочетании с сокращением количества типов кабелей до двух: симметричного (из витых пар) и волоконно-оптического. Технический уровень элементной базы, используемой для создания СКС, задается стандартом таким образом, чтобы обеспечить продолжительность эксплуатации кабельной системы минимум в 10 лет.

Коммутация отдельных подсистем СКС друг с другом, а также с активным сетевым оборудованием осуществляется при помощи ограниченного набора шнурков с универсальными разъемами, что значительно упрощает как процесс администрирования, так и адаптацию кабельной системы к различным приложениям.

Возможность использования кабельной проводки СКС сетевой аппаратурой, которая в силу тех или иных причин не поддерживает передачу по симметричному или волоконно-оптическому кабелю, обеспечивается наличием развитой номенклатуры адаптеров и переходников. Формально эти элементы не попадают в область действия стандартов, однако разработчики создают эти изделия с учетом требований СКС.

Под избыточностью понимается введение в состав СКС дополнительных информационных розеток, количество и размещение которых определяются площадью и топологией рабочих помещений, а не планами размещения сотрудников и расположения офисной мебели. Это позволяет легко организовывать новые рабочие места, а также выполнять перемещения сотрудников и оборудования. Применение принципа избыточности обеспечивает возможность очень быстрой адаптации кабельной системы под конкретные производственные потребности и позволяет не останавливать работу офиса или его части при проведении каких-либо организационных и технических изменений. Поскольку продолжительность эксплуатации СКС в несколько раз превышает аналогичный показатель для остальных компонентов информационной инфраструктуры здания, этот принцип особенно важен.

Создание эффективной СКС и ее эксплуатация невозможны без выполнения ряда дополнительных условий. СКС обязательно должна иметь:

- каталог продукции;
- нормы и методики проектирования, позволяющие выполнить требования действующих стандартов;
- возможность управления (или администрирования) в соответствии со стандартными процедурами;
- систему подготовки кадров и обеспечения гарантии производителя.

Кабельная система, не обладающая хотя бы одним дополнительным, а тем более основным из признаков, перечисленных выше, называется исключительной (от англ. proprietary) ввиду того, что она единственная в своем роде [9].

На практике употребляются также другие определения СКС (пример приведен в [8]). Не вдаваясь в подробный анализ этих определений, укажем только, что, по мнению авторов, все они с большей или меньшей степенью подробности и детализации задают технический объект, обладающий той совокупностью признаков, которые выше были названы основными и дополнительными. На основании этого можно утверждать, что все они эквивалентны представленному здесь определению.

Применение СКС позволяет:

- при относительно высоких начальных вложениях обеспечить существенную экономию полных затрат за счет длительного срока эксплуатации и низких эксплуатационных расходов;
- поднять надежность кабельной системы;
- производить смену конфигурацию и наращивание комплекса информационно-вычислительных систем офисного здания без влияния на существующую проводку;
- использовать одновременно различные сетевые протоколы и сетевые архитектуры в одной системе;
- комбинировать в единую систему оптические и электрические тракты передачи сигналов;
- устранить путаницу проводов в кабельных трассах;
- создать единую службу эксплуатации;
- за счет наличия стандартизованного интерфейса снабдить средой передачи информации основную массу действующего и перспективного сетевого оборудования различных классов;
- обеспечить за счет принципа построения из отдельных модулей быструю локализацию неисправности, восстановление связи или переход на резервные линии.

Материал книги разбит на тринадцать глав.

В первой главе приводятся общие сведения о СКС, в том числе историческая справка о возникновении и развитии этого технического направления, структура действующих и перспективных стандартов, состав основных подсистем, ограничения на длины кабельных трасс, допускаемые стандартами варианты построения отдельных подсистем.

Во второй главе описываются физические процессы, происходящие при передаче электрических сигналов по симметричным кабелям и оптических сигналов по волоконным световодам. Рассматривается система параметров электрических и оптических кабелей, а также коммутационных элементов различного назначения. Отдельно представлены методы и приемы, позволяющие более полно использовать потенциальную пропускную способность электрических и оптических трактов СКС.

Третья глава посвящена элементной базе электрической подсистемы СКС. В ней описаны электрические кабельные изделия различного назначения, основные типы разъемов и кроссового оборудования, а также оконечные шнуры, различные адаптеры и дополнительные пассивные и активные компоненты, применение которых позволяет существенно расширить функциональные возможности СКС.

Элементная база оптической подсистемы СКС (кабели, разъемы, коммутационное оборудование, претерминированные сборки, адаптеры и промежуточные муфты) рассматривается в четвертой главе.

В пятой главе описано дополнительное оборудование, без применения которого не строится ни одна из СКС в нашей стране: различные варианты 19-дюймового монтажного оборудования и декоративные кабельные короба, а также их многочисленные аксессуары. Особое внимание уделяется средствам установки розеток в обычных офисных помещениях и в больших залах.

Проблемам, которые возникают в процессе реализации СКС в малых офисах и объектах недвижимости неофисного типа, а также в жилом секторе, посвящена шестая глава.

В седьмой главе рассмотрено активное оборудование, которое включается в состав поставляемого продукта некоторыми производителями СКС.

В восьмой главе описаны некоторые вопросы организации защитного и телекоммуникационного заземления в зданиях офисного типа.

Обсуждению отдельных аспектов пожарной безопасности применительно к кабельным изделиям СКС, в том числе их нормирования и выбора методик проведения сертификационных испытаний, посвящена девятая глава.

В десятой главе изложена методика проектирования СКС на архитектурной и телекоммуникационной стадиях. В перечень рассматриваемых вопросов включены сведения об организации технических помещений и кабельных трасс горизонтальной и магистральной подсистем, а также методика расчета необходимого количества оборудования отдельных подсистем СКС. Материал дополняется примером проектирования СКС в четырехэтажном офисном здании.

В одиннадцатой главе изложены сведения о монтаже различных подсистем СКС при различных вариантах организации кроссовых помещений.

Двенадцатая глава посвящена вопросам тестирования электрической и оптической подсистем СКС. Дается информация как об измерительных приборах для определения параметров электрических и оптических трактов передачи сигналов, так и о различных методах проведения измерений.

В тринадцатой главе рассмотрены различные аспекты администрирования и эксплуатационного обслуживания СКС.

Взгляды авторов на перспективы развития СКС приведены в заключении.

В приложениях размещены некоторые вспомогательные материалы справочного характера.

# ГЛАВА I

## Общие сведения о СКС

### 1.1. Историческая справка о происхождении СКС и развитии стандартов

Идея создания структурированной кабельной системы как основы слаботочной кабельной разводки здания была высказана специалистами фирмы AT&T (ныне Lucent Technologies) в 1983 году [10]. Первая достаточно удачная попытка создания универсальной кабельной системы для построения офисных информационных систем была предпринята корпорацией IBM. В 80-е годы специалистами этой компании на основе 2-парного экранированного симметричного кабеля с волновым сопротивлением 150 Ом была разработана система IBM, предназначенная для обеспечения функционирования сетей Token Ring, серверов AS/400, терминалов 3270 и других аналогичных устройств. Функциональные возможности системы были существенно расширены введением в ее состав компонентов, обеспечивающих передачу телефонных сигналов. Спецификация кабельной части системы IBM включала в себя 9 различных «типов» кабеля (табл. 1.1). Интересно, что сама IBM никогда не производила компоненты своей кабельной системы, этим по фирменным спецификациям IBM занимаются другие компании. Из девяти возможных вариантов кабелей наибольшую популярность получили типы 1 и 6. Они до сих пор продолжают применяться в сетях Token Ring, хотя последние несколько лет IBM рекомендует использовать для этого кабели категории 3, 4 или 5 с 8-контактными модульными разъемами. Поддержка функционирования устройств с коаксиальным и твинаксиальным интерфейсами обеспечивалась включением в состав системы развитой номенклатуры балунов.

Таблица 1.1. Типы кабелей по спецификации IBM

Тип кабеля	Конструкция
Тип 1	2 экранированные витые пары из монолитных проводников (22 AWG, 150 Ом) в общем внешнем экране в виде оплетки
Тип 2	2 экранированные (22 AWG, 150 Ом) и 4 незакранированные (22 AWG, до 1 МГц) витые пары из монолитных проводников в общем внешнем экране в виде оплетки
Тип 3	4 незакранированные (22 или 24 AWG, до 1 МГц) витые пары из монолитных проводников
Тип 4	Не специфицирован
Тип 5	Два многомодовых оптических волокна
Тип 6	Коммутационный кабель. 2 экранированные витые пары из многожильных проводников (26 AWG) в общем внешнем экране
Тип 7	Не специфицирован
Тип 8	Плюсовой кабель для прокладки под ковровыми покрытиями. 2 неперевитые экранированные пары из монолитных проводников (26 AWG)
Тип 9	2 пары из монолитных или многопроволочных проводников (26 AWG)

Отметим также, что в настоящее время на рынок поставляется усовершенствованный вариант кабеля Type 1, известный как Type 1A и отличающийся от своего предшественника улучшенными передаточными характеристиками за счет соответствующего изменения параметров скрутки отдельных витых пар.

В силу ряда причин, основными из которых являются высокая цена, низкая технологичность монтажа, ориентированность в основном на продукты IBM и трудности интегрирования в современные сетевые структуры<sup>1</sup>, эта кабельная система не получила широкого распространения.

В конце 80-х годов разработчиками технологий передачи данных по локальным сетям прикладывались большие усилия по повышению скоростей обмена, надежности, снижению стоимости оборудования и расходов на его эксплуатацию. Кабели на основе витых пар ввиду их технологичности при производстве и монтаже были хорошим средством для реализации каналов связи локальных сетей. Однако отсутствие стандартов на этот технический продукт тормозило разработку перспективных сетевых технологий, использующих симметричные кабели как среду передачи информации.

В 1985 году Ассоциация электронной промышленности США (Electronic Industries Association – EIA) приступила к созданию стандарта для телекоммуникационных кабельных систем зданий. Подготовку нормативной документации выполняло несколько рабочих

групп:

- TR-41.8.1 – рабочая группа по кабельным системам офисных и промышленных зданий;
- TR-41.8.2 – рабочая группа по кабельным системам жилых зданий и зданий офисного типа с низким коэффициентом использования полезной площади;
- TR-41.8.3 – рабочая группа по кабельным каналам для телекоммуникационных кабелей;
- TR-41.8.4 – рабочая группа по магистральным кабельным системам жилых зданий и зданий офисного типа с низким коэффициентом использования полезной площади;
- TR-41.8.5 – рабочая группа по формализации терминов и определений;
- TR-41.7.2 – рабочая группа по заземлению и строительным решениям;
- TR-41.7.3 – рабочая группа по электромагнитной совместимости.

В 1988 году к работе по стандартизации подключилась Ассоциация телекоммуникационной промышленности США (Telecommunications Industry Association – TIA). В октябре 1990 года был одобрен первый подготовленный этими организациями совместный нормативный документ – TIA/EIA-569 «Стандарт коммерческих зданий на кабельные пути телекоммуникационных кабелей» [11], подготовленный рабочей группой TR-41.8.3. Необходимость его принятия была обусловлена осознанием факта о невозможности построения высокоеффективной кабельной системы без представления комплекса специальных требований к архитектуре здания, в котором она должна быть установлена.

В 1989 году известная американская исследовательская организация Underwriters Laboratories (UL) совместно с фирмой Amixter разработали новую классификацию кабелей на витых парах. В ее основу было положено понятие «уровень». Толкование уровней представлено в табл. 1.2.

Результатом деятельности рабочей группы TR-41.8.1 стал стандарт телекоммуникационных кабельных систем коммерческих зданий TIA/EIA-568, который был одобрен в июле 1991 года. Этот документ определял структуру кабельной системы и требования

<sup>1</sup> Всё внимание на активные системы обратилось в 1980-х гг., когда впервые были созданы физически независимые в среде с витыми парами компоненты 1394-го стандарта, выполненные в SCSI и обладающие высокой производительностью и высоким качеством.

Таблица 1.2. Классификация витых пар по уровням

Тип кабеля	Максимальная частота сигнала	Типовые приложения
Уровень 1	Нет требований	Цепи питания и низкоскоростной обмен данными
Уровень 2	До 1 МГц	Голосовые каналы связи и системы безопасности
Уровень 3	До 16 МГц	Локальные сети Token Ring и Ethernet 10Base-T
Уровень 4	До 20 МГц	Локальные сети Token Ring и Ethernet 10Base-T
Уровень 5	До 100 МГц	Локальные сети со скоростью передачи данных до 100 Мбит/с

к характеристикам кабелей и разъемов, применяемых для ее построения. Для построения системы допускалось использование кабелей из неэкранированных витых пар с волновым сопротивлением 100 Ом и экранированных витых пар с сопротивлением 150 Ом, а также 50-омных коаксиальных кабелей и многомодовых волоконно-оптических кабелей. Документ не сертифицировал волоконно-оптический разъем [13].

В ноябре 1991 года рабочая группа TR-41.8.1 выпустила дополнительные спецификации на симметричные электрические кабели из неэкранированных витых пар – технический бюллетень TIA/EIA TSB-36 [14]. В этом документе впервые вводилось понятие категорий кабелей из неэкранированных витых пар, которые были определены практически в полном соответствии с уровнями по классификации UL и Anixter (табл. 1.3). Фактически произошла только смена термина, и классификация по уровням перестала применяться. Первые два уровня витых пар для низкоскоростных приложений в бюллетене TSB-36 не специфицированы.

Таблица 1.3. Соответствие различных стандартов [12]

Наименование	Международные	Американские	Европейские
Общие характеристики кабельной системы	ISO/IEC 11801	TIA/EIA-568-A	EN 50173
Планирование, инсталляция и администрирование	ISO/IEC 14763-1 ISO/IEC 14763-2	TIA/EIA-569 TIA/EIA-606 TIA/EIA-607	prEN 50174
Испытания	CD 14763-3 CD 14763-4	TSB-67	
Прокладка кабеля		TIA/EIA-569A	

В другом дополнении к стандарту TIA/EIA-568 – техническом бюллетене TIA/EIA TSB-40 [15] – были описаны дополнительные спецификации на разъемы для кабелей из неэкранированных витых пар. Они также подразделялись на категории 3, 4 и 5. Бюллетень предписывал использовать разъемы категорией не ниже категории кабелей, на которые они устанавливались.

В октябре 1995 года увидела свет вторая редакция стандарта TIA/EIA-568 – TIA/EIA-568-A, – которая включала в себя и уточняла все основные положения технических спецификаций бюллетеней TSB-36 и TSB-40. Наиболее существенное отличие от предшествующего документа состояло в том, что применение коаксиального кабеля не рекомендовалось для построения вновь создаваемых СКС и одновременно было разрешено использование одномодовых волоконно-оптических кабелей в магистральных подсистемах.

В январе 1993 года был одобрен еще один важный нормативный документ, подготовленный рабочей группой TR-41.8.3, – TIA/EIA-606 «Стандарт на администрирование телекоммуникационной инфраструктуры коммерческих зданий» [16]. Стандарт определяет правила ведения документации по СКС на этапе эксплуатации – маркировка, ведение записей, правила оформления схем, отчеты и т.д. Документ рекомендовал ведение документации в электронном виде.

Еще один смежный стандарт – TIA/EIA-607 – принимается в августе 1994 года. Он включает в себя требования к различным устройствам заземления, применяемым в здании. Традиционно основным назначением системы заземления было обеспечение безопасности эксплуатации электроустановок, то есть защита человека от поражения электрическим током. Стандарт TIA/EIA-607 определяет дополнительные требования к организации систем заземления, выполнение которых является необходимым условием обеспечения эффективной и надежной передачи электрических сигналов по СКС. Документы TIA/EIA-568-A, TIA/EIA-569, TIA/EIA-606 и TIA/EIA-607 являются национальным стандартами США.

Быстрое совершенствование средств волоконно-оптической техники, снижение ее стоимости и массовое внедрение в состав кабельной проводки зданий офисного типа позволили применять при построении СКС структуры с так называемым централизованным администрированием. Переход к этому принципу позволяет существенно упростить процесс администрирования СКС. Возможные варианты и правила их построения описаны в техническом бюллетене TSB-72, изданном в октябре 1995 года.

В августе 1996 года появляется технический бюллетень TSB-75, который существенно расширил возможности проектировщиков и служб эксплуатации кабельной системы так называемых открытых офисов.

В сентябре 1998 года был принят технический бюллетень TSB-95, в котором содержалась информация о дополнительных контролируемых параметрах канала категории 5. Соответствие этих параметров норме является необходимым условием обеспечения нормальной работы приложения Gigabit Ethernet.

В мае 1999 года подкомитет по стандартизации TR-42.2 утвердил стандарт TIA/EIA-570-A, нормирующий оптические разъемы, используемые в абонентских розетках. Согласно этому нормативному документу в новых СКС на рабочих местах наряду с разъемами типа SC допускалась установка малогабаритных разъемов нового поколения.

К 2000 году подкомитет TR-42 ассоциации TIA опубликовал ряд приложений к стандарту TIA/EIA-568-A, которые, вероятнее всего, без каких-либо существенных изменений войдут в новую редакцию американского стандарта (рабочее название TIA/EIA-568-B), так, в частности, дополнение 1 задает количественные ограничения на параметры delay и skew. В дополнении 5 определены характеристики улучшенной категории 5e, которые превосходят нормы упомянутого выше технического бюллетеня TSB-95.

Параллельно с TIA/EIA работу над стандартизацией СКС вели Международная организация по стандартизации (ISO) и Международная электротехническая комиссия (IEC). В 1995 году они выпустили совместный документ – стандарт ISO/IEC 11801 «Информационные технологии. Универсальная кабельная система для зданий и территории Заказчика». Его содержание имеет неинциональные отличия от стандарта TIA/EIA-568-A, связанные в основном со структурой документа, с различной терминологией и с глубиной проработки некоторых положений. Дополнительно отметим, что стандарт ISO/IEC 11801 допускает применение витых пар с волновым сопротивлением в 120 Ом и многомодовых оптических кабелей с волокнами 50/125, популярных в некоторых европейских странах. Европейская организация по стандартизации CENELEC подготовила свой стандарт

EN50173<sup>1</sup>, окончательная редакция которого увидела свет в августе 1995 года. Его англоязычная версия в содержательной своей части практически является копией международного стандарта ISO/IEC 11801.

Стандарты ISO/IEC и CENELEC постоянно развиваются и дополняются. Наиболее значительные изменения в этой области за последнее время произошли в 1999–2000 годах, когда была принята целая группа новых нормативно-технических документов.

В начале 2000 года увидела свет дополненная редакция стандарта ISO/IEC 11801, в которой введен ряд новых параметров и уточнены значения традиционных параметров отдельных компонентов и трактов на основе витых пар. Выполнение требований, изложенных в этом нормативном документе, обеспечивает передачу в горизонтальной подсистеме информационных потоков сетевых интерфейсов Gigabit Ethernet и аналогичных им.

В 1999 году принимается стандарт ISO/IEC 14763-1 [17], являющийся аналогом американского стандарта TIA/EIA-506 и определяющий правила администрирования кабельной системы.

Процедуры тестирования электрических кабельных линий различных видов, построенных в соответствии со стандартом ISO/IEC 11801, нормирует стандарт CEI/IEC 61935-1 [18].

Аналогичный документ ISO/IEC TR 14763-3 [19] задает процедуры тестирования волоконно-оптических кабельных линий.

Документ ISO/IEC TR 14763-2 [20] регламентирует процесс разработки и создания кабельной разводки, начиная с планирования и составления спецификации и заканчивая организацией проведения монтажных работ и составления спецификации.

Все три основных стандарта достаточно близки друг к другу и подробно нормируют основной комплекс вопросов, связанных с построением СКС (табл. 1.3). Определенные отличия непринципиального характера имеются как в первичные допустимой для построения СКС элементной базе (табл. 1.4) и предельно допустимых параметрах отдельных компонентов, так и в терминологии и глубине освещения некоторых вопросов. На практике именно из-за последнего обстоятельства в различных ситуациях приходится пользоваться как международным стандартом ISO/IEC 11801, так и американским стандартом TIA/EIA-568-A, а также дополняющими его техническими бюллетенями TSB. Тем не менее можно констатировать, что за прошедшие десять лет удалось в значительной степени преодолеть имеющиеся первоначальные различия: известные на середину 2000 года версии основных нормативно-технических документов СКС отличаются друг от друга значительно меньше. Общая структура СКС показана на рис. 1.1.

Кроме международных стандартов в ряде европейских стран действуют свои национальные нормативные документы, учитывающие требования местной промышленности, исторические традиции, законодательные акты смежных областей и другие особенности. Ссылки на такие документы могут встречаться в сопроводительной технической документации в случае поступления оборудования СКС в рамках

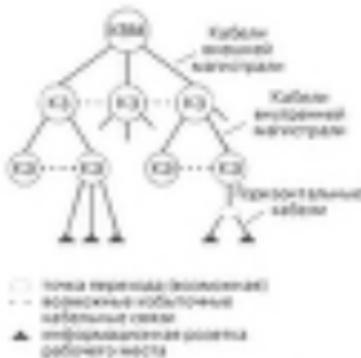


Рис. 1.1. Структурно-функциональная схема СКС

Таблица 1.4. Основные отличия между стандартами [21]

Стандарт	ISO/IEC 11801	EN 50173	TIA/EIA-568-А
Поддерживаемый кабель	UTP, FTP, STP	UTP, FTP, STP	UTP, STP
Кабель с $Z = 120 \text{ Ом}$	Допускается	Допускается	Не допускается
Диаметр проводника, мм	0,40–0,65	0,40–0,6	0,511–0,643
Число пар в горизонтальном кабеле	2 или 4	2 или 4	4
Категория компонентов	3, 4 и 5	3 и 5	3, 4 и 5
Затухание кабелей для шнурков	Больше на 50%	Больше на 50%	Больше на 20%
Оптоволокно 62,5/125	Основное	Основное	Основное
Оптоволокно 50/125	Альтернативное	Альтернативное	Не допускается
Экранированное гнездо	Допускается	Допускается	Не допускается
Категории кабелей рабочего места	5 + 3	5 + 5	5 + 3

реализации комплексных проектов. Так, в своей практической деятельности авторам данной монографии приходилось достаточно часто сталкиваться со ссылками на нормы DIN/VDE, так как кабельная система ICCS достаточно активно и в течение длительного времени – вплоть до продажи в начале 2000 года этого направления бизнеса американской фирме Corning – продвигалась на российском рынке немецким концерном Siemens. По данным сервера [www.cabletesting.com](http://www.cabletesting.com), своя нормативная база, ориентированная в основном на положения американских стандартов, имеется в Австралии и Новой Зеландии. Сразу же отметим, что известные авторам данной работы национальные нормы не имеют принципиальных расхождений с международными, европейскими и американскими стандартами. Эти документы отличаются главным образом используемой терминологией и глубиной проработки отдельных положений. Поэтому в дальнейшем они специально не рассматриваются и упоминаются только в случае необходимости.

К сожалению, по состоянию на середину 2000 года в России только разворачивалась работа по созданию национального стандарта по телекоммуникационным кабельным системам, которые можно рассматривать как аналог соответствующих зарубежных. Поэтому излагаемый далее материал базируется на международных стандартах и национальных стандартах США. Отечественными нормативными документами, дополнительно использованными при написании этой работы, являются Правила устройства электроустановок (ПУЭ), а также некоторые ГОСТы по правилам выполнения проектных работ, оформления проектной документации и тестируанию кабельных изделий.

## 1.2. Структура СКС

### 1.2.1. Топология СКС

В основу любой структурированной кабельной системы положена древовидная топология, которую иногда называют также структурой иерархической звезды. Обобщенная структурная схема СКС изображена на рис. 1.2. Узлами структуры являются коммутационное оборудование различного вида (в соответствии с терминологией стандарта ISO/IEC 11801 дистрибутор – distributor), которое обычно устанавливается в технических



Рис. 1.2. Подсистемы СКС

помещениях и соединяется друг с другом и с информационными розетками на рабочих местах электрическими и оптическими кабелями. Стандарты не регламентируют тип коммутационного оборудования, определяя только его параметры. Для монтажа и дальнейшей эксплуатации коммутационного оборудования необходимы технические помещения. Все кабели, входящие в технические помещения, обязательно заводятся на коммутационное оборудование, на котором осуществляются все необходимые подключения и переключения в процессе строительства и текущей эксплуатации кабельной системы. Это обеспечивает гибкость СКС, возможность легкой переконфигурации и адаптируемости под конкретное приложение.

Основой для применения именно иерархической звездообразной топологии является возможность ее использования для поддержки работы всех основных сетевых приложений (см. табл. 1.5). Из данных таблицы следует вывод о том, что топология рассматриваемого вида является той платформой, которая обеспечивает функционирование современных средств передачи данных.

Таблица 1.5. Логическая и физическая топология современных сетей передачи данных

Протокол	Логическая топология	Физическая топология
Token Ring	Кольцо	Кольцо, звезда
High Speed Token Ring	Кольцо	Кольцо, звезда
FDDI	Кольцо	Кольцо, звезда
Ethernet	Шина	Шина, звезда
Fast Ethernet	Шина	Звезда
Gigabit Ethernet	Шина	Звезда
ATM	Виртуальный канал	Кольцо, звезда

## 1.2.2. Технические помещения

Технические помещения, необходимые для построения СКС и информационной системы предприятия, в целом делятся на аппаратные и кроссовые.

*Аппаратной* в дальнейшем называется техническое помещение, в котором наряду с коммутационным оборудованием СКС располагается сетевое оборудование коллективного пользования (АТС, серверы, концентраторы). Если основной объем установленных в этом

помещении технических средств составляет оборудование ЛВС, то его иногда называют серверной, а если учрежденческая АТС и системы внешних телекоммуникаций – узлом связи. Аппаратные оборудуются фальшполами, системами пожаротушения, кондиционирования и контроля доступа.

Кроссовая представляет собой помещение, в котором размещается коммутационное оборудование СКС, сетевое и другое вспомогательное оборудование. Желательно ее размещение вблизи вертикального стояка, оборудование телефоном и системой контроля доступа. При этом уровень оснащения кроссовой оборудованием инженерного обеспечения ее функционирования в целом является более низким по сравнению с аппаратными. Кроссы на практике достаточно часто называют просто техническими (этажными) помещениями, встречается также наименование «хабовые».

Аппаратная может быть совмещена с кроссовой здания (КЗ). В этом случае его сетевое оборудование может подключаться непосредственно к коммутационному оборудованию СКС. Если аппаратная расположена отдельно, то ее сетевое оборудование подключается к локально расположенному коммутационному оборудованию или к обычным информационным розеткам рабочих мест. В кроссовую внешних магистралей (КВМ) сходятся кабели внешней магистрали, подключающие к ней КЗ. В КЗ заводятся внутренние магистральные кабели, подключающие к ним кроссовые этажей (КЭ). К КЭ, в свою очередь, горизонтальными кабелями подключены информационные розетки рабочих мест. В качестве дополнительных связей, увеличивающих гибкость и живучесть системы, допускается прокладка внешних магистральных кабелей между КЗ и внутренних магистральных кабелей между КЭ (пример изображен на рис. 1.1).

Во всей СКС может быть только одна КВМ, а в каждом здании может присутствовать не более одной КЗ. Допускается объединение КВМ с КЗ, если они расположены в одном здании. Аналогично КЗ может быть совмещена с КЭ, если они расположены на одном этаже. Если плотность рабочих мест на этаже или его части мала, то в качестве исключения допускается подключение к КЭ горизонтальных кабелей смежных этажей. Пример структуры СКС с привязкой к зданиям приведен на рис. 1.3.

### 1.2.3. Подсистемы СКС

В самом общем случае СКС, согласно международному стандарту ISO/IEC 11801, включает в себя три подсистемы (рис. 1.2):

- подсистема внешних магистралей (campus backbone cabling, магистраль комплекса зданий) или по терминологии некоторых СКС европейских производителей первичная подсистема, состоит из внешних магистральных кабелей между КВМ и КЗ, коммутационного оборудования в КВМ и КЗ, к которому подключаются внешние магистральные кабели, и коммутационных шнурков и/или перемычек в КВМ. Подсистема внешних магистралей является основой для построения сети связи между компактно расположеннымными на одной территории зданиями (campus). На практике эта подсистема достаточно часто имеет физическую кольцевую топологию, что дополнительно обеспечивает увеличение надежности за счет наличия резервных кабельных трасс. Из этих же соображений подсистема внешних магистралей иногда реализуется по двойной кольцевой топологии. Если СКС устанавливается автономно только в одном здании, то подсистема внешних магистралей отсутствует;
- подсистема внутренних магистралей (building backbone cabling), называемая в некоторых СКС магистральной системой здания, вертикальной или вторичной подсистемой,

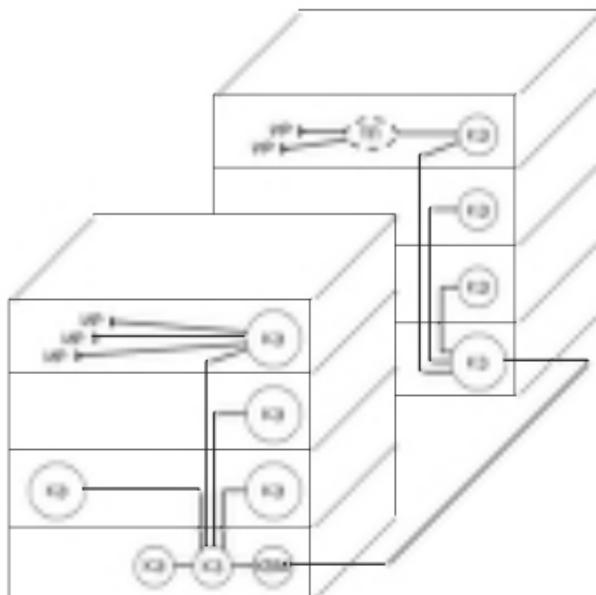


Рис. 1.2  
Принцип структуры СКС  
с привязкой к зданию

содержит проложенные между КЭ и КЭ внутренние магистральные кабели, подключенные к ним коммутационное оборудование в КЭ и КЭ, а также коммутационные шнуры и/или перемычки в КЭ. Кабели рассматриваемой подсистемы фактически связывают между собой отдельные этажи здания и/или пространственно разнесенные помещения в пределах одного здания. Если СКС обслуживает один этаж, то подсистема внутренних магистралей может отсутствовать;

- *горизонтальная подсистема (horizontal cabling)*, иногда называемая третичной подсистемой, образована внутренними горизонтальными кабелями между КЭ и информационными розетками рабочих мест, самими информационными розетками, коммутационным оборудованием в КЭ, к которому подключаются горизонтальные кабели, и коммутационными шнурами и/или перемычками в КЭ. В составе горизонтальной проводки допускается использование одной точки перехода, в которой происходит изменение типа прокладываемого кабеля (например, переход на плоский кабель для прокладки под ковровым покрытием с эквивалентными передаточными характеристиками).

Рассматриваемое здесь деление СКС на отдельные подсистемы применяется независимо от вида или формы реализации сети, то есть оно будет одинаковым, например, для офисной и производственной сети.

Иногда из соображений удобства проектирования и эксплуатационного обслуживания применяется более мелкое дробление оборудования СКС на отдельные подсистемы. Так, например, элементы подключения сетевого оборудования к СКС в кроссовой выделяются в отдельную административную подсистему, а шнуры, адаптеры и другие элементы, необходимые на рабочих местах, образуют отдельную подсистему рабочего места и т.д.

В самом общем случае СКС, согласно действующим редакциям международных нормативно-технических документов, включает в себя восемь 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 перехода;
- информационные розетки.

В подавляющем большинстве случаев подключение к СКС сетевого оборудования производится с помощью коммутационного шнура. В некоторых ситуациях кроме шнура может понадобиться адаптер, обеспечивающий согласование сигнальных и механических параметров оптических или электрических интерфейсов (разъемов) СКС и сетевого оборудования. Например, адаптеры применяются для подключения к СКС сетевого оборудования с интерфейсами V.24 (RS-232 С), устройств кабельного телевидения, систем IBM AS/400 с терминалами 5250, терминальных контроллеров IBM 3274 и терминалов 3270, а также дополнительных приложений, которые разрабатывались для других кабель-

#### *Высокий уровень*

Подсистема рабочего места обеспечивает подключение сетевого оборудования на рабочих местах. Применяется для ее реализации оборудование целиком и полностью зависит от конкретного приложения. Она не является частью СКС и выходит за рамки действия стандартов ISO/IEC 11801 и TIA/EIA-568-A, хотя эти нормативные документы накладывают на ее параметры и характеристики определенные ограничения, более подробно обсуждаемые ниже.

### **1.2.4. Коммутация в СКС**

Принципиальная особенность любой СКС состоит в том, что коммутация в ней, в отличие от электронных АТС и сетевого компьютерного оборудования, всегда производится вручную коммутационными шнурами и/или перемычками. Наиболее важным следствием такого подхода является то, что функционирование СКС принципиально не зависит от состояния электропитающей сети. Введение в состав СКС элементов электронной или электромеханической коммутации немедленно влечет за собой обязательное использование в оборудовании штатного источника электропитания. С экономической и технической точки зрения такое решение абсолютно неоправданно на нынешнем этапе развития техники: среднее количество переключений одного порта в действующей системе составляет единицы раз в год, а источник питания обладает существенно меньшей эксплуатационной надежностью по сравнению с массивными компонентами, образующими кабельную систему. Оборотной стороной отказа от применения штатного источника электропитания можно назвать:

- необходимость использования коммутационных шнуров, которые существенно ухудшают массогабаритные показатели коммутационного оборудования и требуют применения специальных мер для решения задач администрирования;
- невозможность введения в состав СКС штатных коммутаторов, контроллеров, датчиков и другого аналогичного оборудования, что снижает удобство эксплуатации, увеличивает время поиска неисправности, затрудняет текущую диагностику и т.д.

Известны лишь отдельные доведенные до серийного производства разработки, направленные на внедрение активных компонентов в некоторые подсистемы СКС. Однако они носят вспомогательный характер (опрос состояния портов, индикация, коммутация сигналов низкоскоростных приложений), не затрагиваю процесс передачи информационных сигналов и не нормируются действующими стандартами и предложениями по их перспективным редакциям.

### 1.2.5. Принципы администрирования СКС

Принципы администрирования (иначе управления) СКС целиком и полностью определяются ее структурой. Различают одноточечное и многоточечное администрирование. Под *многоточечным администрированием* понимают управление СКС, которая построена по классической архитектуре иерархической звезды. Основным признаком этого варианта является необходимость выполнения переключения минимум двух шнурков в общем случае изменения конфигурации. Использование данного принципа гарантирует наибольшую гибкость управления и возможность адаптации СКС для поддержки новых приложений.

Архитектура *одноточечного администрирования* применяется в тех ситуациях, когда требуется максимально упростить управление кабельной системой. Принципиально может использоваться только для СКС, установленных в одном здании и не имеющих магистральной подсистемы. Ее основным признаком является прямое соединение всех информационных розеток рабочих мест с единственным техническим помещением. Несложно убедиться в том, что одноточечное администрирование может быть использовано только в небольших сетях и упрощает процесс управления кабельной системой благодаря выполнению всех коммутаций шнурами в одном месте.

### 1.2.6. Кабели СКС

Одним из удачных способов повышения технико-экономической эффективности кабельных систем офисных зданий является минимизация типов кабелей, применяемых для их построения. В СКС согласно международному стандарту ISO/IEC 11801 допускается использование только:

- симметричных электрических кабелей на основе витой пары с волновым сопротивлением 100, 120 и 150 Ом в экранированном и неэкранированном исполнении;
- одномодовых и многомодовых оптических кабелей.

Электрические кабели используются в основном для создания горизонтальной разводки. По ним передаются как телефонные сигналы и низкоскоростные данные, так и данные высокоскоростных приложений. Применение оптических решений в горизонтальной подсистеме в настоящее время встречается достаточно редко, хотя их доля растет очень быстро темпами (решения в рамках концепции *fiber to the desk*). В подсистеме внутренних магистралей электрические и оптические кабели применяются одинаково часто, причем электрические кабели предназначены для передачи главным образом телефонных сигналов и данных с тактовыми частотами до 1 МГц, тогда как оптические кабели обеспечивают передачу данных высокоскоростных приложений. На внешних магистралях оптические кабели играют доминирующую роль.

Для перехода с электрического кабеля на оптический в процессе передачи данных со скоростью 10 Мбит/с и выше в технических помещениях устанавливается соответствующее

сетевое оборудование (преобразователи среды или трансиверы [6]), которые обычно обслуживают грунтовое устройство (концентратор системы передачи данных, выносной модуль АТС, контроллер инженерной системы здания и т.д.). Прямое использование волоконно-оптического кабеля для передачи телефонных сигналов и низкоскоростных данных на современном этапе развития техники является экономически нецелесообразным и применяется в тех ситуациях, когда другие решения невозможны или же выдвигаются особые требования в отношении защиты информации от несанкционированного доступа. Поэтому для улучшения 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 незакрепленного кабелей. Экранированный симметричный кабель потенциально обладает лучшими электрическими, а в некоторых случаях и прочностными характеристиками по сравнению с незакрепленным. Однако этот кабель является очень критичным к качеству выполнения монтажа и заземления, имеет заметно большую стоимость и худшие массогабаритные показатели. Поэтому пока основным кабелем для передачи электрических сигналов по СКС, по крайней мере в нашей стране, являются кабели на основе незакрепленных витых пар<sup>1</sup>. Как было отмечено выше, стандарты разрешают строить СКС на электрических кабелях с волновым сопротивлением 100, 120 и 150 Ом. При этом две последние разновидности кабелей часто обладают заметно лучшими характеристиками. Однако в силу целого ряда причин технического и экономического плана они не получили широкого распространения в нашей стране.

Многомодовые волоконно-оптические кабели используются в основном в качестве основы подсистемы внутренних магистралей. Одномодовые волоконно-оптические кабели рекомендуется применять только для построения длинных внешних магистралей.

Коаксиальные кабели не включаются в число разрешенных к применению в новых стандартах и исключаются из очередных редакций старых стандартов. Это объясняется низкой надежностью сетей, построенных на их основе, невысокой технологичностью и более высокой стоимостью по сравнению с кабелями на основе витых пар.

Для обеспечения возможности работы по СКС сетевой аппаратуры с коаксиальным и триаксиальным интерфейсом используется широкая номенклатура адаптеров различных видов.

## **1.3. Понятие классов и категорий и их связь с длинами кабельных трасс**

### **1.3.1. Классы приложений, категории кабелей и разъемов СКС**

Действующая редакция стандарта ISO/IEC 11801 подразделяет все виды приложений, которые могут обмениваться данными по витым парам, на 4 класса – А, В, С и D (табл. 1.6). Класс А считается низшим классом, а класс D высшим. Для приложений каждого класса определяется соответствующий класс линии связи, который задает предельные электрические характеристики линии, необходимые для нормальной работы приложений соответствующего и более низкого класса (табл. 1.7). К приложениям оптического класса относятся те из них, которые используют в качестве среды передачи сигнала оптический кабель. На момент

<sup>1</sup> Экранированные конструкции играют превалирующую роль только в некоторых странах отличающихся «зелеными» национальными Правами, например в Германии.

Таблица 1.6. Классы приложений по ISO/IEC 11801

Класс линии	Определение и приложения
A	Телефонные каналы и низкочастотный обмен данными. Максимальная частота сигнала – 100 кГц
B	Приложения со средней скоростью обмена. Максимальная частота сигнала – 1 МГц
C	Приложения с высокой скоростью обмена. Максимальная частота сигнала – 16 МГц
D	Приложения с очень высокой скоростью обмена. Максимальная частота сигнала – 100 МГц
Оптический	Приложения, использующие в качестве среды передачи сигнала оптический кабель. Частоты 10 МГц и выше

Таблица 1.7. Соответствие категорий кабелей и соединителей классам приложений

TIA/EIA-568-A	ISO/IEC 11801 Кабели и соединители	EN 50173	ISO/IEC 11801 Приложения
–	–	–	A
–	–	–	B
Категория 3	Категория 3	Категория 3	C
Категория 4	Категория 4	–	–
Категория 5	Категория 5	Категория 5	D
–	Категория 6	–	E
–	Категория 7	–	F

принятия стандарта ширина полосы пропускания для таких приложений не являлась ограничивающим фактором.

Интересно также отметить, что стандарт ISO/IEC 11801 не предполагает приложений и линий с максимальной частотой передачи 20 МГц, соответствующих 4-й категории разъемов и кабелей. Это обусловлено отсутствием популярных сетевых приложений с максимальными частотами сигнала от 16 до 20 МГц.

В некоторых европейских странах иногда практикуется введение дополнительных классов приложений. Так, например, в немецкоязычной технической литературе приложения с верхней граничной частотой 200 МГц иногда называют приложениями класса D+, тогда как приложения с граничной частотой 300 МГц обозначаются приложениями класса D++.

Стандарты ISO/IEC 11801 и TIA/EIA-568-А в дополнение к кабелям специфицируют по категориям разъемы. Категории определяются максимальной частотой сигнала, на которую рассчитаны соответствующие разъемы и кабели (табл. 1.8). Кабели и разъемы более высоких категорий поддерживают все приложения, рассчитанные на работу по кабелям более низких категорий.

В сентябре 1997 года IEC начала работу по стандартизации двух новых классов приложений Е и F, а также компонентов СКС для категорий 6 и 7<sup>1</sup>. Параллельно производится работа над так называемой улучшенной категорией 5 (категорией 5+ или 5e) с верхней

<sup>1</sup> В качестве базы для стандарта категории 7 был принят немецкий стандарт DIN 44312-5.

граничной частотой нормировки параметров в 100 МГц. Последняя фактически фиксирует достигнутый на конец 90-х годов уровень техники и одновременно нормирует ряд параметров, соблюдение которых обеспечивает возможность работы перспективного приложения Gigabit Ethernet. Ожидается, что результаты проведенных исследований войдут в новые редакции действующих в настоящее время стандартов ISO/IEC 11801 и TIA/EIA-568A. Работа в этом направлении обосновывается необходимостью поддержки перспективной сетевой аппаратуры ATM 155 и 622 Мбит/с, а также Gigabit Ethernet 1000 Мбит/с.

Таблица 1.8. Категории кабелей и разъемов

Категория кабеля и разъема	Максимальная частота сигнала	Типовые приложения
Категория 3	До 16 МГц	Локальные сети Token Ring и Ethernet 10Base-T, голосовые каналы и другие низкочастотные приложения
Категория 4	До 20 МГц	Локальные сети Token Ring и Ethernet 10Base-T
Категория 5	До 100 МГц	Локальные сети со скоростью передачи данных до 100 Мбит/с
Категория 5e	До 100 МГц	Локальные сети со скоростью передачи данных до 1000 Мбит/с
Категория 6	До 250 МГц	Локальные сети со скоростью передачи данных до 1000 Мбит/с
Категория 7	До 600 МГц	Локальные сети со скоростью передачи данных до 1000 Мбит/с

Приложения класса Е и компоненты СКС категории 6 первоначально имели нормируемые характеристики до частоты 200 МГц, которая впоследствии была увеличена до 250 МГц. Необходимость расширения частотного диапазона гарантированных параметров была обусловлена требованием обеспечения потенциальной возможности поддержки функционирования двухпарных вариантов интерфейсов Gigabit Ethernet. Класс F и компоненты категории 7 рассчитываются на частоты до 600 МГц. Выбор последнего значения не в последнюю очередь обусловлен широким распространением аппаратуры ATM со скоростью передачи 622 Мбит/с, а также необходимостью поддержки передачи сигналов многоканального аналогового телевидения с верхней граничной частотой 550 МГц. Основные отличия между линиями связи различных категорий приводятся в табл. 1.9. Подробное обсуждение приведенных в них параметров производится в разделе 2.1.3. Здесь укажем только, что таблица наглядно демонстрирует рост требований к качеству по мере перехода к более высокой категории.

Для построения трактов категории 6 используются кабели всех типов (экранированные и некранированные). В качестве соединителя применяется, в основном, модульный разъем. Существуют также разработки на других типах разъемов, наиболее известными из которых являются разъемы типов 110 и 210. Линии категории 7 при современном состоянии уровня техники могут быть реализованы только на кабеле с экранированными парами. В настоящее время серийные разъемы модульного типа позволяют обеспечить характеристики проекта нормативных документов категории 7 только для внешних пар контактов 1/2 и 7/8, что сопровождается потерей универсальности. Имеется несколько опытных разработок разъемов с улучшенными параметрами, которые в перспективе могут быть использованы в линиях категории 7. Тем не менее ряд аналитиков считает, что совершенствование модульного разъема для его адаптации к работе на высоких частотах лишено смысла и необходимо переходить на новую конструкцию. Окончательное решение о выборе типа разъема трактов категории 7 комитетами по стандартизации по состоянию на

Таблица 1.9. Параметры пропускной способности каналов различных категорий на частоте 100 МГц [12, 22]

Параметр	Категория 5			Категория 6	Категория 7
	TIA/EIA-568-A	TSB-95	ISO/IEC 11801		
Частотный диапазон, МГц	1–100	1–100	1–100	1–250	1–600
Затухание, дБ	24	24	24	21,7 (36)	20,8 (54,1)
NEXT, дБ	27,1	27,1	27,1	39,9 (33,1)	62,1 (51)
PS-NEXT, дБ	—	—	24,1	37,1 (30,2)	59,1 (48)
ACR, дБ	3,1	3,1	3,1	18,2 (–2,9)	41,3 (–3,1)
PS-ACR, дБ	—	—	0,1	15,4 (–5,8)	38,3 (–6,1)
EL-FEXT, дБ	—	17	17,0	23,2 (15,3)	ffs*
PS-FEXT, дБ	—	14,4	14,4	20,2 (12,3)	ffs
Возвратные потери, дБ	—	8	10	12 (8)	14,1 (8,7)
Задержка распространения, нс	—	548	548	548 (546)	504 (501)
skew, нс	—	50	50	50	20

\* ffs – for future study – для будущего изучения в соответствующем комитете по стандартизации.

В скобках указаны значения на верхней рабочей частоте.

середину 1999 года не принято. Более подробная информация об известных разработках в этой области приводится далее в разделе 3.2.6.

Ниже не будем останавливаться на классах линий А и В, построение которых не представляет никаких трудностей на современной элементной базе. Малый интерес специалистов по СКС к этим линиям обусловлен тем, что они не поддерживают работу наиболее массовой на сегодняшний день сетевой аппаратуры Ethernet, то есть на упомянутых линиях нельзя построить универсальную СКС. Точно так же в дальнейшем специально подробно не обсуждаются линии категорий 5е, 6 и 7, которые по состоянию на середину 1999 года официально не стандартизированы.

Линии электрической связи СКС должны быть собраны из кабелей и других компонентов с характеристиками не хуже той категории, на которую они рассчитаны. Данное правило имеет также и обратное действие в отношении категорий до 5е включительно: линия связи, собранная из компонентов определенной категории, поддерживает работу всех приложений своего и более низкого классов.

Стандарты ISO/IEC 11801 и TIA/EIA 568-А определяют, что линии связи СКС будут соответствовать требованиям определенной ими категории при соблюдении следующих трех условий<sup>1</sup>:

- технические характеристики всех кабелей, разъемов и соединительных шнуров этой линии соответствуют требованиям этой категории или превышают их;
- линия связи спроектирована с учетом требований стандартов (то есть соблюдены ограничения на длины кабелей, количество точек коммутации и т.д.);
- монтаж выполнен в полном соответствии с требованиями перечисленных выше стандартов.

<sup>1</sup> Дополнительные ограничения для линий 5е пока не позволяют распространять данные правила в их категории.

### 1.3.2. Ограничения на длины кабелей и шнурков СКС

Стандарты ISO/IEC 11801 и TIA/EIA 568-A устанавливают ограничения на максимальные длины кабелей и соединительных шнурков горизонтальной и магистральных подсистем. Длины кабелей указаны на рис. 1.4 и приведены в табл. 1.10. Дополнительно еще раз подчеркнем, что максимальные длины электрических кабельных линий для передачи сигнала указанного класса приведены для случая построения этих линий из симметричного кабеля и других компонентов с категорией не ниже указанной.



Рис. 1.4. Максимальные расстояния в кабельной системе по ISO/IEC 11801

Длина кабеля горизонтальной подсистемы установлена равной 90 м (плюс 10 м на соединительные шнуры). Выбор именно этого значения произведен, исходя из возможностей витой пары как направляющей системы электромагнитных колебаний передавать сигналы наиболее массовых (на момент принятия стандартов) высокоскоростных приложений типа Fast Ethernet. Учитывались достигнутый технический уровень элементной базы и применяемые схемотехнические решения приемопередатчиков современного сетевого оборудования. Не последнюю роль при выборе именно этого значения максимальной длины играли архитектурные особенности типовых офисных зданий.

В случае реализации горизонтальной разводки на волоконно-оптическом кабеле длина кабельной трассы ограничена величиной 90 м из тех соображений, что она гарантированно позволяет выполнить ограничения протокольного характера сетей Fast Ethernet по максимальному диаметру коллизионного домена.

Основным назначением подсистемы внутренних магистралей является объединение в единое целое технических помещений в пределах одного здания. Соответственно, максимальная длина кабеля такой магистрали устанавливается стандартами равной 500 м<sup>1</sup>.

И наконец, подсистема внешних магистралей, которая объединяет отдельные здания, согласно стандарту ISO/IEC 1801 может включать в себя кабели максимальной длиной 1,5 км. Дополнительно оговаривается, что максимальная длина магистральных кабелей между кроссовой этажа и кроссовой внешних магистралей не может превышать 2000 м (500 м кабеля внутренней и 1500 м кабеля внешней магистралей) при условии применения

<sup>1</sup> Данные приведены во множестве приложений, напоминающих, что они выведены из первоисточника. Так, в практике автора неизвестен случай реализации СКС в здании длиной 500 м.

коммутационных и оконечных шнурков стандартной длины. В случае использования одномодового кабеля указанное значение может быть увеличено до 3000 м. При современном состоянии уровня волоконно-оптической техники с использованием обычной серийной аппаратуры это расстояние может быть равным 100 и более километрам. Однако при необходимости обеспечения связи на столь большие расстояния стандартами предполагается, что для передачи информации будут использоваться линии и каналы связи общего пользования различных телекоммуникационных операторов.

Длины коммутационных и оконечных шнурков зависят от выбранной схемы подключения сетевого оборудования<sup>1</sup>, типа среды передачи сигнала и подсистемы СКС, к которой относится данный конкретный шнур или их совокупность. Согласно стандарту ISO/IEC 11801 в редакции 2000 года максимальная суммарная длина кабелей шнурков в горизонтальной подсистеме составляет:

- 9 м в случае схемы коммутационного подключения для электрического кабеля;
- 10 м в случае схемы коммутационного соединения для электрического кабеля;
- 10 м при любой схеме подключения в волоконно-оптическом варианте.

Отметим, что в редакции 1995 года этого стандарта максимальная суммарная длина шнурков независимо от варианта составляла 10 м, то есть произошло определенное ужесточение нормативных требований.

Максимальная длина коммутационного шнура, применяемого в кроссовых магистральных подсистем (КЗ и КВМ), согласно стандарту ISO/IEC 11801 равна 20 м. Длина оконечных шнурков, предназначенных для подключения сетевого оборудования в этих технических помещениях, не должна превышать 30 м.

*Таблица 1.10. Максимальные длины кабельных трактов в зависимости от типа кабеля и класса приложения*

Среда передачи сигнала	Класс приложений				Опции
	A	B	C	D	
Симметричный кабель категории 3	2 км	200 м	100 м <sup>2</sup>		
Симметричный кабель категории 4	3 км	200 м	100 м		
Симметричный кабель категории 5	3 км	200 м	100 м	100 м	
Симметричный кабель 150 Ом	3 км	100 м	50 м	15 м	
Многомодовый оптический кабель	—	—	—	—	2 км
Одномодовый оптический кабель	—	—	—	—	3 км <sup>2</sup>

\* Под длиной 100 м понимается суммарная длина горизонтального кабеля (до 90 м) и шнурков всех разновидностей.

\*\* 3 км – ограничение, формально наложенное стандартом. Не является физическим ограничением для одномодовых волоконных световодов.

## 1.4. Дополнительные варианты топологического построения СКС

Ниже рассматриваются дополнительные возможности построения горизонтальной подсистемы и подсистемы внутренних магистралей, часть из которых не вошла в основные

<sup>1</sup> Подробная информация о вариантах подключения оборудования содержится в разделе 10.3.5.1.

действующие стандарты по СКС. По состоянию на середину 1999 года они нормируются только техническими бюллетенями TIA/EIA и, по мнению большинства специалистов по СКС, без каких-либо принципиальных изменений их основные положения будут введены в новые редакции стандартов. Наличие этих вариантов существенно расширяет свободу выбора проектировщика и позволяет значительно увеличить технико-экономическую эффективность кабельной системы в ряде случаев.

#### **1.4.1. Варианты построения горизонтальной подсистемы СКС**

Горизонтальная подсистема СКС при ее реализации на кабелях из витых пар может быть построена по четырем различным схемам, которые приведены на рис. 1.5. Наиболее часто применяется первая из них, которая образована непрерывным кабелем максимальной длиной

90 м, соединяющим информационную розетку ИР и коммутационную панель в кроссовой этаже КЭ. Во втором варианте тракт передачи образуется из кабелей двух различных типов, но с эквивалентными передаточными характеристиками. Эти кабели соединяются между собой в так называемой *точке перехода ТП (transition point)*. Согласно международному стандарту ISO/IEC 11801 здесь возможны две комбинации типов таких кабелей: «многонарный+четырехнарный» и «круглый+плоский» с одинаковым количеством пар (на практике это четыре пары). Американский стандарт TIA/EIA-568-A трактует точку перехода более узко: в ТП согласно этому нормативно-техническому документу происходит соединение плоского кабеля с круглым.

Точка перехода реализуется на обычном коммутационном оборудовании, однако его запрещается использовать для выполнения операций администрирования кабельной системы и для подключения активных сетевых устройств любого назначения. В соответствии с этим в точке перехода никогда не должны применяться коммутационные и оконечные шнуры.

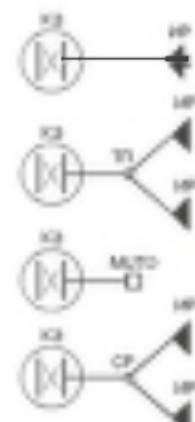


Рис. 1.5. Варианты организации горизонтальной подсистемы

Последние два варианта построения горизонтальной подсистемы СКС ориентированы, в первую очередь, на применение в так называемых *открытых офисах* (open offices или open space offices), то есть в рабочих помещениях большой площади, которые разделены на отдельные секции специализированной мебелью или легкими некапитальными перегородками. Общим отличительным признаком таких офисов являются частые перемещения сотрудников и изменения конфигураций рабочих мест, а также наличие явно выраженной зонной группировки отдельных рабочих мест. В открытых офисах могут применяться многопользовательские телекоммуникационные розетки MUTO (Multi-User Telecommunication Outlet) и консолидационные точки CP (consolidation point). Оба варианта стандартизированы техническим бюллетенем TSB-75 [23] и адаптируют рассмотренные выше решения на случай открытого офиса (см. табл. 1.11).

Таблица 1.11. Аналогия между различными вариантами организации горизонтальной подсистемы

Тип офиса	Прямое соединение	Многопользовательское соединение
Обычный офис	Обычный проброс	Точка перехода
Открытый офис	Многопользовательская розетка	Консолидационная точка

Под многопользовательской розеткой MUTO понимается розетка, которая обслуживает нескольких пользователей. Такой элемент выделяется в отдельный вид оборудования (см. далее раздел 3.3.4) и устанавливается на колоннах и стенах здания, под фальшполом, в напольных коробках и, достаточно редко, в пространстве между капитальным и подвесным потолками. Максимальная длина W оконечного шнуря, соединяющего розетку MUTO с сетевым оборудованием на рабочем месте, не должна превышать 20 м и вычисляется следующим образом:

$$W = (102 - H) / 1,2 - 7 \text{ м}, W \leq 20 \text{ м} \quad (1.1)$$

где H – длина горизонтального кабеля.

Коэффициент 1,2 учитывает повышенное затухание сигнала в кабеле соединительного шнура с гибкими многопроволочными проводниками (см. далее раздел 3.1.4). Постоянный коэффициент 7 определяет максимальную длину коммутационных шнуров в кросской. График зависимости длины коммутационного шнура от длины горизонтального кабеля приведен на рис. 1.6. Анализ формулы 1.1 показывает, что при максимальной длине оконечного шнуря в 20 м длина горизонтального кабеля не должна превышать 70 м.

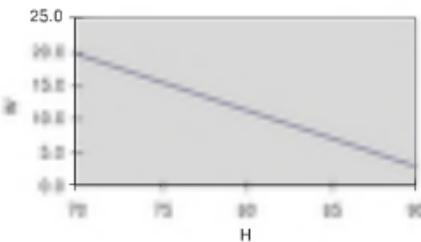


Рис. 1.6

Зависимость максимальной длины коммутационного шнура, от длины горизонтального кабеля для многопользовательской розетки {в метрах}

Таким образом, суммарная длина оконечного и коммутационного шнуров в открытом офисе может достигать 27 м против 10 м в случае обычного офиса, что сопровождается заметным увеличением гибкости кабельной системы. При этом за счет соответствующей корректировки длины горизонтального кабеля в сторону уменьшения максимальное суммарное затухание тракта передачи сигнала в обоих случаях оказывается одинаковым.

Консолидационная точка CP<sup>1</sup> в открытом офисе является прямым аналогом точки перехода традиционной топологии. От нее к отдельным розеткам рабочего места протягиваются короткие отрезки горизонтального кабеля, которые являются продолжением основного кабеля сегмента. Решения на основе CP рекомендуется применять в тех случаях, когда перемещения сотрудников возможны, но не столь часто по сравнению с розетками MUTO.

Аналогично традиционной кабельной разводке в любой горизонтальной линии открытого офиса запрещается использование более одной точки перехода в виде розеток MUTO и CP, а в консолидационной точке не допускается подключение активного оборудования и выполнения операций администрирования.

#### 1.4.2. Топологии с централизованным администрированием

Системы с централизованным администрированием определены в техническом бюллетене TSB-72 [24] и относятся к случаю построения разводки внутри одного здания полностью на оптическом кабеле. Основная идея, заложенная в этом документе, состоит в предоставлении

<sup>1</sup> Некоторые типы СКС называют точкой консолидации.

проектировщику СКС возможности отказа в данной ситуации от жесткого деления кабельной разводки на горизонтальную подсистему и подсистему внутренних магистралей с их объединением в единое целое и переход, за счет этого, от двухуровневой звездообразной топологии к простой одноуровневой.

Применение принципа централизованного администрирования позволяет:

- значительно увеличить управляемость ЛВС за счет появления возможности формирования любых заранее заданных рабочих групп на физическом уровне без использования виртуальных соединений;
- сосредоточить все активное оборудование в одном месте, что увеличивает защищенность от несанкционированного доступа к информации, уменьшает потребности в высокоскоростных каналах и упрощает процедуру проведения эксплуатационных измерений;
- значительно сократить или даже полностью (в некоторых случаях) отказаться от выделенных помещений для кроссовых этажей.

Актуальность практического использования централизованного администрирования резко возросла в связи с массовым внедрением в широкую инженерную практику волокно-оптической техники передачи сигналов, которая не накладывает на длины высокоскоростных каналов физического 90-метрового ограничения витой пары.

Согласно бюллетеню TSB-72 кабельные системы рассматриваемого вида могут быть построены с использованием одного межсоединения и без него. Вариант с одним соединением позволяет сохранить прежнюю телекоммуникационную инфраструктуру здания, так как кроссовое оборудование для его реализации размещается в помещениях, зарезервированных первоначальным проектом под кроссовые этажи. Этот вариант возможен в двух разновидностях. Первую из них можно назвать *схемой ответвлений* [25]. Согласно этой схеме до кроссовых доводится магистральный кабель, дальнейшая разводка выполняется абонентским кабелем, который соединяется с магистральным неразъемным соединителем. Вторая разновидность получила в [24] название *пассивной коммутационной панели*. В соответствии с данной схемой предусматривается процесс коммутации с использованием обычного коммутационного шнура. Максимальное расстояние от информационной розетки до кроссовой этажа в рассматриваемом варианте составляет 90 м. Это позволяет сохранить преемственность

с TIA/EIA-568-А в отношении горизонтальной проводки, также обеспечивает легкость возврата к стандартной двухуровневой топологии. Максимальная длина канала с межсоединением выбрана равной 300 м из соображений получения на кабеле с волокном типа 62,5/125 пропускной способности канала связи 1 Гбит/с, то есть поддержки наиболее скоростных на сегодняшний день приложений типа Gigabit Ethernet и Fiber Channel. По аналогии со структурами на электрическом кабеле, в которых применяются точки перехода различного вида, какое-либо активное оборудование в месте размещения кросса не устанавливается.

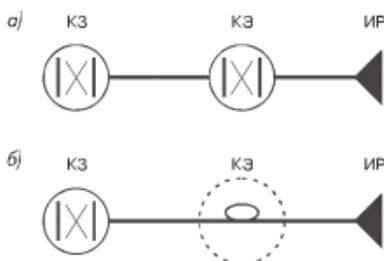


Рис. 1.7. Построение системы

с централизованным администрированием:

а) с одним межсоединением; б) без межсоединений

Упомянутое выше в разделе 1.3.2 ограничение протокольного характера сетей Fast Ethernet разработчиками TSB-72 считается в данном случае малосущественным, вероятно, из-за сравнительно малой распространенности волоконно-оптической аппаратуры стандарта 100Base-FX, работающей в режиме разделения полосы пропускания.

При построении СКС без межсоединений длина любого канала онять же из соображений обеспечения преемственности ограничена значением 90 м. Это ощутимо сужает возможности организации системы с централизованным администрированием в ряде офисных зданий, однако в пределе позволяет обойтись вообще без выделенных кроссовых этажей. Если же они предусматриваются проектом, то говорят о *проходной схеме* и в кроссовых рекомендуют выделять места для хранения свернутого в бухты запаса кабелей и установки коммутационного оборудования.

Отметим также некоторые дополнительные ограничения и рекомендации бюллетеня TSB-72:

- в точке межсоединения не рекомендуется смешивать разъемные и неразъемные соединители волоконных световодов;
- основным типом разъемного оптического соединителя считается SC в одиночном или дуплексном вариантах;
- неразъемные соединители могут выполняться как сваркой, так и с помощью механических спlices;
- в вариантах с одним межсоединением в случае выполнения промежуточных неразъемных соединений световодов допускается использовать различные типы кабелей на горизонтальном и магистральном участках;
- идентификация и маркировка отдельных волокон и соединителей должна выполнятся в соответствии с правилами стандарта TIA/EIA-606.

## 1.5. Принцип *Cable Sharing*

Основным типом кабеля горизонтальной подсистемы современной СКС является 4-парный симметричный кабель, имеющий четыре различных варианта конструктивного исполнения (см. далее раздел 3.1.2). Большинство наиболее распространенных в настоящее время среднескоростных (Ethernet 10Base-T, Token Ring) и высокоскоростных Fast Ethernet 100Base-TX, TP-PMD, ATM) приложений требуют для работы только две витые пары. Остальные две пары не используются и некоторыми типами сетевых интерфейсов просто замыкаются на землю, то есть для них являются фактически бесполезными. Уровень электрических характеристик горизонтальных кабелей, требуемый действующими редакциями стандартов и практически достигнутый на сегодняшний день, принципиально позволяет передавать по таким кабелям сигналы одновременно нескольких (двух, а в некоторых случаях трех или даже четырех) приложений с пренебрежимо малым уровнем влияния друг на друга. Подобное техническое решение по использованию горизонтального кабеля представляет собой адаптацию методов использования магистральных кабелей на область горизонтальной разводки и называется *принципом разделения или расщепления кабеля* (cable sharing). Это решение официальное допускается для практического применения стандартами ISO/IEC 11801 и EN 50173.

Для практической реализации принципа cable sharing разработан и внедрен в серийное производство достаточно большой набор различных специализированных элементов, которые подробно рассмотрены далее и могут быть разделены на следующие группы:

- Y-адаптеры (см. раздел 3.4.2), а также сдвоенные и строенные балуны (см. раздел 3.4.2);
- двойные адаптерные вставки (см. раздел 3.2.2);
- разветвительные шнурсы (см. раздел 3.4);
- монтажные шнурсы специального вида (см. раздел 3.4.1);
- сдвоенные и строенные розеточные модули, позволяющие выполнять на них разводку одного кабеля.

Все перечисленные выше решения, за исключением последних двух, позволяют, в случае необходимости, легко вернуться к стандартному 4-парному варианту организации горизонтального участка передачи электрического сигнала, то есть не затрагивают свойство универсальности кабельной системы.

Стандарты не выдвигают никаких особых требований к оборудованию, используемому для реализации рассматриваемого принципа, за исключением применения отличительной маркировки розеток.

Сразу же отметим, что наиболее адаптированы для передачи сигналов одновременно двух приложений горизонтальные кабели с так называемой четверочной скруткой (см. раздел 3.1.2), которые фактически представляют собой два одинаковых элемента, заключенных в общую оболочку. Однако в силу целого ряда причин эти кабели не получили широкого распространения и выпускаются только единичными производителями техники для СКС.

Использование обсуждаемого принципа организации СКС наиболее выгодно в сетях небольшого и среднего размера, в основном, по двум причинам:

- затраты на горизонтальную проводку составляют относительно большую величину – одновременная передача по одному кабелю сигналов двух приложений обеспечивает заметную экономию капитальных финансовых затрат на организацию сети;
- в таких сетях задача применения сверхвысокоскоростных приложений типа Gigabit Ethernet, требующих для своей работы одновременно четырех пар, является существенно менее актуальной из-за относительно меньшего объема передаваемой информации; в таких условиях ожидаемая проблема нехватки трактов передачи сигналов отодвигается на неопределенную перспективу.

Отметим, что принцип cable sharing получил достаточно большое распространение в некоторых европейских странах, где он используется существенно чаще по сравнению с решениями на основе двухпарных кабелей. Однако по состоянию на середину 2000 года данное решение мало популярно в Российской Федерации. Укажем на следующие причины такого положения дел:

- значительная доля российских СКС строится в соответствии с требованиями стандарта TIA/EIA-568A, который не допускает одновременную передачу сигналов двух приложений по одному горизонтальному кабелю;
- принцип cable sharing наиболее эффективен в системах с индивидуальной экранировкой отдельных пар, которые по причинам экономического характера устанавливаются существенно реже систем без такой экранировки (большая стоимость элементной базы и трудоемкость монтажа не компенсируется экономией затрат за счет меньшего количества прокладываемых кабелей);
- в нашей стране в настоящее время практически отсутствует рынок SOHO и домашних сетей, где самым широким образом применяется передача различных высокоскоростных и широкополосных сигналов в одном горизонтальном кабеле.

Относительно большое распространение в нашей стране имеет только решение на основе Y-адаптера или функционально аналогичной ему адаптерной вставки некоторых СКС, которые применяется для передачи по одному кабелю сигналов Ethernet 10Base-T и аналогового телефона в небольших и достаточно часто несертифицируемых сетях.

## 1.6. Гарантийная поддержка современных СКС

Современная СКС является сложным высокотехнологичным продуктом, рассчитанным на эксплуатацию в течение продолжительного времени. В этой связи особо важное значение приобретает система гарантий производителя СКС на свою продукцию и установленную систему. Действующие редакции стандартов не предписывают каких-либо жестких правил в этой области, и только стандарт ISO/IEC 11801 рекомендует устанавливать продолжительность гарантии не менее чем в 10 лет. Указанное значение выбрано не в последнюю очередь из-за того, что среднестатистический срок между двумя косметическими ремонтами в зданиях офисного типа, после которого обычно производится перекладка кабельной системы, составляет примерно 9 лет. На основании этого в дальнейшем рассматриваются принципы и методы гарантийной поддержки, сложившиеся в отрасли на правах стандартов де-факто.

В настоящее время производители СКС применяют различные виды гарантий. Их можно разделить на четыре основные группы (рис. 1.8).

Классическим видом гарантии является *гарантия на компоненты*, или базовая гарантия. Она означает, что все компоненты кабельной системы не имеют производственных дефектов и при использовании по назначению в соответствии с ТУ не потеряют своих потребительских качеств на протяжении определенного периода времени с момента покупки. Обычный срок гарантии на компоненты составляет пять лет; в последнее время наметилась тенденция увеличения этого значения: например, Lucent Technologies предоставляет на продукты серии Gigaspeed 20-летнюю гарантию данного вида. Условием получения базовой гарантии является приобретение компонента по официальным каналам в порядке, установленном производителем СКС.

*Расширенная, или системная, гарантия* представляется на спроектированную и установленную по всем правилам СКС. Под ней понимается соответствие характеристик смонтированной системы требованиям стандартов. Основная масса производителей определяет срок этого вида гарантии на системы категории 5 в 15–16 лет.

Системам, характеристики которых превышают требования категории 5, гарантийный срок обычно увеличивается до 20 лет, а некоторыми производителями даже до 25 лет. Основные принципы предоставления системной гарантии могут быть сформулированы следующим образом:



Рис. 1.8. Структура различных видов гарантий современных СКС

- применение в составе системы исключительно компонентов, официально разрешенных для установки в данную конкретную СКС. На использование компонентов, не входящих в официальный перечень разрешенных, в каждом конкретном случае должно быть получено отдельное разрешение производителя;
- построение системы в полном соответствии с требованиями действующих редакций стандартов, то есть без превышения длины кабельных трасс и шнурков, количества соединителей в тракте и т.д.;
- соответствие количества циклов соединения-разъединения разъемов значению, задаваемому стандартами;
- проектирование и построение системы только прошедшим соответствующее обучение и авторизованным персоналом; все изменения и дополнения также должны производиться только авторизованным персоналом<sup>1</sup>.

Некоторые производители СКС выдвигают также дополнительные требования, сводящиеся к необходимости предоставления протоколов измерений, использованию для тестирования только измерительных приборов из определенного перечня и т.д.

Из приведенного выше несложно убедиться в том, что системная гарантия включает в себя также базовую и даже усиливает ее (имеется в виду увеличение гарантийного срока). Кажущаяся на первый взгляд нелогичность этого положения (гарантия на всю систему целиком превышает по продолжительности гарантию на любой ее компонент) объясняется тем, что кабель в смонтированной системе не подвергается значительным механическим нагрузкам в процессе прокладки, то есть гарантированно эксплуатируется в существенно менее жестких условиях.

Под *гарантией работы приложений* понимается способность правильно смонтированной и установленной СКС (то есть СКС, уже имеющей системную гарантию) поддерживать работу тех или иных приложений. Гарантия работы приложений в классическом смысле была достаточно популярной на ранних этапах развития техники СКС, когда на рынке предлагалось большое количество типов оборудования, созданного изначально без учета возможности работы по структурированной кабельной проводке.

В конце 90-х годов в среде производителей СКС четко наметилась тенденция представления специальных вариантов гарантии работы приложений, которые назовем в данном случае *обобщенной гарантией*<sup>2</sup>. Гарантия этого вида юридически закрепляет улучшение производителем определенных параметров предлагаемого решения свыше уровня стандартов. Гарантии этой группы имеют три разновидности. Первая из них основана на списке приложений, куда часто включаются такие из них, которые формально не могут поддерживаться стандартной СКС данной конкретной категории. Иногда она предоставляется на поддержку функционирования любого приложения, аппаратура которого изначально спроектирована для работы по СКС той или иной категории. Вторая разновидность расширенной гарантии предполагает возможность увеличение длины так называемого тракта или канала (см. далее раздел 12.2) свыше задаваемых стандартом 100 м (компании BICC и ITT NS&S) для конкретных приложений из определенного списка. И наконец,

<sup>1</sup> Помимо, что-Джон Болтоном не затрагивает проект переходного компонента и министерства построек, Технический комитет по группе специализации построек и системы стационарной телефонной связи (Болтон, Джон. Актуальные вопросы разработки и применения стандартов СКС // Абстрактный материал, как правило, поддается улучшению и дополнению на базе имеющихся компонентов-изобретений без предварительной проверки.

<sup>2</sup> Помимо, что-Джон Болтоном не затрагивает проект переходного компонента и министерства построек, Технический комитет по группе специализации построек и системы стационарной телефонной связи.

третья разновидность обобщенной гарантии заключается в том, что производитель СКС (например, фирмы Komp и Hubbell) гарантирует нулевой уровень ошибок при функционировании одного или нескольких определенных приложений. Обоснованием такого подхода является тот факт, что появление ошибок приводит к необходимости повторной трансляции кадров, сопровождающейся резким снижением эффективной скорости передачи информации (см. табл. 1.12).

*Таблица 1.12. Зависимость эффективной скорости передачи данных от интенсивности повторной передачи кадров [26]*

Интенсивность повторной передачи кадров, %	Эффективная скорость передачи данных, Мбит/с
0	100
1	20
2	4
3	0,8
4	0,16
5	0,032

Изложенное показывает, что в общем случае гарантия работы приложений показывает потребителю лишь уровень запасов, который разработчик конкретной СКС заложил в свою систему, то есть степень превышения требований стандартов, причем применительно только к какому-либо конкретному приложению или их более или менее обширной группе. На основании этого заявляемая некоторыми авторами (см., например, [27]) бессмыслица гарантии на компоненты и системной гарантии без гарантии работы приложений не имеет под собой каких-либо серьезных оснований, так как современное сетевое оборудование создается «под СКС», а не наоборот.

Документом, подтверждающим наличие у СКС гарантии того или иного вида, является сертификат производителя установленного им образца. Сертификат может выдаваться как на собственно СКС, установленную по конкретному адресу (например, АйТИ и Lucent), так и владельцу СКС (естественно, что в этом случае требуется переоформление при смене владельца; примерами являются ITT NS&S, RIT Technologies, Molex). К сертификату прикладывается регистрационный документ с более или менее полным описанием системы, который может быть дополнен схематическим планом ее структуры, а также результатами ее инструментального тестирования (если эта процедура проводится согласно правилам установки СКС).

Гарантийный ремонт обычно выполняется компанией-инсталлятором конкретной СКС, что в некоторых случаях является одним из условий заключения соответствующего партнерского соглашения между производителем СКС и системным интегратором. В тех случаях, когда эта компания в силу каких-либо причин не может выполнить работы, производитель поручает их проведение другому местному партнеру или же выполняет их самостоятельно.

Гарантийный ремонт не производится при неправильной эксплуатации, превышении нагрузки, механических повреждениях и повреждениях в результате стихийных бедствий, применении неразрешенных компонентов и в других аналогичных случаях.

Дополнительные сведения о различных аспектах предоставления и реализации гарантийной поддержки содержатся в обзоре [28].

## 1.7. Выводы

Структурированная кабельная система является основой информационно-вычислительной и телекоммуникационной инфраструктуры любого современного предприятия начиная от небольшой фирмы с несколькими сотрудниками и кончая корпорацией, в которой работает несколько десятков тысяч человек.

Современная СКС реализуется по иерархическому звездообразному принципу и состоит в общем случае из нескольких подсистем с детально стандартизованными на международном уровне параметрами и интерфейсом, взаимодействующих между собой по определенным правилам. Интеграция в одной системе волоконно-оптических и электрических кабельных линий связи на основе симметричного кабеля дает возможность обеспечить средой передачи основную массу современных и перспективных видов сетевой аппаратуры. Кабельные трассы СКС, созданные на основе серийных компонентов, обеспечивают максимальную дальность связи 3000 м и информационную пропускную способность 1 Гбит/с и выше.

Наличие ряда стандартизованных вариантов построения горизонтальной подсистемы СКС существенно расширяет возможности адаптации к конкретным местным условиям. Это дает возможность получения оптимального по критерию технико-экономической эффективности решения для основной массы офисных помещений как в зданиях старой постройки, так и в специально спроектированных бизнес-центрах.

Заложенная в стандарты функциональная гибкость позволяет при необходимости легко расширить область применения СКС за пределы офисных зданий и создавать кабельные системы как на производстве, так и в бытовом секторе.

Достигнутый технический уровень элементной базы и обеспечиваемое обученными специалистами качество проектирования и монтажа позволяет производителю гарантировать безотказную работу смонтированной кабельной системы на протяжении 15 лет и более. В свою очередь, это означает, что правильно установленная СКС работает на протяжении всего времени между двумя капитальными ремонтами офисного здания.

# ГЛАВА II

## ПЕРЕДАЧА СИГНАЛОВ ПО ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ И ОПТИЧЕСКИМ ТРАКТАМ СКС

### 2.1. Передача электрических сигналов по витым парам

#### 2.1.1. Способы передачи информации по витым парам

Существуют два способа передачи сигналов по витым парам: несбалансированная передача (несимметричные цепи) и балансная передача (симметричные цепи). Кабели на основе медных витых пар, применяемые в СКС, позволяют строить как симметричные, так и несимметричные цепи. Все виды ЛВС используют балансную передачу сигналов по витым парам. Несимметричные цепи применяются для построения систем пожарных и охранных сигнализаций и для передачи постоянных питающих напряжений, например от УАТС к телефонам на рабочих местах.

При несбалансированной передаче используется несимметричная цепь, то есть один из проводников заземляется с одной или с двух сторон. Сигналы передаются по остальным проводникам и изменяются относительно земли. По своей природе несимметричные цепи очень чувствительны к внешнему электромагнитному излучению (ЭМИ). Из рис. 2.1 видно, что на входе приемника на сигнальном проводнике присутствует сумма напряжений сигнала  $U_C$  и наводок  $U_H$  от внешнего ЭМИ. Токи наводок на заземляющем проводнике стекают на землю, поэтому на нем  $U_H$  равно нулю. С другой стороны, сигнальный провод является источником излучения электромагнитной энергии во внешнее пространство. Это приводит к значительному затуханию сигнала в процессе его распространения. Некоторое улучшение характеристик несимметричных цепей достигается в случае использования общего заземленного экрана, однако такое решение существенно повышает стоимость и трудоемкость монтажа кабельной системы.



Рис. 2.1. Несимметричная цепь

Еще одним недостатком несимметричных цепей является отсутствие гальванической развязки передатчика и приемника. При неисправностях в системе заземления или в защитной изоляции сетевого оборудования высокое напряжение может попасть как на заземляющий, так и на сигнальный провод, что часто сопровождается выходом из строя приемо-передающих устройств на одном или обоих концах линии связи.

Достоинством несимметричных цепей является то, что для передачи  $N$  сигналов требуется только  $N+1$  проводников ( $N$  сигнальных плюс один общий заземляющий).

Несимметричные цепи применяют для передачи низкочастотных сигналов на короткие расстояния. Широко известным ее примером является интерфейс RS-232 (V.24).

Схема симметричной цепи, в которой используется балансный принцип передачи информации, изображена на рис. 2.2. В симметричных цепях приемник и передатчик гальванически развязаны друг от друга согласующими трансформаторами. Во вторичных обмотках передается только разность потенциалов на первичной обмотке. Из рис. 2.2 видно, что токи наводки в полностью симметричной цепи приводят к противофазному изменению напряжения  $U_n$  на первичной обмотке трансформатора приемника, так что результирующий мешающий сигнал не передается во вторичную обмотку. Поэтому симметричные цепи, в отличие от несимметричных, значительно более устойчивы к внешним мешающим влияниям.

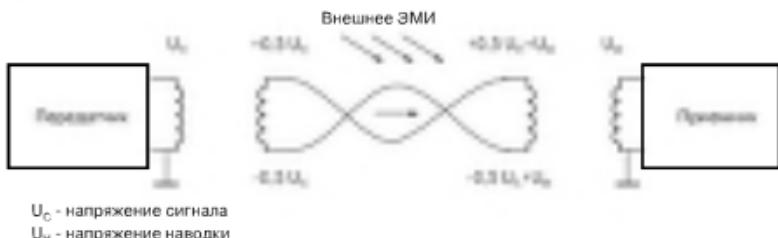


Рис. 2.2. Симметричная цепь

Соответственно ЭМИ проводников имеет равные по величине и противоположные по направлениям векторы электромагнитного поля ввиду противоположного направления токов в них. Поэтому в идеальной симметричной цепи суммарные векторы напряженности излучаемого электромагнитного поля равны нулю и излучаемое ЭМИ отсутствует.

Симметричные цепи позволяют передавать значительно более широкополосные сигналы по сравнению с несимметричными и поэтому широко используются для построения СКС.

Основные недостатки симметричных цепей с балансной передачей – во-первых, необходимость использования для приема и передачи  $N$  сигналов  $2 \times N$  проводников (на каждый сигнал 2 провода) и, во-вторых, невозможность передачи постоянной составляющей сигнала.

## 2.1.2. Первичные электрические параметры витой пары

Витая пара является типичной цепью с распределенными параметрами; она рассматривается на основании эквивалентной схемы, изображенной на рис. 2.3а. В некоторых случаях применяют упрощенную схему (рис. 2.3б), которая позволяет упростить некоторые расчеты

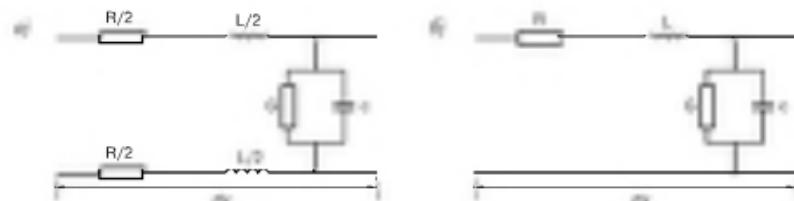


Рис. 2.3. Эквивалентная схема элементарного участка электрического кабеля типа витой пары:  
а) основная; б) упрощенная

при сохранении приемлемой точности анализа. Электрические свойства витой пары, как и любой другой направляющей системы электромагнитных колебаний, полностью характеризуются ее первичными параметрами: сопротивлением  $R$  и индуктивностью  $L$  проводников, а также емкостью  $C$  и проводимостью  $G$  изоляции [29]. Из них параметры  $R$  и  $G$  обуславливают потери энергии: первый – тепловые потери в проводе и экране (при его наличии), второй – потери в изоляции. Параметры  $L$  и  $C$  определяют реактивность витой пары как направляющей системы и, следовательно, ее частотные свойства. Конкретные значения первичных параметров зависят от конструкции кабеля и, в частности, от геометрии отдельных его компонентов, их взаимного расположения, материала проводников, изоляции и внешних покровов и т.д.

### 2.1.2.1. Емкость

Конструктивно витая пара представляет собой два проводника, отделенных друг от друга слоем твердой изоляции и воздушным промежутком. Такая структура может рассматриваться как конденсатор, где роль обкладок играют проводники, а функции диэлектрика выполняют расположенные между ними изоляционный материал и воздух, и обладает заметной емкостью, величина которой линейно возрастает по мере увеличения длины. Электрическая емкость между проводниками витой пары ограничивает ширину полосы пропускания кабеля и приводит к искажениям высокочастотной части спектра передаваемого сигнала.

Величина удельной емкости идеальной витой пары составляет:

$$C = \frac{2\pi \epsilon}{\ln \frac{D}{d}} \cdot \text{мФ/м} \quad (2.1)$$

где  $\epsilon$  – относительная диэлектрическая проницаемость материала изоляции,

$D$  – расстояние между проводниками пары,

$d$  – диаметр проводника.

Емкость не зависит от частоты. Однако из-за особенностей методов ее определения при указании величины емкости часто указывается значение частоты сигнала, на которой проводятся измерения. По стандарту TIA/EIA-568-A для кабелей категории 3 на длине 100 м емкость не должна превышать 6,6 нФ, а для кабелей категорий 4 и 5–5,6 нФ. Некоторые фирмы выпускают кабели с существенно меньшей емкостью, принимая во внимание собственные ТУ. Так, например, кабели типов 8606 и 8312 американской компании Quabbin на длине 100 м имеют значение емкости 3,81 и 3,90 нФ соответственно.

Кроме того, применение экрана увеличивает емкость витой пары примерно на 30% [30].

### 2.1.2.2. Активное сопротивление

Активное сопротивление зависит от материала провода, его длины и сечения, а также от температуры. Проводники витых пар, применяемых в СКС, изготавливаются из меди, обладающей низким удельным сопротивлением. Чем меньше сечение провода, чем больше его

длина и чем выше температура, тем выше активное сопротивление и соответственно затухание витой пары. Согласно требованиям стандарта TIA/EIA-568-А при температуре 20 °C сопротивление постоянному току любого проводника витой пары длиной 100 м не должно превышать 9,38 Ом. Для упрощения процесса экспериментального определения величины сопротивления в технике СКС его обычно измеряют «по шлейфу», то есть с одного конца при замкнутом накоротко дальнем конце витой пары.

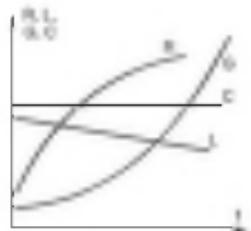


Рис. 2.4. Частотная зависимость первичных параметров симметричного электрического кабеля

С увеличением частоты сигнала активное сопротивление провода возрастает. Это объясняется, во-первых, вытеснением тока к поверхности проводника (поверхностный эффект) и, во-вторых, тем, что ток протекает в основном по поверхности, обращенной ко второму проводнику (эффект близости). В результате эффективное сечение проводника уменьшается, а сопротивление в конечном итоге, увеличивается.

Количественной мерой уменьшения эффективного сечения проводника является так называемая глубина проникновения, численно равная толщина поверхностного слоя, в котором сосредоточено 90% энергии, переносимой электрическим током. На достаточно высоких частотах изменение глубины проникновения описывается соотношением [2]:

$$\Delta = 2,09 / \sqrt{f}, \text{ мм} \quad (2.2)$$

Частота  $f$  задается в килогерцах.

Величина активного сопротивления  $R$  проводника пропорциональна площади его поперечного сечения. Поэтому из формулы 2.2, в частности, следует, что значение  $R$  по мере роста частоты возрастает пропорционально  $\sqrt{f}$ .

Для минимизации вредного влияния поверхностного эффекта и эффекта близости в горизонтальных и магистральных кабелях проводники витых пар выполняются как монолитный провод, а не в виде нескольких скрученных тонких проводов. Применение проводников из скрученных тонких проводов возможно только в случаях, где в первую очередь требуется высокая гибкость и устойчивость соединительных шнуров к многократным изгибам, а повышенное затухание оказывается не столь сильно из-за небольшой общей длины.

Необходимость учета влияния поверхностного эффекта на величину активного сопротивления кабеля приводит также к тому, что кабели, ориентированные на работу на высоких частотах, всегда имеют проводники большего диаметра с большей площадью поперечного сечения приповерхностного слоя и соответственно меньшим значением увеличения сопротивления по мере роста частоты. Так, например, типовым диаметром проводников кабелей категории 5, работающих на частотах до 100 МГц, является диаметр 0,51–0,52 мм, тогда как у 600-мегагерцевых кабелей диаметр проводника увеличивается примерно до 0,6 мм.

### 2.1.2.3. Индуктивность

Витая пара состоит из двух изолированных проводников, каждый из которых при протекании через него тока накапливает энергию, то есть обладает свойством индуктивности. Индуктивность витой пары содержит ряд составляющих.

*Внешняя индуктивность*  $L_1$  определяется геометрией провода и магнитными свойствами материала проводника. Поскольку медь не является ферромагнитным материалом, эта составляющая зависит также от силы протекающего тока. Из определения внешней индуктивности следует, что она не зависит от частоты.

*Внутренняя индуктивность*  $L_2$  определяется магнитным полем, создаваемым током, протекающим по проводнику. По мере увеличения частоты за счет поверхностного эффекта происходит уменьшение этой составляющей индуктивности.

*Индуктивность оболочки*  $L_3$  проявляется только в экранированных конструкциях за счет значительного влияния металлических экранов на магнитное поле проводника. Эта составляющая имеет заметную частотную зависимость.

Результирующая индуктивность определяется как сумма отдельных составляющих  $L = L_1 + L_2 + L_3$  и по мере увеличения частоты имеет тенденцию к уменьшению.

### 2.1.2.4. Проводимость изоляции

Проводимость изоляции является мерой качества материала и процессов изготовления изоляционных покровов отдельных проводников. Результирующая проводимость изоляции витой пары может быть записана в виде суммы двух составляющих  $G = G_a + G_b$ , где  $G_a$  учитывает токи утечки, связанные с несовершенством диэлектрика, а  $G_b$  – затраты энергии на диэлектрическую поляризацию.

Под *поляризацией* понимается нереориентация связанных диполей, имеющихся в диэлектрике, под действием электромагнитного поля. Переменное электромагнитное поле вызывает вибрацию диполей, которая приводит к повышению температуры диэлектрика. Нагрев диэлектрика, в свою очередь, облегчает вибрацию и повышает проводимость, что сопровождается ростом затухания сигнала.

Особенно много диполей, образованных атомами хлора, содержится в поливинилхлориде, который является типовым изоляционным материалом для кабелей категории 3. В кабелях категории 5 в качестве изоляции обычно применяется полизтилен или тефлон, рассеяние энергии в которых относительно мало. Еще более низкий уровень потерь обеспечивается в случае использования в качестве изолирующих покрытий так называемых всенесенных материалов, в которых за счет многочисленных внутренних воздушных включений резко уменьшается количество диполей.

Проводимость изоляции измеряется в сименсах. Достаточно часто пользуются также параметром сопротивления изоляции, являющимся обратной величиной проводимости  $R_{\text{из}} = 1/G$ . Типовые значения этой величины находятся в диапазоне от сотен мегаом до единиц гигаом.

Напряжение испытательного сигнала в процессе определения проводимости или сопротивления изоляции может достигать нескольких тысяч вольт. Слишком низкое сопротивление изоляции свидетельствует о плохом качестве заделки проводников в контакты розетки или о повреждении кабеля.

## **2.1.3. Вторичные параметры кабелей из витых пар и трактов на их основе**

Вторичные параметры витой пары рассчитываются на основе первичных или определяются экспериментально, что бывает значительно чаще. Вторичные параметры нормируются в технических условиях на витую пару и позволяют простыми средствами выполнить инженерный расчет линий связи, построенных на основе симметричного кабеля, а также оценить ее пригодность для передачи сигналов тех или иных приложений.

### **2.1.3.1. Волновое сопротивление**

Под волновым сопротивлением, или импедансом, в кабельной технике понимается сопротивление, которое встречает электромагнитная волна при распространении вдоль любой однородной (то есть без отражений) направляющей системы, в том числе и витой пары. Оно свойственно данному типу кабеля и зависит только от его первичных параметров и частоты. Волновое сопротивление связано с первичными параметрами следующим простым соотношением:

$$z = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} \quad (2.3)$$

Волновое сопротивление численно равно входному сопротивлению линии бесконечной длины, которая имеет оконечную нагрузку, равную ее собственному волновому сопротивлению. Оно измеряется в омах и определяет количественное соотношение между электрической и магнитной составляющей электромагнитной волны, распространяющейся по данной линии. Анализ формулы 2.3 и рис. 2.3 показывает, что экспериментально волновое сопротивление можно определить методом холостого хода и короткого замыкания в соответствии со следующим соотношением:

$$z = \sqrt{z_h z_c} \quad (2.4)$$

где  $z_h$  и  $z_c$  – сопротивление витой пары при холостом ходе и коротком замыкании на дальнем конце соответственно. Именно такой метод определения волнового сопротивления кабеля рекомендует использовать в процессе измерений российский ГОСТ 27893-88 [31].

В общем случае, как это следует из формулы 2.3, волновое сопротивление является комплексной величиной. Модульное значение этого параметра, равное на звуковых частотах примерно 600 Ом, падает по мере роста частоты, а на высоких частотах (для современных конструкций это частоты свыше 1 МГц) стремится к фиксированному активному сопротивлению:

$$z_a = \lim_{\omega \rightarrow \infty} \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (2.5)$$

В соответствии с действующими редакциями стандартов на частотах выше 1 МГц и вплоть до верхней граничной частоты конкретного кабеля с волновым сопротивлением 100 Ом оно не должно отличаться от номинального значения более чем на  $\pm 15$  Ом. Отклонения, выходящие за указанные граничные значения, свидетельствуют о некачественной заделке проводников в контакты разъема. Другой возможной причиной изменения волнового сопротивления являются чрезмерные механические нагрузки во время прокладки (давление, изгиб, растяжение, перекручивание).

### 2.1.3.2. Затухание

При распространении электромагнитного сигнала по витой паре он постепенно теряет свою энергию. Этот эффект называется ослаблением или затуханием (attenuation, insertion loss). Затухание принято оценивать в децибелах как разность между уровнями сигналов на выходе передатчика и входе приемника. 1 дБ соответствует изменению мощности в 1,26 раза или напряжения в 1,12 раза. Более подробно эта единица измерений рассмотрена в разделе 14.2.

В кабельной технике различают собственное и рабочее затухание кабеля. Под *собственным затуханием* кабеля понимается его затухание при работе в идеальных условиях. Под идеальными условиями в данном случае подразумевается строгое равенство выходного сопротивления источника сигнала и сопротивления нагрузки волновому сопротивлению кабеля во всем рабочем диапазоне частот. В общем виде величину собственного затухания теоретически можно определить как реальную часть так называемого коэффициента распространения  $\gamma$ , который связан с первичными параметрами следующим соотношением:

$$\gamma = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)} \quad (2.6)$$

Экспериментально собственное затухание кабеля можно найти на основании его определения как разности уровней входного и выходного сигналов в том случае, если сопротивление источника сигнала и нагрузки равны между собой и волновому сопротивлению кабеля. В процессе реальной эксплуатации это условие выполняется не во всех случаях, что обычно сопровождается увеличением затухания. Такое затухание называется *рабочим*. Из изложенного следует важный практический вывод о том, что для минимизации рабочего затухания и его приближения к собственному сопротивлению источника сигнала и нагрузки должны быть равны волновому сопротивлению. В соответствии с терминологией электротехники это положение означает, что должна быть обеспечена согласованная нагрузка как источника сигнала, так и самого кабеля. Выполнению данного условия существенно помогает наличие обсуждавшихся выше достаточно жестких норм на допустимые отклонения волнового сопротивления от номинального значения во всем рабочем частотном диапазоне витой пары, а также прямой запрет стандартов СКС на использование в составе одного тракта элементов с различным волновым сопротивлением.

Из формулы 2.6 следует, что затухание является частотнозависимой величиной и как все входящие в него параметры зависит от длины. Результаты анализа формулы 2.6 показывают, что затухание, выраженное в децибелах, связано с длиной витой пары линейной зависимостью на всех частотах. Для упрощения инженерных расчетов удобно пользоваться параметром коэффициента затухания, или погонного затухания,  $\alpha$ , который численно равен затуханию кабеля фиксированной длины (применительно к кабелю типа витой пары, применяемому в СКС, это обычно 100 м, в технике связи чаще используется затухание кабеля километровой длины – отсюда термин «километрическое затухание»). Величины коэффициента затухания  $\alpha$ , длины  $L$  и затухания  $A$  связаны между собой следующим соотношением:

$$A [\text{дБ}] = \alpha [\text{дБ}/100 \text{ м}] \times L [\text{м}]/100 \quad (2.7)$$

Чем меньше величина затухания, тем более мощным является сигнал на входе приемника, и тем устойчивее при прочих равных условиях оказывается связь. Затухание вызывается в первую очередь активным сопротивлением и потерями в диэлектрической изоляции. Определенным образом на затухание также влияют излучение электромагнитной энергии и отражения.

Любой проводник, по которому течет переменный ток, является источником излучения в окружающее пространство. Оно отбирает у сигнала энергию и ведет к возрастанию затухания сигнала. Это явление резко возрастает с увеличением частоты сигнала. При  $\lambda < a$ , где  $\lambda$  – длина волны электромагнитного сигнала,  $a$  – расстояние между проводами, большая часть энергии идет на излучение в окружающее пространство, и передача в неэкранированной направляющей системе становится невозможной. Для стандартной витой пары величина параметра  $a$  имеет значения порядка 2 мм, то есть критическая частота для нее будет равна 15 ГГц, что примерно на два порядка превышает верхнюю рабочую частоту типичных на сегодняшний день неэкранированных симметричных кабелей (~150 МГц). С ростом частоты потери на электромагнитное излучение возрастают. Для минимизации потерь на излучение применяют балансную передачу и скрутку проводников в пары.

Как было отмечено выше, в идеальной симметричной цепи электромагнитное излучение отсутствует. На практике таких идеальных симметричных цепей не существует: кроме наличия неизбежных производственных допусков и других неточностей изготовления, в такой цепи проводники должны бесконечно плотно прилегать друг к другу и в пределе быть стянутыми в бесконечно тонкую линию, суммарный протекающий ток через которую равен нулю. Проводники с меньшим диаметром и более тонкой изоляцией плотнее прилегают друг к другу. Однако чрезмерное уменьшение сечения проводника и утоньшение изоляции недопустимо, так как ведет к повышению затухания за счет роста активного сопротивления и увеличения проводимости изолирующих покровов.

Из эквивалентной схемы (рис. 2.3) можно сделать вывод о том, что затухание с ростом частоты имеет тенденцию к росту. Это обусловлено как ростом сопротивления продольной ветви за счет элемента  $L$  и возрастания активного сопротивления  $R$ , обусловленного явлением поверхностного эффекта и эффекта близости, так и падением сопротивления поперечной ветви, которое обусловлено главным образом наличием емкости (элемент  $C$ ). По стандарту TIA/EIA-568-А на длине 100 м и при температуре 20 °C частотная характеристика  $A(f)$  максимально допустимого затухания, начиная с 0,772 МГц, для кабелей категорий 3, 4 и 5 определяется следующим образом:

$$A(f) = k_1 \sqrt{f} + k_2 f + k_3 / \sqrt{f}, \text{ дБ} \quad (2.8)$$

где  $A$ , дБ – максимально допустимое затухание;

$f$ , МГц – частота сигнала;

$k_1$ ,  $k_2$  и  $k_3$  – константы, определяемые в зависимости от категории кабеля по табл. 2.1.

Таблица 2.1. Константы для формулы 2.8

Категория кабеля	$k_1$	$k_2$	$k_3$
3	2,320	0,238	0,000
4	2,050	0,043	0,057
5	1,967	0,023	0,050

Анализ формулы 2.8 показывает, что в области высоких частот величина затухания кабеля определяется в основном первым слагаемым и меняется примерно пропорционально квадратному корню из частоты. В соответствии с этим крутизна частотной характеристики затухания кабеля соответствует примерно 5–15 дБ на декаду в зависимости от частотного

диапазона, причем значение 15 дБ на декаду для кабеля категории 5 соответствует частотам 10 МГц и выше.

Кроме аналитического задания величины затухания стандарт TIA/EIA-568-A определяет этот параметр также в табличной форме с расширением нормируемых значений в область низких частот. Это бывает полезным при выполнении инженерных расчетов трактов связи, предназначенных для поддержки работы некоторых низкоскоростных приложений, а также позволяет сразу же получить необходимую информацию без выполнения вычислений.

В отличие от американского стандарта основным видом задания предельно допустимой величины затухания кабеля различных категорий в международном стандарте ISO/IEC 11801 является табличная форма. Для определения затухания на промежуточных частотах рекомендуется применять линейную интерполяцию по полулогарифмической шкале.

На рис. 2.5 показаны частотные зависимости предельно допустимых затуханий кабелей различных категорий, вычисленные по формуле 2.8.

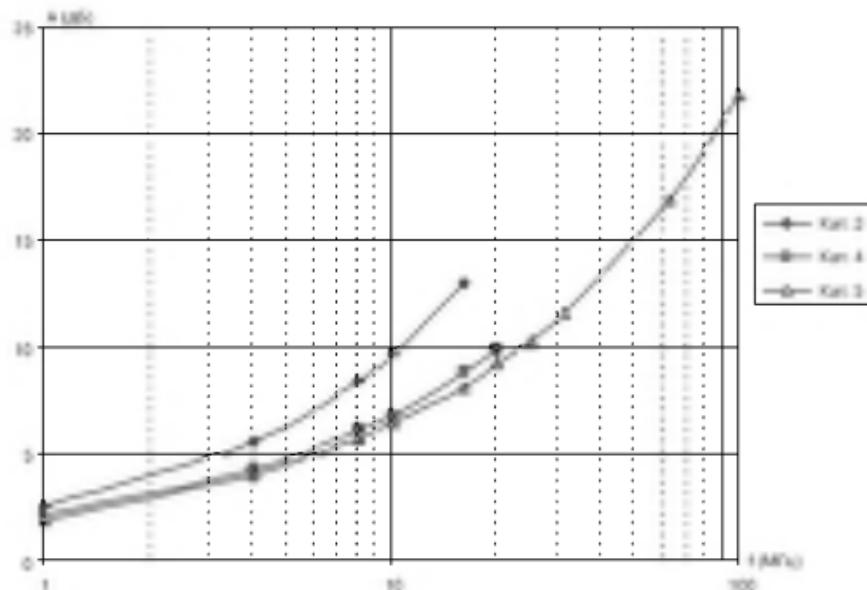


Рис. 2.5. Максимально допустимое затухание для кабелей категорий 3, 4 и 5 с волновым сопротивлением 100 Ом на длине 100 м и при  $T = 20^{\circ}\text{C}$  по стандарту TIA/EIA-568-A

Аппроксимация по формуле 2.8 оказалась очень удачной и достаточно часто используется многими производителями кабельной продукции для описания характеристик своих изделий. При этом ими принимаются свои значения коэффициентов  $k_1 - k_3$ , а область действия распространяется на частоты до 400 и даже 550 МГц [32].

### 2.1.3.3. Переходное затухание

При передаче сигнала часть его энергии вследствие неидеальности балансировки витой пары переходит в электромагнитное излучение, которое вызывает наведенные токи в соседних парах. Этот эффект называется переходными наводками. Наводки, накладываясь на полезные сигналы, передаваемые по соседним парам, играют роль помех, при значительном уровне могут приводить к ошибкам приема и в конечном итоге снижать качество связи.

Разность между уровнями передаваемого сигнала и создаваемой им помехи на соседней паре называется *переходным затуханием*. В зависимости от места и метода измерения этого параметра переходное затухание имеет несколько разновидностей. Сначала рассмотрим разновидности переходного затухания в зависимости от места его измерения. Если источник сигнала и точка измерения находятся на одном конце, то говорят о переходном затухании на ближнем конце, если на разных – то о переходном затухании на дальнем конце (рис. 2.6). В технике СКС первый вариант традиционно имеет заимствованное из англоязычной технической литературы обозначение NEXT (Near End Crosstalk), а второй – FEXT (Far End Crosstalk)<sup>1</sup>. В отечественной технической литературе, посвященной кабелям городской, зоновой и междугородний связи, аналогичные параметры обозначаются соответственно  $\Delta_{\text{б}}$  и  $\Delta_{\text{д}}$ .

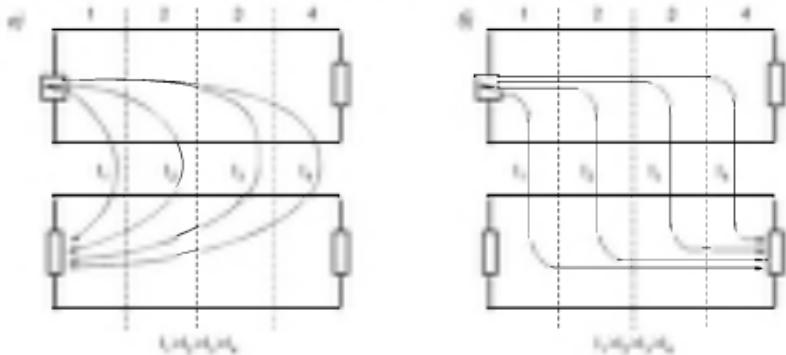


Рис. 2.6. Переходные наводки на ближнем [a] и на дальнем [b] концах соседней пары;  
I – токи наводок, создаваемые различными участками влияющей витой пары во влияемой

Чем выше значения NEXT и FEXT, тем меньший уровень имеет наводка в соседних парах, и, следовательно, тем более качественным является кабель. С практической точки зрения представляет интерес частотная зависимость переходного затухания на ближнем и дальнем концах, а также зависимость этих параметров от длины линии.

Влияющая пара и пара, подверженная влиянию, проложены параллельно друг другу под общей защитной оболочкой. За счет этого их проводники могут рассматриваться как обкладки конденсатора. Это означает, что с ростом частоты переходное затухание падает. Стандарт TIA/EIA-568-A нормирует минимальные значения переходного затухания на ближнем конце при длине кабеля 100 м. Для определения минимально допустимого параметра NEXT на частотах, превышающих 0,772 МГц, используется следующее аппроксимирующее выражение:

<sup>1</sup> Буква X в этом обозначении напоминает то же самое, что издавна вытворялось в английских школах: «Хэллоуин».

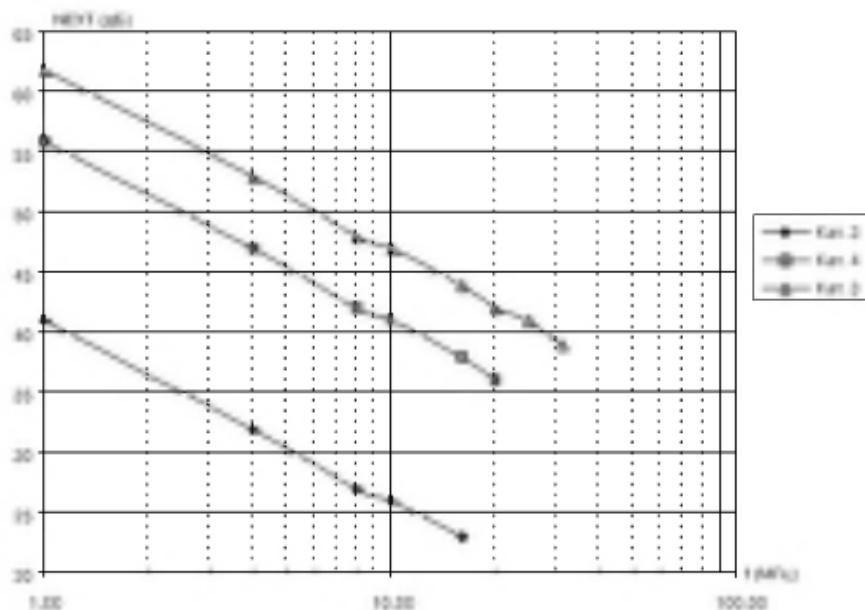


Рис. 2.7. Минимально допустимые значения NEXT для кабелей категорий 3, 4 и 5 на длине 100 м по стандарту TIA/EIA-568-A

$$\text{NEXT}(f) = \text{NEXT}(0,772) - 15 \lg(f/0,772) \quad (2.9)$$

где  $\text{NEXT}(0,772)$  – минимально допустимое переходное затухание на ближнем конце на частоте 0,772 МГц, которое для кабелей категорий 3, 4 и 5 принимается равным 43, 58 и 64 дБ соответственно;  
 $f$ , МГц – частота сигнала.

Из формулы 2.9 следует, что крутизна изменения минимально допустимой величины NEXT постоянна во всем частотном диапазоне и равна 15 дБ на декаду.

В процессе выполнения расчетов для определения параметра NEXT на промежуточных частотах рекомендуется применять линейную интерполяцию по логарифмической шкале.

Сразу же отметим, что указываемая в стандарте [33] и некоторых других публикациях, например в [34], размерность величины переходного затухания на ближнем конце в дБ/100 м должна трактоваться как величина переходного затухания, измеряемая на длине кабеля 100 м. Какие-либо пересчеты на меньшую длину при этом недопустимы. То есть, если, например, на длине 100 м  $\text{NEXT} = 40$  дБ, то и при длине 50 м параметр NEXT будет составлять те же 40 дБ.

Дополнительно стандарт фиксирует минимально допустимое значения NEXT на частотах менее 0,772 МГц, что бывает необходимо для некоторых приложений. Нормируемые значения в этом случае представляются в табличной форме.

Результаты расчетов по формуле 2.9 приведены на рис. 2.7. Суммирование отдельных составляющих одной частоты переходной помехи на ближнем конце происходит с различными фазами (по напряжению). Поэтому реальный график частотной зависимости

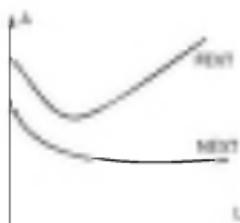


Рис. 2.8

**Зависимость переходного затухания на ближнем и дальнем концах от длины линии**

величины NEXT имеет вид шумообразной кривой с резкими перепадами величин переходного затухания на близких частотах. Стандарты нормируют только минимальную величину параметра NEXT. Кабель считается соответствующим требованиям стандарта, если во всем рабочем частотном диапазоне реальная величина NEXT не падает ниже определенного нормами значения.

Типовая зависимость переходного затухания на ближнем и дальнем концах от длины линии показана на рис. 2.8.

Переходное затухание на ближнем конце с увеличением длины линии сначала несколько уменьшается, а затем стабилизируется. Качественное объяснение этого эффекта состоит в том, что начиная с определенной длины линии токи помех с отдаленных участков (например, участки 3 и 4 на рис. 2.6) приходят на ближний конец настолько ослабленными, что практически не увеличивают взаимного влияния между цепями, и величина NEXT остается постоянной. К этому выводу можно прийти также аналитически. В [35] показано, что анализируемая зависимость описывается формулой:

$$\text{NEXT} = \text{NEXT}(l_0) + 10 \lg \frac{1 - \exp(-4\alpha l)}{1 - \exp(-4\alpha l_0)},$$

где  $\alpha$  — коэффициент затухания;

$\text{NEXT}(l_0)$  — переходное затухание при длине линии  $l_0$ ;

$l$  — расстояние от конца участка  $l_0$ .

Из сказанного выше следует, что значения NEXT для двух концов одной пары могут существенно различаться между собой, поэтому все стандарты требуют его измерения с обеих сторон.

Для улучшения параметров переходного затухания в симметричных кабелях применяют различный шаг скрутки витых пар. Кроме ослабления электромагнитной связи отдельных пар такое решение не позволяет им плотно прилегать друг к другу на всей длине, что дополнительно увеличивает переходное затухание.

Теперь перейдем к рассмотрению видов переходных затуханий в зависимости от метода их измерения.

Известно, что сетевое оборудование различного назначения по-разному использует симметричный кабель как среду передачи. Поэтому в зависимости от приложения и метода использования кабеля нормирование величины переходных помех или, что эквивалентно, переходного затухания, выполняется различным образом.

Наиболее популярными ЛВС по состоянию на середину 90-х годов являлись сети Ethernet в вариантах 10Base-T и 100Base-TX. При использовании полнодуплексного режима передатчик и приемник этой аппаратуры работают одновременно каждый по своей витой паре одного кабеля. Этот случай в схематическом виде изображен на рис. 2.9. При этом ослабленный после прохождения по витой паре информационный сигнал подвергается



Рис. 2.9  
К определению NEXT

воздействию на входе приемника мощной переходной помехи, создаваемой работающим на этом же конце передатчиком. Поэтому достаточно нормировать следующий параметр:

$$\text{NEXT} = P_c - \max P_{\text{им}} ,$$

где  $P_c$  – уровень сигнала;

$P_{\text{им}}$  – уровень создаваемой им на ближнем конце переходной помехи.

Величина  $\max P_{\text{им}}$  берется для наихудшего случая, так как неизвестно заранее, какие две пары будут использоваться сетевым оборудованием для организации информационного обмена.

К концу 90-х годов для техники СКС понадобилось введение моделей, в большей степени соответствующих реальным схемам использования ресурсов кабельных трактов перспективными видами аппаратуры. Это было обусловлено двумя факторами. Во-первых, при построении сетевого оборудования четко обозначилась тенденция использования им для передачи информации в полнодуплексном режиме одновременно нескольких пар. Во-вторых, сигналы нескольких приложений все чаще передаются одновременно и некоррелированно друг с другом в одном многошарнирном кабеле. В данной ситуации нормирование только параметра NEXT оказывается недостаточным, так как на приемник в момент поступления на него полезной информации воздействуют помехи из нескольких источников одновременно. Для учета этого обстоятельства используется более сложная расчетная схема, которая нормирует переходное затухание по модели так называемой суммарной мощности (power sum), или суммарное переходное затухание на ближнем конце:

$$\text{PS-NEXT} = 10 \lg \sum_{i=1}^{n-1} \frac{-\text{NEXT}_i}{10} ,$$

где  $\text{NEXT}_i$  – величина NEXT для  $i$ -й пары;

$n$  – количество пар в кабеле.

Для четырехпарного кабеля расчетная схема предстает в виде, изображенном на рис. 2.10 (помехи от всех пар воздействуют на одну).



Рис. 2.10  
К определению PS-NEXT

Отметим, что из-за некоррелированного характера информации, одновременно передаваемой по различным парам, при определении величины PS-NEXT, как, впрочем, и других «суммарных» параметров, принимается суммирование отдельных помеховых составляющих по мощности.

В отличие от параметра NEXT величина PS-NEXT в процессе тестирования современными измерительными приборами не измеряется непосредственно, а рассчитывается по измеренным NEXT<sub>i</sub> отдельных пар.

Из-за неодинакового расстояния между парами, различного шага скрутки и т. д. разность между величинами NEXT и PS-NEXT конструкций специальной разработки оказывается равной примерно 2 дБ, а не 4,8 дБ. Для оценки в первом приближении величины PS-NEXT, если она не приводится в паспортных данных кабеля, можно пользоваться эмпирическим соотношением:

**PS-NEXT – NEXT = 3 дБ.**

При использовании одновременной передачи и приема информации по всем четырем парам дополнительно к переходным помехам на ближнем конце необходимо учитывать также помехи на дальнем конце (рис. 2.11). Этот учет осуществляется нормированием величины переходного затухания на дальнем конце:

$$\text{FEXT} = P_c - \max P_{\text{mid}},$$

где  $P_{\text{mid}}$  – уровень переходной помехи на дальнем конце.

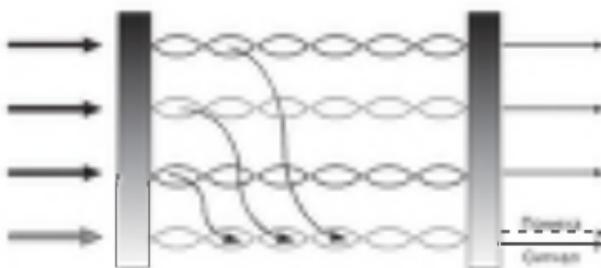


Рис. 2.11  
К определению PS-FEXT

Частотная зависимость параметра FEXT действующими редакциями стандартов не нормируется. Укажем только, что по мере роста частоты величина переходного затухания на дальнем конце уменьшается.

График зависимости переходного затухания на дальнем конце от длины линии носит экстремальный характер. Вначале, пока длина линии мала, возрастание ее протяженности увеличивает мощность помехи. По мере увеличения длины начинает проявляться рост затухания помеховых составляющих, и FEXT монотонно возрастает.

Аналогично переходной помехе на ближнем конце может нормироваться также значение суммарной переходной помехи на дальнем конце:

$$\text{PS-FEXT} = 10 \lg \sum 10^{-\frac{\text{FEXT}}{10}}$$

Отметим, что переходная помеха на дальнем конце оказывается обычно меньшей по сравнению с переходной помехой на ближнем конце. Однако в отличие от помех на ближнем конце эти помеховые составляющие достаточно часто суммируются синфазно или с небольшой разностью фаз, что может дополнительно увеличить их мощность [36].

Кроме рассмотренных выше составляющих переходных помех, на практике иногда описываются и нормируются дополнительные их разновидности. Некоторые производители начинают нормировать так называемую глобальную переходную помеху GXT (global cross-talk) [37], которая равна сумме наведенных переходных помех на обоих концах кабеля.

Горизонтальные кабели часто прокладываются вместе по одной кабельной трассе, где они лежат очень плотно и параллельно друг другу на большой длине. В этой ситуации

может возникнуть необходимость контролировать стороннее или межкабельное переходное затухание [38], являющееся количественной мерой воздействия всех окружающих кабелей на один. Аналогично внутrikабельному переходному затуханию в данном случае различают переходное затухание на ближнем (Alien NEXT) и дальнем (Alien FEXT) концах [39]. Из механизма возникновения такой помехи становится ясным, что наибольшую долю мощности межкабельной помехи в конкретно взятой паре вносят пары такого же цвета других кабелей из-за одинакового шага скрутки. Не исключено, что из-за особенностей механизмов возникновения помехи данного вида их уровень на дальнем конце кабеля может существенно превышать уровень на ближнем конце.

Проведенные экспериментальные исследования показывают, что необходимость учета переходных помех, создаваемых соседними кабелями, возникает только на частотах свыше 100 МГц, то есть в трактах категории 6, реализованных на неэкранированных кабелях.

По состоянию на середину 2000 года стандартом TIA/EIA-568-А нормируются только величины NEXT и PS-NEXT (последнее значение приводится для многоармовых и комбинированных кабелей). Величины PS-NEXT и параметры переходных влияний на дальнем конце нормируются стандартом ISO/IEC 11801 в редакции 2000 года.

#### **2.1.3.4. Защищенность**

Для оценки качества передачи информации в технике проводной связи широко используется параметр защищенности от помех или просто защищенности, который представляет собой разность между уровнями полезного сигнала и помехи в рассматриваемой точке [29]. Для расчетной модели (рис. 2.9) уровень сигнала составляет  $P_s = P_{sig} - A$ , где  $P_{sig}$  – уровень сигнала на выходе передатчика, а уровень переходной помехи равен  $P_m = P_{sig} - \text{NEXT}$ . Согласно определению защищенность будет равна:

$$\text{ACR} = \text{NEXT} - A \quad (2.10)$$

то есть зависит только от величин затухания и переходного затухания (рис. 2.13). Строго говоря, в данном случае нужно говорить о «защищенности от переходной помехи». Однако тракты СКС и использующие их приемопередатчики сетевой аппаратуры различного назначения построены таким образом, что другие виды помех оказывают пренебрежимо малыми. Поэтому оперируют понятием *защищенности*, а использование аббревиатуры ACR (Attenuation to Crosstalk Ratio) свидетельствует о том, что под этим понимается защищенность от переходных помех.

Параметр ACR определяет величину превышения помехи полезным сигналом и поэтому является интегральной характеристикой качества как самого кабеля из витых пар, так и любого тракта передачи сигналов на его основе. По мере увеличения величины ACR при прочих равных условиях начинает возрастать отношение сигнал/шум, и соответственно растет устойчивость связи. Из-за того, что NEXT и A зависят от частоты, причем с ростом частоты их модули меняются в противоположном направлении, то на основании формулы 2.10 параметр ACR также является частотнозависимым. Кругизна частотной характеристики параметра ACR для кабелей категории 5 составляет 20–30 дБ на декаду, причем конкретное значение этого параметра определяется частотной характеристикой затухания. Стандарт ISO/IEC 11801 в редакции 1995 года отдельно регламентирует минимально допустимые значения ACR для кабелей категории 5 на частотах 20 МГц и выше. TIA/EIA-568-А специально не оговаривает предельных значений ACR на разных частотах, однако они могут быть вычислены по формуле 2.10. Результаты расчетов для кабелей категорий 3, 4 и 5 на длине 100 м представлены на рис. 2.12. Из рисунка следует, что в худшем случае

сигнал на входе приемника должен превышать шумы наводок от соседней пары не менее чем на 10 дБ, что эквивалентно отношению сигнал/шум в 3,16 раза по напряжению или в 10 раз по мощности.

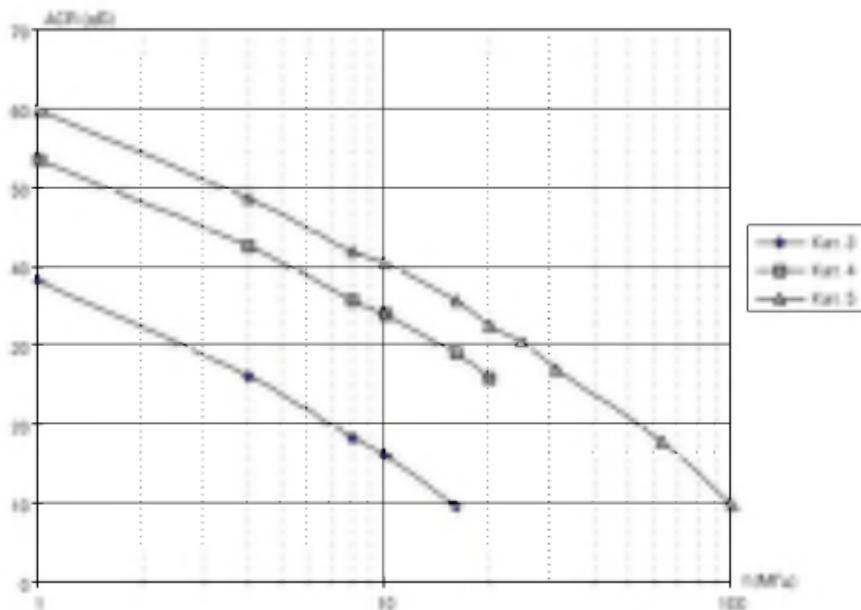


Рис. 2.12. Расчетные значения минимально допустимых величин ACR по данным стандарта TIA/EIA-568-А для кабелей категорий 3, 4 и 5 на длине 100 м

Введение параметра ACR позволяет конкретизировать понятие верхней граничной частоты как любого компонента электрического тракта передачи, так и самого тракта целиком. Согласно классическому определению под этим параметром понимается частота синусоидального сигнала, на которой коэффициент передачи, равный 1,0 на низких частотах, становится равным 0,707. Вспомним, однако, что основным видом помех в электрических трактах СКС являются переходные наводки, а собственные шумы приемника являются пренебрежимо малыми (иногда даже говорят, что приемник работает в режиме ограничения переходной помехой). Следовательно, в качестве меры верхней граничной частоты удобно принять то ее значение, на которой величина защищенности от переходной помехи (то есть параметр ACR) становится равной заранее заданному значению. Иначе говоря, наличие значительных резервов по защищенности от собственной помехи, характерных для электрических трактов СКС, позволяет за счет применения известных в радиотехнике и технике связи приемов существенно расширить полосу пропускания по сравнению с теми значениями, которые следуют из классического определения. На практике под этими приемами понимается предыскажение (см. уменьшение усиления на нижних частотах) и коррекция (увеличение усиления на верхних частотах); см. также раздел 2.3.3.

По определению считается, что кабель (как, впрочем, разъем, шнур и весь тракт целиком) обеспечивает в лучшем случае устойчивую полнодуплексную работу любого приложения с такой верхней граничной частотой, на которой параметр ACR составляет 10 дБ<sup>1</sup>. Это положение отдельно выделено на рис. 2.13. Исключением из данного правила являются кабели категории 4, у которых на частоте 20 МГц величина ACR равна 26 дБ. При этом верхнюю граничную частоту приложения не следует путать с максимальной частотой кабеля, на которой изготовитель сертифицирует его параметры, так как зачастую на ней значения ACR получаются отрицательными (особенно ярко это проявляется для незкранированных конструкций с относительно невысоким NEXT). Необходимость сертификации параметров кабеля на этих частотах возникает для оценки возможности его использования для полудуплексной или односторонней (симплексной) передачи каких-либо сигналов, например, телевизионных, когда понятие переходной помехи и, соответственно, защищенности от нее элементарно теряет свой смысл.

В случае высокоскоростных приложений, которые в процессе работы используют для передачи информации все витые пары и одновременно в двух направлениях, нормирование только величины ACR оказывается недостаточным. Для расчета помеховой составляющей, создаваемой наводками на дальнем конце, используется аналогичная ACR величина:

$$\text{ELFEXT} = \text{FEXT} - A \quad (2.11)$$

Применяемое для обозначения этого параметра сокращение ELFEXT означает (Equal Level for Far End Crosstalk – эквивалентный уровень переходного затухания на дальнем конце).

Необходимость учета особенностей функционирования интерфейсов сверхвысокоскоростных ЛВС приводит к использованию моделей суммарной мощности и соответственно нормировки параметров:

$$\text{PS-ACR} = \text{PS-NEXT} - A,$$

$$\text{PS-ELFEXT} = \text{PS-FEXT} - A.$$

Рассмотренные выше параметры удобно определять с помощью графа, который в схематическом виде показывает две расположенные рядом друг с другом витые пары (рис. 2.14).

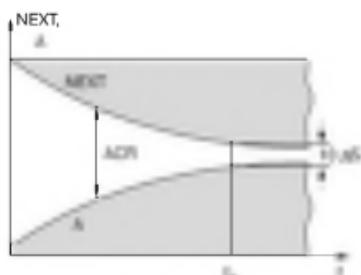


Рис. 2.12. Копрекурсивные параметры излучения

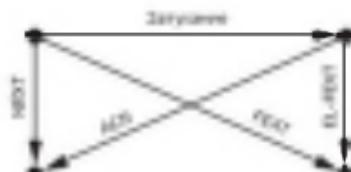


Рис. 2.14. Копрекурсивные параметры излучения

<sup>1</sup> За этот временной интервал не считаются обратные помехи, возникшие с помощью специальных генераторов, поскольку приложения работают в реальном частотном диапазоне в области частот, где параметр ACR становится отрицательным.

Генератор, создающий испытательный сигнал, располагается в левом верхнем углу данной структуры, обозначающем ближний конец влияющей пары. При определении какого-либо параметра из уровня сигнала, который имеется в точке начала стрелки, вычитается уровень сигнала в точке ее остряя.

Требования к величинам этих параметров, которые предполагается ввести в новые редакции стандартов СКС, приведены в табл. 2.10.

### **2.1.3.5. Относительная скорость распространения сигналов (параметр NVP) и задержка прохождения сигналов (параметр Delay)**

Параметр NVP (Nominal Velocity of Propagation) является мерой замедления скорости распространения электромагнитной волны вдоль витой пары. Он численно равен отношению фактической скорости распространения к скорости света в вакууме и выражается в процентах или в виде десятичной дроби. В последнем случае иногда добавляется индекс «с», то есть 65%, 0,65 или 0,65 с. Достаточно редко для его обозначения применяется также сокращение VOP (Velocity of Propagation). Необходимость его учета связана с тем, что конечная скорость распространения приводит к появлению довольно значительной задержки прохождения сигналов, что может оказаться критичным для некоторых приложений, например для сетей Fast Ethernet.

Нормативно-технические документы СКС задают только общие требования к величине NVP (табл. 2.2). Порядок измерения этого параметра впервые конкретно определен только в стандарте ISO/IEC 11801 в редакции 2000 года.

*Таблица 2.2. Параметр NVP для витых пар категорий 3, 4 и 5*

Частота, МГц	NVP		
	Кот. 3	Кот. 4	Кот. 5
1,00	0,4	0,6	0,65
10,00	0,6	0,6	0,65
100,00	—	—	0,65

Величина NVP витой пары в общем случае зависит от диаметра проводников, расстояния между ними и типа диэлектрика. Для кабелей, применяемых в СКС, определяющим фактором является материал изоляции. Диаметр проводников и толщина изоляционного покрова достаточно жестко заданы стандартами, а для получения необходимого уровня NEXT проводники плотно свиты друг с другом. Так, например, для проводников с полизитиленовой изоляцией на частотах выше 10 МГц параметр NVP составляет 0,65–0,7, с изоляцией из телефона – 0,69–0,73, а применение поливинилхлоридных материалов, характерных для кабелей категории 3, уменьшает его значение до 0,60–0,64. Как и большинство первичных и вторичных параметров витой пары NVP имеет определенную зависимость от частоты (см. табл. 2.2). При типичном значении NVP в диапазоне 60–75% для сегмента в 100 м время прохождения сигнала составляет 370–550 нс. Значение NVP меняется в зависимости от состояния изоляции жил кабеля и температуры окружающей среды не более чем на 3% от nominalного значения.

Конечная скорость распространения электромагнитной волны по витой паре вызывает также задержку поступления сигнала на приемник после его подачи на вход линии. Для современных высокоскоростных сетевых интерфейсов абсолютная величина такой задержки оказывается достаточно заметной даже при тех относительно коротких трассах, которые

характерны для горизонтальной подсистемы СКС. Величина задержки (параметр *delay*) является критичной для некоторых приложений, активные устройства которых используют кабельные трассы как моноканал в процессе реализации информационного обмена. Наиболее характерным примером таких приложений являются все разновидности Ethernet при работе в полудуплексном режиме. Значение задержки прямо связано со значением параметра NVP, является частотнозависимой величиной и согласно стандарту ISO/IEC 11801 в редакции 2000 года не должна превышать

$$\text{delay} = 534 + 36/\sqrt{f}, \text{ нс}/100 \text{ м}$$

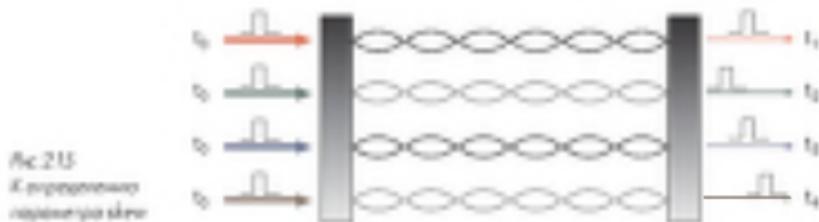
в диапазоне частот от 1 МГц до верхней граничной частоты кабеля, причем *f* в этом соотношении задается в мегагерцах.

В отличие от этого американский стандарт TIA/EIA-568-A только устанавливает, что параметр *delay* любой пары не должен превышать 5,7 нс/м на частоте 10 МГц.

### **2.1.3.6. Разброс задержек прохождения сигналов по витым парам (параметр *Skew*)**

В кабелях, содержащих несколько витых пар, каждая из них будет характеризоваться индивидуальным временем прохождения сигнала от передатчика к приемнику (рис. 2.15). Разброс во времени прохождения вызывается двумя основными причинами:

- разбросом скоростей распространения электромагнитной волны по витым парам, что, как это было указано в разделе 2.1.3, наиболее сильно проявляется в случае использования различных материалов изоляционных покровов;
- разностью электрических длин витых пар, обусловленной различным шагом скрутки.



Максимальная разность задержек прохождения между всеми парами обозначается параметром *skew*<sup>1</sup>. Математически его определение может быть выражено следующим образом:

$$\text{skew} = \max_{1 \leq i \leq n} |t_i - t_j|,$$

где *n* – количество пар в тестируемом кабеле (в подавляющем большинстве случаев *n* = 4); *t<sub>i</sub>* – момент прихода импульсов на дальний конец витых пар при условии одновременной подачи зондирующих сигналов на все пары.

Полезность нормировки значений *skew* объясняется, главным образом, следующим.

<sup>1</sup> Важнейшими отличительными особенностями витых пар являются очень высокие помехоустойчивые характеристики и низкая стоимость.

Во-первых, оборудование некоторых высокоскоростных локальных сетей, таких как 100VG-AnyLAN, 100Base-T4 и 1000Base-T использует для передачи сигналов все четыре пары одновременно. На передающей стороне сигнал распределяется по четырем парам, а на приемной онять собирается в исходный вид. Нормальное функционирование такой схемы передачи информации возможно только в том случае, если сигналы по всем четырем парам достигают приемника одновременно или, по крайней мере, с не очень большим разбросом. При нарушении этого условия возможен сбой синхронизации, в результате которого восстановление исходного сигнала на приемной стороне станет невозможным. Например, для сетей 100Base-T4 значение параметра skew не должно превышать 50 нс на любой длине сегмента вплоть до максимальной.

Во-вторых, принцип действия портативных кабельных сканеров при измерении длины кабельных сегментов основан на измерении времени задержки между посылкой короткого зондирующего импульса и приходом отраженного сигнала. При наличии этой информации и известной скорости распространения электромагнитных волн по кабелю можно вычислить его длину. Если скорости распространения по парам будут различны, то сканер будет выдавать разные значения длины кабеля по разным витым парам.

Опыт показывает, что при изготовлении всех пар из одинаковых материалов, но одной и той же технологии и в едином технологическом цикле разброс задержек распространения по ним сигналов будет весьма мал (как правило, менее 10 нс). В середине 90-х годов некоторые производители приступили к выпуску кабелей, в которых с целью повышения пожарной безопасности изоляция одной или двух пар была изготовлена из тефлона, а остальных – из других изоляционных материалов. Хотя электрические характеристики таких кабелей формально соответствуют требованиям категории 5, skew может достигать 60 нс и более. В этой ситуации дать какие-либо гарантии на корректность функционирования «четырехпарных» интерфейсов не представляется возможным.

Влияние на величину skew различного шага скрутки пар кабеля менее значительно, и, как правило, не превышает 10 нс.

Возможности изменения параметра NVP за счет изменения шага скрутки и выбора материала изоляции используются в некоторых конструкциях горизонтальных кабелей для минимизации величины skew. В этих изделиях изоляцией из «быстrego» тефлона покрываются проводники тех пар, которые дают наибольшее время задержки [40].

Параметр skew в явном виде впервые был введен в официальные нормативно-технические документы в самом конце 90-х годов с учетом требований аппаратуры локальных сетей. Данный факт объясняется быстрым ростом популярности высокоскоростных сетевых интерфейсов, использующих многопарные схемы передачи, для которых чрезмерная величина разброса задержек приводит к срыву синхронизации. Новая редакция стандарта ISO/IEC 11801 нормирует skew отдельно как для кабеля из витых пар (не более 45 нс на длине 100 м), так и для линий связи на его основе (43 нс для постоянной линии и 50 нс для тракта в целом).

Некоторые фирмы гарантируют для своей продукции лучшие значения величин разброса задержек по сравнению со стандартами. В качестве примера отметим компанию Molex, в кабельной системе Molex Premise Networks (ранее Mod-Tap) которой за счет применения специального кабеля обеспечивается максимальная величина разброса задержек не выше 35 нс [41].

### **2.1.3.7. Структурные и обычные возвратные потери**

Ранее мы рассматривали идеализированную однородную линию, в которой сигнал не испытывал отражений. Реальная линия всегда имеет более или менее сильные неоднородности, которые приводят к появлению отражений. Основными источниками неоднородностей

являются производственные и эксплуатационные дефекты кабеля, разъемные соединители и оконечные нагрузки с сопротивлением, отличным от волнового. Электромагнитная волна, встречая такие неоднородности в процессе распространения по кабелю, частично отражается от них и возвращается к началу. При наличии нескольких неоднородностей волна претерпевает серию отражений. Результатом является возникновение в линии двух дополнительных паразитных потоков энергии: обратного, состоящего из суммы отраженных волн, и попутного, возникающего в результате двойных отражений (рис. 2.16).

Обратный поток приводит к колебаниям входного сопротивления. Это затрудняет согласование с аппаратурой на концах линии, что сопровождается ростом рабочего затухания, и приводит к искажениям передаваемого сигнала. Попутный поток искажает форму передаваемого сигнала и также создает помехи передачи. Особенно заметно его влияние на качество телевизионного изображения. Для нормальной передачи телевизионных программ мощность попутного потока не должна превышать 1% от основного [1].

Интенсивность обратного отражения электромагнитных волн в местах неоднородности волнового сопротивления характеризуется параметром SRL (Structural Return Loss), который определяется как отношение мощности основного сигнала к мощности обратного потока энергии. Чем выше значение SRL, тем меньшую мощность имеют обратный и соответственно попутный потоки энергии и тем более качественным является кабель.

Этот параметр из-за своей малости нормируется в логарифмических единицах и в известных нормативно-технических документах указывается для длины кабеля 100 м. Стандарты TIA/EIA-568-A и ISO/IEC 11801 задают практически одинаковые значения минимально допустимых величин параметра SRL для всех категорий кабеля с волновым сопротивлением 100 и 120 Ом (табл. 2.3). Частота  $f$  в формулах задается в мегагерцах.

Таблица 2.3. Значения структурных возвратных потерь кабелей различных категорий по стандартам TIA/EIA-568-A и ISO/IEC 11801

Частота, МГц	Категория 3		Категория 4		Категория 5	
	TIA/EIA-568-A	ISO/IEC 11801	TIA/EIA-568-A	ISO/IEC 11801	TIA/EIA-568-A	ISO/IEC 11801
1–10	12	12	21	21	23	23
10–16	12–10lg(f/10)	10	21–10lg(f/10)	19	23	23
16–20	–	–	21–10lg(f/10)	18	23	23
20–100	–	–	–	–	23–10lg(f/20)	23–10lg(f/20)

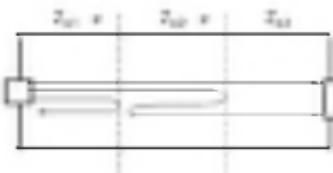


Рис. 2.16  
Возникновение полного обратного и попутного потоков энергии

Норма на SRL должна выполняться для всех пар.

Иногда применяется более сложное описание минимального значения величины структурных возвратных потерь. В качестве примера в табл. 2.4 приведена частотная зависимость параметра SRL для кабелей, применяемых в CKC Siemon Cabling System фирмы Siemon.

Таблица 2.4. Частотная зависимость величины минимальных структурных возвратных потерь кабелей CKC Siemon Cabling System [42]

Категории 5е и 6	Категория 7		
1 < f < 10, МГц	20+5lgf, дБ	100 < f < 300, МГц	21 дБ
10 < f < 20, МГц	25 дБ	300 < f < 600, МГц	21-10lgf /300, дБ
20 < f < 100, МГц	25-7lgf , дБ		

Анализ и нормировка рассматриваемого эффекта может быть распространена также на весь электрический тракт целиком, то есть на кабель с установленными на его концах разъемами и подключенными шнурами. В данном случае говорят просто о возвратных потерях RL (return loss), которые определяются абсолютно аналогично. При этом наряду со структурными неоднородностями заметную роль в формировании отражений играют скачки волнового сопротивления в точках подключения кабелей к вилкам и розеткам разъемов.

Известно, что величина коэффициента отражения в точке с различными волновыми сопротивлениями  $Z_1$  и  $Z_2$  рассчитывается как [29]:

$$RL = -20 \lg \left| \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \right| \quad (2.12)$$

Действующими редакциями стандартов в СКС допускается применение кабелей с волновым сопротивлением 100, 120 и 150 Ом. Подставляя пары этих значений с минимальной разностью (например, 100 и 120 Ом) в формулу 2.12, получаем номинальное значение параметра RL в 11,4 дБ, что существенно меньше 16 дБ и не позволяет обеспечить требуемые параметры тракта передачи сигнала. На основании этого действующие редакции стандартов запрещают смешивать в одном тракте элементы с различным волновым сопротивлением.

### 2.1.3.8. Сопротивление связи

Сопротивление связи (англ. transfer impedance, нем. Kopplungswiderstand) является мерой качества исполнения экрана экранированного кабеля. Этот параметр определяется как отношение напряжения  $U_2$ , наведенного током  $I_1$  в экране, нормированного к единице длины кабеля (рис. 2.17):

$$R_k = \frac{U_2}{I_1}, \text{ мОм/м.}$$

Исторически эта величина применялась первоначально к коаксиальным кабелям. С точки зрения теории помех, экранированную симметричную витую пару удобно анализировать как коаксиальный кабель, причем экран играет роль внешнего проводника, а сама витая пара рассматривается как внутренний проводник, то есть вся цепь представляет собой несимметричную конструкцию.

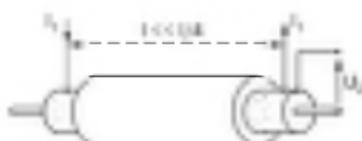


Рис. 2.17. К определению сопротивления связи

Действующие редакции стандартов нормируют величину сопротивления связи как для кабелей, так и для коммутационных изделий (табл. 2.5). Из анализа определения данного параметра и рис. 2.17 следует, что более качественным является экран с меньшим сопротивлением связи. На практике в случае соблюдения правил прокладки и монтажа

достигаются обычно лучшие значения сопротивления связи. Так, например, на частоте 10 МГц обычные пленоочные экраны имеют величину этого параметра примерно 30 мОм/м, тогда как для комбинированных экранов  $R_s < 25$  мОм/м [2].

*Таблица 2.5. Сопротивление связи для кабелей и коммутационных шнурков с волновым сопротивлением 100 Ом*

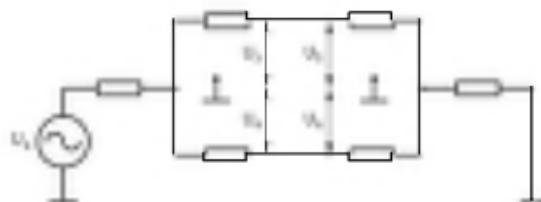
Частота, МГц	Сопротивление связи, мОм/м	
	Кабель	Шнур
1	50	100
10	100	200

### 2.1.3.9. Затухание несимметрии

Идеальная витая пара из-за самого принципа своего конструктивного построения создает в дальней зоне пульевую напряженность электромагнитного поля. Данное свойство обеспечивает скрутку, и ток по различным участкам при одинаковой величине имеет противоположное направление. Реальная витая пара всегда обладает большей или меньшей несимметрией отдельных своих проводников относительно земли и различным активным сопротивлением. Это сопровождается неполной компенсацией и приводит как к возникновению излучения, так и к наведению электрического тока в витой паре под действием внешнего постороннего электромагнитного поля.

Интегральной количественной мерой величины несимметрии является значение затухания несимметрии. Аналогично многим другим параметрам эта величина определяется на ближнем и дальнем конце кабеля (рис. 2.18). На ближнем конце параметр затухания несимметрии обозначается заимствованной из англоязычной технической литературы аббревиатурой LCL (longitudinal conversion loss – буквально «потери продольного преобразования») и равен по определению:

$$LCL = 20 \lg |U_1 / (U_3 - U_4)|, \text{ дБ.}$$



*Рис. 2.18  
К определению параметров LCL и LCTL*

Аналогичным образом для количественного описания данного процесса на дальнем конце применяется параметр LCTL (longitudinal conversion transfer loss – буквально «удаленные потери продольного преобразования»), равный

$$LCTL = 20 \lg |U_1 / (U_5 - U_6)|, \text{ дБ.}$$

Необходимость введения параметров затухания несимметрии<sup>1</sup> для ближнего и дальнего концов линии обусловлена существенным отличием механизмов формирования

<sup>1</sup> В русскоязычной технической литературе известно обозначение этих параметров как «потери продольного преобразования» и «потери продольно-перпендикулярного преобразования».

несимметрии в так называемой ближней и дальней зонах кабеля, определяемых соотношением линейной длины кабеля и длины волны передаваемого по нему высокочастотного электрического сигнала.

Для практики представляет интерес частотная зависимость величин затухания несимметрии. Из-за чисто статистического характера происходящих процессов дать какие-либо точные расчеты этой зависимости не представляется возможным. Тем не менее накопленный опыт позволяет констатировать, что по мере роста частоты значение параметра  $LCL$  уменьшается со скоростью порядка 10 дБ на декаду, тогда как скорость падения  $LCTL$  – 20 дБ на декаду.

Действующие на середину 2000 года редакции нормативно-технических документов достаточно скрупульно нормируют значения параметров затухания несимметрии. Так, в частности, стандарт ISO/IEC 11801 определяет его величины на частотах не выше 10 МГц (см. табл. 2.6).

*Таблица 2.6. Величины затуханий несимметрии  $LCL$  и  $LCTL$  по стандарту ISO/IEC 11801 в редакции 2000 года для линий различных классов*

Частота, МГц	Класс А	Класс В	Класс С	Класс D
0,1	30	45	45	45
1,0	–	20	30	40
10	–	–	25	30

### **2.1.3.10. Дополнительные потери ILD**

Параметр дополнительных потерь – сравнительно новый; он используется в основном только специалистами-разработчиками техники СКС и по состоянию на середину 2001 года не введен в перечень обязательных параметров, контролируемых в полевых условиях. Данная характеристика применяется для описания не отдельных компонентов, а смонтированных линий различных видов [43]. Причиной возникновения дополнительных потерь ILD (Insertion Loss Deviation) является известный эффект достаточно сильных вариаций волнового сопротивления отдельных компонентов, последовательное соединение которых образует кабельный тракт на основе витой пары. Амплитуда этих вариаций имеет тенденцию к возрастанию по мере увеличения частоты. Направление и величина отклонений волнового сопротивления от номинального значения различных элементов, входящих в тракт передачи электрического сигнала, носит совершенно случайный характер. При этом наблюдаются нарушения условия согласования нагрузки и увеличение затухания.

Измерения, проведенные датской испытательной лабораторией ЗР, показали, что в каналах класса D с современной элементной базой величина ILD пренебрежимо мала во всем рабочем частотном диапазоне. В случае использования приложений класса Е на частоте 250 МГц для канала с четырьмя стандартными штекерными разъемами этот параметр достигает 1 дБ. Такое затухание уже не может игнорироваться на практике, так как оно эквивалентно затуханию в горизонтальном кабеле длиной 3 м. Для канала класса F на частоте 600 МГц величина ILD составляет 2 дБ, что соответствует кабелю длиной 4 м.

Приведенные выше экспериментальные данные позволяют констатировать, что дополнительные потери для электрических кабельных трактов классов Е и F относительно невелики. Это, скорее всего, позволит не уменьшать величину максимально допустимого затухания для таких объектов, как канал и стационарная линия (см. далее раздел 12.2.1) в целом и по сравнению с установленными действующими на середину 2001 года проектами стандартов соответствующих классов. При компенсации возможного превышения затухания не

исключается, что максимальная длина канала будет выбираться с учетом количества соединителей и, соответственно, немножко уменьшаться по мере роста их количества. Таким образом, величина ACR доводится до нормы снижением максимально допустимого затухания в кабелях. Данный прием уже применяется на практике: согласно стандарту ISO/IEC 11801 в редакции 2000 года, для компенсации повышенного уровня переходных помех максимальная длина шнуров горизонтальной подсистемы при построении коммутационного поля технического помещения по схеме cross-connect установлена равной 9 м, тогда как применение схемы interconnect позволяет увеличить ее до 10 м.

## 2.1.4. Шум от внешних источников электромагнитного излучения

Вследствие неидеальности балансировки в витых парах могут возникать наводки от внешних источников электромагнитного излучения. Имеются два основных вида внешних наводок:

- электромагнитная интерференция EMI (Electromagnetic Interference). Для нее характерны низкие частоты и высокие амплитуды. Этую наводку создают в основном электромоторы, стартеры флуоресцентных ламп и силовые кабели;
- радиочастотная интерференция RFI (Radio Frequency Interference). Для нее характерны высокие частоты и низкие амплитуды. Основными источниками наводок этого вида являются сотовые радиотелефоны, передатчики систем радиовещания и телевидения, а также источники питания с высокочастотным преобразованием.

В целом витые пары весьма устойчивы к подобным мешающим воздействиям, поэтому стандарты не предусматривают специальных требований к уровню шума, наведенного внешним электромагнитным излучением.

## 2.2. Передача сигналов по волоконным световодам

В волоконно-оптических кабельных системах сигналы передаются несущей оптического (обычно ближнего инфракрасного) диапазона волн по световодам из сверхчистого кварцевого стекла. Упрощенная структурная схема волоконно-оптической линии связи (ВОЛС) показана на рис. 2.19. Электрический сигнал поступает на вход оптического передатчика и модулирует интенсивность выходного сигнала излучателя. Оптический сигнал распространяется по волоконному световоду и поступает на вход оптического приемника, который осуществляет его демодуляцию и восстанавливает исходный электрический сигнал. Для обеспечения нормальной эксплуатации оптический передатчик и приемник снабжаются розетками оптических разъемов. Схема управления и излучатель оптического передатчика, а также фотодиод и усилитель фототока со схемой согласования оптического приемника в подавляющем большинстве случаев интегрируются в одном корпусе.



Рис. 2.19  
Упрощенная структурная схема  
ВОЛС

## 2.2.1. Процессы распространения излучения в волоконном световоде

Волоконный световод представляет собой тонкое стеклянное волокно цилиндрической формы, по которому проходит передача электромагнитного излучения оптического (обычно ближнего инфракрасного) диапазона длин волн, соответствующего частотам  $10^{14}$ – $10^{15}$  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 в общем случае появляются преломленная и отраженная волны (рис. 2.20). Согласно закону Снеллиуса угол падения  $\phi_n$  связан с углами отражения  $\phi_{nr}$  и преломления  $\phi_{np}$  следующим соотношением:

$$\phi_n = \phi_{np}; n_1 \times \sin \phi_n = n_2 \times \sin \phi_{np}$$

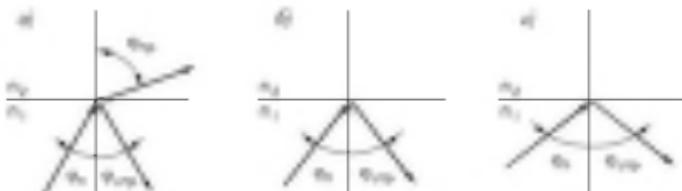


Рис. 2.20. Падение световой волны на границу раздела двух сред:

а) при  $\phi_n < \phi_{nко}$ ; б) при  $\phi_n = \phi_{nко}$ ; в) при  $\phi_n > \phi_{nко}$

Если луч выходит из оптически более плотной среды в менее плотную ( $n_1 > n_2$ ), то  $\phi_{np} > \phi_n$ . По мере увеличения угла падения можно достичь такого состояния, когда преломленный луч начинает скользить по границе раздела двух сред без перехода в оптически более плотную среду (2.20б). Угол падения, при котором наблюдается такой эффект, называется *пределым углом полного внутреннего отражения*  $\phi_{nко}$ . Для всех углов падения, которые превышают предельный, будет иметь место только отражение, а преломленная волна будет отсутствовать (рис. 2.20в). Это явление называется *полным внутренним отражением*, и оно положено в основу передачи оптического излучения по световоду.

Конструктивно волоконные световоды обычно имеют круглое поперечное сечение и об разованы двумя основными элементами. В центре располагается *сердцевина* из оптически более плотного стекла, ее окружает *оболочка* из стекла с меньшей оптической плотностью<sup>1</sup>. Диаметры сердцевины и оболочки принято измерять в микрометрах и указывать в технических характеристиках волокна в явном виде через знак косой черты следующим образом: «диаметр сердцевины»/«диаметр оболочки». В соответствии с этим правилом сочетание 62,5/125 обозначает световод с диаметром сердцевины в 62,5 мкм и с оболочкой диаметром 125 мкм.

<sup>1</sup> Волоконные световоды изготавливают из термопластиков, которые не способны выдерживать высокие температуры, так как в ходе их нагрева происходит разрушение связей. Поэтому волокна являются неподходящими для работы в высокотемпературных условиях и обладают, соответственно, ограниченной температурой эксплуатации. Некоторые из стеклянных ВО-волокон и волокон из термореактивных пластмасс, в частности, ГОСТ Р ИСО 31160-13 «Волокна из стекла. Термостойкость и износостойкость».

На границе раздела сердцевины и оболочки происходит отражение оптических лучей, которые распространяются вдоль оси световода. Таким образом, сердцевина служит для передачи электромагнитной энергии, а оболочка предназначена для создания условий отражения на границе раздела двух сред – сердцевины и оболочки и защиты от излучения энергии в окружающую среду.

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 и излучаемые*.

К *направляемым модам*, относятся такие моды, которые распространяются вдоль сердцевины волокна и обеспечивают передачу информации (лучи 1 и 2 на рис. 2.21). Направляемые моды считаются основным типом электромагнитной волны и возбуждаются теми лучами, которые падают на торец волокна под углом, не превышающим предельный угол  $\Theta_s$ , называемый *апертурным углом*. Основные типы современных световодов имеют апертурный угол в пределах от 11,5° до 17°.

Лучи, которые падают на торец волокна под углом, превышающим  $\Theta_s$ , достигают границы раздела сердцевина – оболочка и за счет преломления в оболочку теряют часть энергии, испытывая при этом большое затухание (луч 3 на рис. 2.21). Эти моды называются *вытекающими*.

Наконец, при падении лучей под углами, существенно превышающими  $\Theta_s$ , часть из них достигает внешней поверхности оболочки и излучается в окружающее пространство (луч 4 на рис. 2.21). Такие моды называются *излучаемыми*. Излучаемые моды возникают также в местах нерегулярностей световодов. Появление вытекающих и излучаемых мод приводит к росту потерь и искажениям передаваемой информации.

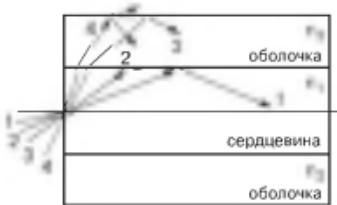


Рис. 2.21. Прохождение лучей в волоконном световоде

## 2.2.2. Типы волоконных световодов

Диаметр оболочки наиболее распространенных световодов составляет 125 мкм. В области диаметров сердцевин наблюдается существенно большее разнообразие. В зависимости от диаметра сердцевины оптические волокна делятся на две группы: *одномодовые и многомодовые*, причем последние могут быть ступенчатыми и градиентными. 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 в серийных волокнах обычно составляет от 1000 до 2000.

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

Простейшим типом волоконного световода является так называемый *ступенчатый* световод. В нем показатель преломления сердцевины остается постоянным вдоль ее радиуса. В ступенчатых многомодовых волокнах траектории лучей отдельных мод имеют вид зигзагообразных линий (рис. 2.22а).

От профиля показателя преломления в значительной степени зависят частотные свойства многомодовых световодов, поэтому на практике часто применяют профили, отличные от ступенчатых. Так, например, в *градиентном* световоде показатель преломления за счет

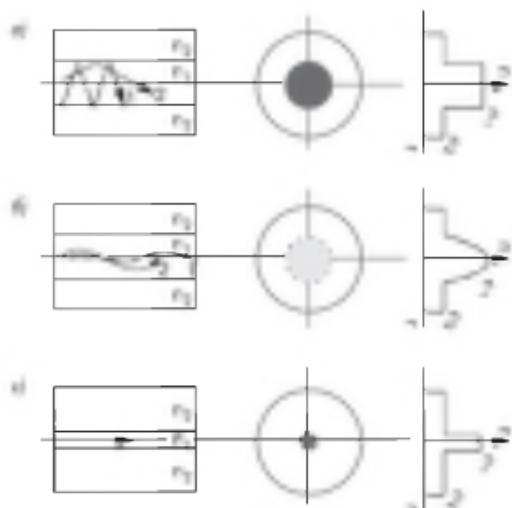


Рис. 2.22  
Распространение световых лучей  
в световодах: а) ступенчатом;  
б) градиентном; в) одномодовом

изменения количества легирующих добавок, главным образом германия, плавно снижается по мере удаления от оси по закону, близкому к квадратичной параболе (рис. 2.22б). В таких волокнах траектории распространения большинства лучей представляют собой плавные кривые. В США для градиентных световодов наиболее популярны сердцевины с диаметром 62,5 мкм, а в Европе и в России часто используются также волокна с диаметром сердцевины 50 мкм.

В одномодовых световодах диаметр сердцевины (7–10 мкм) соизмерим с длиной волны, и за счет этого в нем существует только одна направляемая мода (рис. 2.22в).

### 2.2.3. Дисперсия электромагнитного излучения

Под дисперсией понимают увеличение длительности оптического импульса при прохождении им волоконного световода определенной длины, обычно 1 км.



Рис. 2.23. Прохождение оптического импульса по световоду

Дисперсия определяет полосу пропускания световода и возникает из-за рассеяния во времени спектральных и модовых составляющих оптического сигнала. Наличие этого эффекта приводит к увеличению длительности оптического импульса в процессе его прохождения по оптическому кабелю (рис. 2.23), появлению межсимвольной интерференции (наложению фронтов

двух соседних импульсов друг на друга) и, в конечном счете, увеличению вероятности ошибки принимаемого сигнала.

Различают два вида дисперсии (рис. 2.24).

**Хроматическая дисперсия.** Она обусловлена зависимостью условий распространения света по волокну от длины волны. Хроматическая дисперсия возникает из-за конечной спектральной ширины несущей выходного сигнала передатчика и имеет две

составляющие: материальную и волноводную. *Материальная дисперсия* обусловлена зависимостью показателя преломления сердцевины и оболочки от длины волны. *Волноводная дисперсия* определяется зависимостью условий распространения моды от длины ее волны. Степень влияния хроматической дисперсии на частотные характеристики канала зависит в первую очередь от спектральных свойств источника излучения. Для лазерных источников, благодаря узкой полосе частот излучаемой несущей, дисперсия оказывается в меньшей степени. В некогерентных источниках (светодиодах) полоса несущей существенно шире, и хроматическая дисперсия проявляется значительно.

*Межмодовая дисперсия*. Она возникает только в многомодовых световодах из-за наличия в них большого числа мод с различным временем распространения за счет разброса углов отражения и соответственно различной длины пути, который отдельные моды проходят в сердцевине волокна. Этот эффект демонстрирует рис. 2.22а, б. Градиентный световод обладает свойством удержания мод вблизи центра сердцевины. Лучи, которые распространяются дальше от центра, проходят при этом больший путь, однако в связи с меньшей оптической плотностью материала их скорость гораздо выше. Кроме того, по сравнению с волокном со ступенчатым профилем показателя преломления, в нем существует меньшее количество мод. Совместное действие этих трех факторов приводит к тому, что градиентный световод имеет лучшие частотные свойства, а ширина его полосы пропускания более чем на порядок превышает аналогичный показатель ступенчатого волокна. Одновременно градиентные световоды почти не отличаются от ступенчатых по таким эксплуатационным параметрам, как удельные потери, эффективность ввода излучения, сложность сращивания и т.д. Благодаря этим преимуществам, градиентные световоды практически полностью вытеснили ступенчатые из областей массового использования. Поэтому ниже под многомодовыми световодами мы всегда будем подразумевать только волокна с градиентным профилем показателя преломления.

Результирующее значение расширения импульсов за счет межмодовой  $\tau_{\text{мод}}$ , материальной  $\tau_{\text{мат}}$  и волноводной  $\tau_{\text{вв}}$  дисперсии определяется по формуле [44]:

$$\tau = (\tau_{\text{мод}}^2 + (\tau_{\text{мат}} + \tau_{\text{вв}})^2)^{1/2}.$$

С учетом реального соотношения величин отдельных составляющих дисперсии для многомодовых волокон можно считать  $\tau = \tau_{\text{мод}}$ , а для одномодовых волокон  $\tau = \tau_{\text{мат}} + \tau_{\text{вв}}$ .

Для одномодовых световодов параметр дисперсии учитывает ее зависимость от спектральных свойств источника излучения, поэтому его размерность указывается в  $\text{ пс}/\text{нм} \times \text{км}$ . Современные волокна имеют величину дисперсии в пределах от 3 до 15–18  $\text{ пс}/\text{нм} \times \text{км}$ . Волноводная  $\tau_{\text{вв}}$  и материальная  $\tau_{\text{мат}}$  составляющие хроматической дисперсии в районе длин волн 1200–1600 нм имеют, как правило, противоположные знаки. Так как волноводная дисперсия зависит от профиля показателя преломления, то, варьируя этим параметром, для одномодовых световодов можно на заранее заданной длине волны или же в определенной спектральной полосе получить нулевую или близкую к нулевой дисперсию. Поэтому для одномодовых волокон вместо абсолютной величины дисперсии иногда указывают значение волны нулевой дисперсии и крутизну спектральной характеристики дисперсии в окрестностях этой длины волны (для серийных световодов эти параметры обычно составляют 1300–1310 нм и 3,5  $\text{ пс}/\text{нм}^2 \times \text{км}$ , соответственно).

Частотные характеристики многомодовых волокон из-за преобладающего влияния межмодовой составляющей дисперсии мало зависят от спектральных свойств источника



Рис. 2.24. Составляющие дисперсии

излучения. Поэтому их удобно оценивать эквивалентом дисперсии в частотной области, называемым *коэффициентом широкополосности* и имеющим размерность МГц × км. В зависимости от длины волны типовые значения коэффициента широкополосности для современных световодов составляют  $200 \div 500$  МГц × км.

Физическим смыслом этого коэффициента является ширина полосы пропускания оптического кабеля длиной 1 км. В отличие от электрических трактов передачи в оптических трактах из-за наличия так называемых квантовых шумов уровень собственной помехи на входе приемника оказывается достаточно высоким. Поэтому в технике оптической связи пользуются классическим определением, и под верхней граничной частотой, определяющей ширину полосы пропускания кабеля, понимается та частота, на которой коэффициент передачи становится равным 0,707 относительно значения на низких частотах.

## **2.2.4. Затухание сигналов в световодах**

### **2.2.4.1. Единицы измерения оптической мощности**

При расчете параметров линейно-кабельных сооружений оптической линии связи из-за экспоненциальной зависимости мощности сигнала от расстояния удобно пользоваться логарифмическими единицами, переход к которым позволяет свести основные расчеты мощностей сигналов к операциям сложения и вычитания.

В качестве нулевого уровня в технике оптической связи принято значение 1 мВт, которое примерно соответствует максимальной мощности излучения типичного полупроводникового лазера и светодиода, а под уровнем мощности понимается величина  $p$ :

$$p = 10\lg(P/1 \text{ мВт}) [\text{дБм}],$$

где  $P$  – мощность оптического сигнала.

В табл. 2.7 дано соответствие уровней и мощностей оптических сигналов в типичных для волоконной оптики диапазонах их изменения.

Таблица 2.7. Соответствие уровней и мощностей оптических сигналов

Уровень, дБм	Мощность	Уровень, дБм	Мощность
0	1 мВт	-20	1 нмВт
-10	100 мкВт	-33	500 нмВт
-13	50 мкВт	-40	100 нмВт
-20	10 мкВт	-50	10 нмВт
-23	5 мкВт	-60	1 нмВт

### **2.2.4.2. Механизмы потерь**

В процессе распространения оптического сигнала по волокну он постепенно теряет свою энергию. Этот эффект называется затуханием. От величины затухания зависит максимальная дальность связи между двумя приемопередатчиками. В волоконно-оптической технике связи затухание принято измерять в децибелах.

Затухание в волоконных световодах обусловлено потерями на рассеяние и потерями на поглощение.

Потери на рассеяние обусловлены флуктуациями средней плотности и связанными с ними флуктуациями показателя преломления материала сердцевины. При попадании оптических лучей на эти нерегулярности они меняют свое направление распространения и высыпаются в окружающее пространство. Величина потерь на рассеяние, называемое рэлеевским, рассчитывается по формуле [13]:

$$\alpha_{\text{р}} = K_p / \lambda^4 [\text{дБ}/\text{км}],$$

где:  $K_p$  – коэффициент рассеяния, равный для кварца  $0,8 \text{ мкм}^6 \times \text{дБ}/\text{км}$ ;

$\lambda$  – длина волны в мкм.

Потери на поглощение вызваны инфракрасным поглощением и становятся заметны при  $\lambda > 1,7 \text{ мкм}$ . Величина этих потерь рассчитывается по формуле [13]:

$$\alpha_{\text{п}} = C \times e^{-k/\lambda} [\text{дБ}/\text{км}],$$

где для кварца  $k = 0,8 \times 10^{-6} \text{ м}$ ,  $C = 0,9$  – постоянные коэффициенты.

Потери на рэлеевское рассеяние (кривая 1 на рис. 2.25) и инфракрасное поглощение (кривая 2 на рис. 2.25) определяют нижний предел потерь волоконного световода. Как видно из рисунка, нижний теоретический предел потерь в кварцевом световоде находится в районе длины волны  $1,4 \text{ мкм}$ . Минимальная величина потерь никогда не достигается по двум основным причинам:

- в процессе изготовления оптического кабеля возникают так называемые кабельные потери, которые обусловлены деформациями волокна при наложении покрытий и защитных оболочек, а также скруткой элементов кабельного сердечника;
- материал сердцевины световода из-за конечной эффективности очистки содержит атомы и молекулы примесей, резонансное возбуждение которых приводит к резкому возрастанию потерь на определенных длинах волн. В диапазоне  $0,8–1,7 \text{ мкм}$  наибольший вклад в величину потерь вносят пары воды и металлы первой группы периодической системы элементов (никель, железо, хром и др.). Для получения приемлемого уровня потерь концентрация примесей не должна превышать  $10^{-9}$ .

Таким образом, область эффективного использования кварцевых волоконных световодов ограничена диапазоном видимого и ближнего инфракрасного диапазонов (ИК) длин волн. Для среднего и дальнего ИК диапазонов необходимы новые материалы.

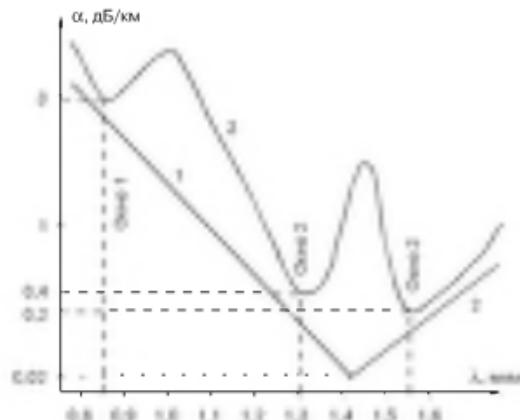


Рис. 2.25

Зависимость затухания кварцевого волоконного световода

от длины волны

На рис. 2.25 в схематическом виде кривой З показана спектральная зависимость коэффициента затухания реальных световодов с учетом фундаментальных и дополнительных потерь, вызываемых примесями. Из графика следует, что работа по волоконно-оптическим кабелям эффективна не на всех длинах волн, а только в определенных участках спектра, где достигаются минимальные потери. Области минимальных потерь получили название *окон прозрачности*. Для кварцевых световодов практический интерес представляют три окна прозрачности. За границы окон прозрачности удобно принять значения, приведенные в стандарте ISO/IEC 11801 и перечисленные в табл. 2.8. Характеристики полупроводниковых излучателей и фотоприемников оптимизированы для работы в этих ~~окнах~~.

*Таблица 2.8. Типовые значения затуханий оптических сигналов в окнах прозрачности*

Окно прозрачности	Минимальная	Длина волны, мкм Центральная	Максимальная	Типовое затухание, дБ/км
1	790	850	910	2–3
2 [MM]	1285	1300	1330	0,7–1,5
2 [SM]	1288	1310	1339	0,4–1,0
3	1525	1550	1575	0,2–0,4

Из рис. 2.25 и табл. 2.8 следует, что переход из первого во второе окно прозрачности дает существенный выигрыш по величине затухания, тогда как работа в третьем окне большого выигрыша не приносит. С другой стороны, по мере увеличения рабочей длины волны начинает быстро расти стоимость активных оптоэлектронных компонентов. В линиях оптической связи локальных сетей, для обслуживания которых в основном используются волоконно-оптические трассы магистральных подсистем СКС, из-за сравнительно малой протяженности кабельных трасс стоимость оконечной аппаратуры является относительно большой величиной. Поэтому в технике СКС с учетом перечисленных выше обстоятельств в подавляющем большинстве случаев используют первое и второе окна прозрачности. Нормировка параметров одномодовых световодов, используемых при создании подсистем внешних магистралей, выполняется из соображений предыдущего применения в СКС одномодовых оптических кабелей, разработанных для городских и междугородных сетей связи. Линии дальней связи, стоимость которых определяется в первую очередь длиной участка регенерации, работают в основном во втором и третьем окнах прозрачности, где кроме низкого затухания достигается также малая величина дисперсии.

## **2.3. Передача цифровой информации по электрическим и оптическим трактам СКС**

СКС создается для обеспечения средой передачи информации различной витой сетевой аппаратуры. При выборе принципов построения этой аппаратуры и используемых при ее создании схемотехнических решений разработчики обязательно учитывают особенности оптических кабелей и кабелей из витых пар как направляющей системы электромагнитных колебаний. Это позволяет существенно улучшить характеристики оборудования по дальности связи, пропускной способности и помехоустойчивости.

## 2.3.1. Линейные коды сетевой аппаратуры

### 2.3.1.1. Требования к кодам

Рассмотрим произвольную цифровую информационную посылку, которая образована последовательностью отдельных битов. Каждый такой бит представляется в сетевом устройстве прямоугольным импульсом длительностью  $T_i/2$ , где  $T_i$  – длительность тактового интервала. Амплитуда импульса в соответствии с принципами цифрового представления сигналов может принимать только одно из двух фиксированных значений: логический 0 кодируется, например, положительным напряжением сигнала, а логическая 1 – его отсутствием. Передача таких элементарных посылок через канал связи выполняется последовательно с тактовой частотой  $f_t = 1/T_i$ . Наиболее простым способом доставки рассматриваемой последовательности от передатчика к приемнику является непосредственная ее передача в линию без применения каких-либо предварительных преобразований. Подобный способ представления сигнала называется кодированием без возврата к нулю или кодированием NRZ (от англ. Non Return to Zero). Под термином «без возврата» в данном случае подразумевается, что на прохождении всего тактового интервала не происходит изменения уровня сигнала.

В силу определенных причин, которые подробно обсуждаются ниже, применение NRZ-кодирования для передачи информации по трактам СКС, является неоптимальным, и в состав схем передатчика вводится кодер. В функции этого устройства входит выполнение предварительного преобразования сигнала, которое заключается в добавлении к исходной информационной последовательности новых импульсов, изменению полярности и длительности исходных посылок. За счет этого линейный сигнал существенно лучше адаптирован к условиям передачи в линии связи. В ходе дальнейшего рассмотрения предполагается, что форма импульса кодером не меняется и остается прямоугольной. Таким образом, код в линии может существенно отличаться от кода исходной цифровой последовательности. На приемном конце декодер осуществляет обратное преобразование и восстанавливает исходное сообщение, поступившее в приемник.

К линейным кодам предъявляется ряд требований, основные из которых могут быть сформулированы в следующем виде:

- энергетический спектр линейного кода должен иметь минимальное содержание ВЧ и НЧ-составляющих. При этом желательно, чтобы основная доля энергетического спектра была сосредоточена в относительно узком частотном диапазоне, так как это обеспечивает уменьшение искажений сигнала при ограниченной ширине полосы пропускания линейного тракта;
- статистические характеристики сигнала должны обеспечить устойчивую работу приемных устройств, а также возможность контроля ошибок в регенераторах;
- код не должен налагать ограничений на передаваемое сообщение и обязан обеспечить передачу любой последовательности нулей и единиц исходного сообщения;
- устройства кодирования и декодирования линейного сигнала, а также схемы выделения тактовой частоты должны иметь максимально простую конструкцию.

### 2.3.1.2. Связь тактовой частоты цифрового сигнала с полосой пропускания канала связи

Основная масса аппаратуры, работающей по электрическим трактам СКС, использует для организации информационного обмена цифровые сигналы. Большинство параметров тракта передачи электрических подсистем СКС традиционно для кабельной техники нормируются

в частотной области, то есть значения, например, затухания и переходного затухания указываются на определенной частоте. Линии волоконно-оптической связи изначально создавались в основном для передачи цифровых сигналов. Поэтому многие параметры задаются во временной области, например, широкополосность одномодовых систем описывалась параметром дисперсии (см. раздел 2.2.3). Тем не менее и здесь достаточно широко используется нормировка в частотной области. Например, в многомодовой технике ширина полосы пропускания рассчитывается через коэффициент широкополосности.

Для выполнения различного рода инженерных расчетов и оценки возможности использования трактов СКС сетевой аппаратурой различного назначения необходим эффективный механизм, позволяющий однозначно связать между собой скорость передачи информации, тактовую частоту линейного сигнала и требуемую ширину полосы пропускания тракта.

Допустим, что по линии связи передается цифровой сигнал  $f(t)$  в виде регулярной последовательности прямоугольных импульсов с единичной амплитудой и скважностью  $Q = 2$  (рис. 2.26). Этот сигнал представляет собой периодическую функцию времени и может быть разложен в ряд Фурье, который в данном случае имеет вид

$$f(t) = 1/2 + \sum_{k=1}^{\infty} a_k \cos(2\pi k f_T t),$$

где  $a_k = \sin(\pi k / 2) / (\pi k / 2)$ .

Из приведенного соотношения следует, что для восстановления сигнала на приемном конце вполне достаточно первой гармоники исходной сигнальной последовательности. Отсюда получаем важный практический вывод о том, что скорость передачи цифровой информации по одной витой паре в одном направлении может вдвое превышать тактовую частоту. Это неочевидное, на первый взгляд, положение следует из того факта, что два непрерывных импульса цифрового сигнала (или отсчета по терминологии теоремы Найквиста<sup>1</sup>),

необходимые для полного восстановления его формы, присутствуют на половине длительности тактового интервала. При этом вторая половина используется просто как защитный интервал и служит для отделения одного импульса от другого. Таким образом, теоретически для восстановления сигнала на приемной стороне верхняя граничная частота канала связи должна составлять не менее половины скорости модуляции цифрового сигнала. На рис. 2.26 данное положение проиллюстрировано в виде энзор напряжений сигнала последовательности прямоугольных импульсов со скважностью  $Q = 2$  при различной ширине полосы пропускания низкочастотного фильтра первого порядка, которым моделируется канал связи с конечной шириной полосы пропускания. Видно, что при верхней граничной частоте фильтра, близкой к  $f_n = f_s/2$ , корректная работа декодера становится принципиально невозможной.

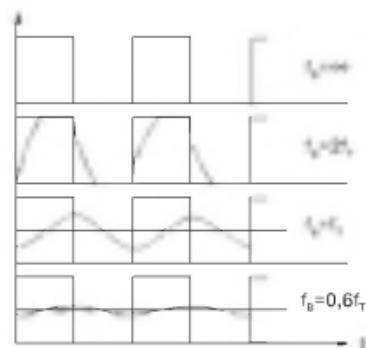


Рис. 2.26. Форма сигнала на выходе низкочастотного фильтра при различной ширине полосы пропускания

<sup>1</sup> Высочастотный акусто-вакуумный метод, описаный чешским ученым Бенгелевым. Поэтому используется название «теорема Бенгелева-Найквиста».

При уменьшении  $f_c$  ниже  $f_t$ , наряду с «завалом» переднего и заднего фронтов импульсов начинается также заметное уменьшение их амплитуды (инертность фильтра настолько высока, что его выходной сигнал не может достигнуть своего максимального значения за время нахождения входного сигнала в состоянии высокого уровня). Это приводит к уменьшению отношения сигнал/шум и к падению помехоустойчивости. Для устранения этого нежелательного эффекта на практике расширяют полосу пропускания трактов электрических и оптических систем связи на витых парах до двух раз относительно теоретического минимума.

### **2.3.1.3. Способы обеспечения тактовой синхронизации в цифровой сетевой аппаратуре**

Одной из проблем, возникающих при передаче сигналов по цифровым каналам связи, является необходимость обеспечения синхронной побитной работы передатчика и приемника (или тактовой синхронизации). Она необходима для правильного определения приемником момента времени, в который он должен производить стробирование входного сигнала и декодирование полученной информации. В зависимости от принципа реализации различают асинхронную и синхронную тактовую синхронизацию, которая может быть реализована различными методами. Общие свойства этих методов систематизированы в табл. 2.9.

Таблица 2.9. Общие свойства различных методов обеспечения тактовой синхронизации

Метод	Старт-стопный	По выделенному каналу	Предопределенные синхропоследовательности	Самосинхронизации
Вид	Асинхронный	Синхронный	Синхронный	Синхронный
Эффективность использования полосы пропускания канала связи	Низкая	Низкая (требует выделенного канала)	Высокая	Средняя
Сложность схемотехнических решений	Низкая	Низкая	Высокая	Средняя – низкая*
Скорость вхождения в синхронизм	Высокая	Высокая	Средняя	Высокая – средняя*
Помехоустойчивость	Высокая	Высокая	Средняя	Высокая

\* В зависимости от вида применяемого кода.

В асинхронных системах тактовые генераторы приемника и передатчика работают на примерно одинаковых частотах, однако функционируют полностью независимо друг от друга, а синхронизация обеспечивается за счет введения дополнительных импульсов. Один из возможных и наиболее часто применяемых на практике алгоритмов выполнения асинхронной тактовой синхронизации реализуется следующим образом. Непосредственно перед началом передачи данных в канал связи передается одиночный стартовый импульс. После получения этого импульса приемник начинает процесс приема и декодирования под управлением своего внутреннего тактового генератора. Из-за разности частот задающих генераторов приемника и передатчика данная процедура производится в течение относительно небольшого интервала времени и сопровождается обработкой определенного количества

посылок цифрового сигнала. Последним в импульсной последовательности, передаваемой в канал связи, всегда следует стартовый импульс, при получении которого приемник прекращает процесс декодирования. Следующая последовательность данных может быть передана после паузы большей или меньшей длительности (защитного интервала) и также должна сопровождаться стартовым и стоповым сигналами. С использованием этого принципа работает интерфейс RS-232 в асинхронном режиме. Ранее такой метод передачи широко применялся также в низкоскоростной телеграфии, где был известен под названием старт-стопового метода.

В группу синхронных методов тактовой синхронизации входят:

- синхронизация по выделенному каналу;
- предопределенные синхроисследовательности;
- самосинхронизация.

*Синхронизация по выделенному каналу* состоит в использовании передатчиком и приемником одного общего тактового генератора с передачей его синхросигналов по выделенному параллельному каналу. Это способ широко применяется в каналах связи небольшой протяженности, например, в различных вариантах синхронного интерфейса RS-232. Однако для большинства высокоскоростных систем связи, работающих по каналам СКС, использование для синхронизации соседних витых пар или оптических волокон оказывается экономически нецелесообразным. Кроме того, на длинных линиях могут возникнуть дополнительные технические трудности, связанные с ненулевой разностью задержек прохождения кабельного тракта информационным и синхронизирующими сигналами (*skew*).

*Предопределенные синхроисследовательности* (иначе синхрокомбинация) периодически вставляются в сигнал на передающем конце между посылками данных. Устройство выделения тактовой частоты приемника настроено на прием такой синхроисследовательности и использует результат ее обработки для постоянной подстройки своего внутреннего тактового генератора. Метод чрезвычайно эффективен в отношении использования полосы пропускания канала связи, однако требует достаточно сложных схем выделения синхрокомбинаций из непрерывного потока данных с их последующей обработкой и не обеспечивает высокой скорости вхождения в синхронизм, очень важной для большинства типов сетевой аппаратуры ЛВС. Он широко применяется в цифровых системах телефонной связи и другого оборудования, которое устанавливается на сетях связи общего пользования.

Метод *самосинхронизации* также основан на применении двух разных тактовых генераторов в передатчике и в приемнике, однако не предусматривает выделения отдельных сигналов для их синхронизации. Основная идея его реализации заключается в том, чтобы придать такой вид самому линейному сигналу, который позволяет приемнику постоянно подстраивать частоту своего тактового генератора под частоту сигнала, компенсируя тем самым взаимный дрейф частот синхросигналов. Для этого алгоритм формирования линейного кода выбирается таким образом, чтобы сигнал в линии имел частые достаточно регулярные смены состояния между логическими 0 и 1. Данные переходы являются тем управляющим воздействием, которое осуществляет подстройку частоты тактового генератора приемника. Коды, реализующие рассматриваемый принцип, называются самосинхронизирующими и получили широкое распространение в ЛВС. В отличие от старт-стопового механизма такой способ обеспечения синхронизации не требует наличия защитного интервала между отдельными блоками данных, что позволяет более эффективно использовать пропускную

способность канала связи. От метода предопределенных синхроисследовательностей рассматриваемый метод выгодно отличается высокой скоростью входления в синхронизм приемника и передатчика.

### 2.3.2. Коды низкоскоростных электрических систем

На рис. 2.27 показаны примеры некоторых видов линейных сигналов при кодировании кодами различных видов исходного цифрового сообщения длиной 1 байт (11001010 в двоичном коде).

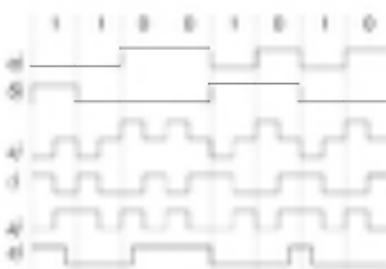


Рис. 2.27

Цифровые коды: а) без возврата к нулю по уровню (NRZ); б) без возврата к нулю с инверсией на единицах (NRZI); в) с возвратом к нулю (RZ); г) манчестерский; д) дифференциальный манчестерский; е) блочный код 4B5B + NRZI

#### 2.3.2.1. Коды без возврата к нулю

**Код без возврата к нулю по уровню** (рис. 2.27а). Код NRZ является примером простейшей реализации модуляции уровнем сигнала и основан на последовательной без каких-либо предварительных преобразований передаче отдельных битов исходного сообщения в канал связи. Его основным преимуществом является простота реализации и минимальная потребность в ширине полосы пропускания канала. Главным недостатком NRZ-кодирования считается сложность синхронизации, связанная с тем, что на длинных последовательностях следующих подряд друг за другом нулей и единиц подстройка тактовых генераторов приемника невозможна.

Код NRZ обычно используется в цифровых микросхемах сетевого оборудования. Синхронизация этих устройств обеспечивается подключением к общей шине синхронизации сетевого интерфейса. В каналах связи код NRZ обычно применяется там, где организация выделенных линий синхронизации не вызывает проблем, например для реализации интерфейсов V.24 (RS-232).

Отметим, что код NRZ имеет постоянную составляющую, то есть для его передачи линия связи должна пропускать сигналы с нулевой частотой. Одним из условий реализации балансной передачи по витым парам является применение в приемо-передатчиках сетевого оборудования развязывающих согласующих трансформаторов, передача постоянной составляющей сигнала через которые невозможна. Для устранения этого недостатка в симметричных цепях используется модификация кода NRZ, получившая название полярного кода без возврата к нулю (PNRZ – Polar Non Return to Zero). В нем логическая 1 кодируется отрицательным напряжением, а логический 0 положительным. Однако и в этом случае из-за невозможности передачи постоянной составляющей сигнал в коде PNRZ на длинных последовательностях нулей и единиц стремится к нулю, то есть испытывает сильные искажения и не будет правильно передаваться.

*Код без возврата к нулю с инверсией на единицах – NRZ-I (Non Return to Zero, Invert on Ones)* – рис. 2.27б. Код NRZ-I является простейшей реализацией принципа кодирования сменой уровня сигнала или дифференциального кодирования. Сигнал на протяжении всего тактового интервала не меняется, при этом логические 0 и 1 кодируются отсутствием и наличием смены уровня сигнала в начале интервала соответственно. Применение дифференциальных кодов дает определенные преимущества при организации канала связи в сложной помеховой обстановке. В этой ситуации определение смены уровня сигнала оказывается более надежным, чем сравнение его абсолютного уровня с пороговым значением, выполняемое компаратором.

Из описанного выше алгоритма формирования линейной кодовой последовательности следует, что использование кода NRZ-I наиболее эффективно в тех случаях, когда вероятность Р появления одного логического символа в такой последовательности существенно превышает вероятность появления другого, например  $P(1) \gg P(0)$ . В рассматриваемом случае потеря синхронизации может произойти только на длинных последовательностях нулей. Для устранения этого недостатка используется так называемое скремблирование, основанное на прерывании таких последовательностей избыточной логической единицей. На практике применяются как программные, так и аппаратные реализации скремблера. Программная реализация скремблера обычно возлагается на протокол более высокого уровня. Примером может служить протокол кодирования SDLC/HDLC кодом NRZ-I. Аппаратный скремблер используется в сетях CDDI (TP-PMD) и 100Base-TX и более подробно рассматривается ниже.

### **2.3.2.2. Коды с возвратом к нулю**

Для устранения отмеченных выше недостатков кодов NRZ и PNRZ используются более сложные принципы кодирования, которые основаны на добавлении новых импульсов к исходной последовательности, а также возможной инверсии отдельных элементов этой последовательности по специально подобранныму алгоритму. Совокупность этих приемов позволяет оптимальным образом согласовать свойства сигнала по тому или иному критерию с параметрами канала связи, что сопровождается увеличением помехоустойчивости, обеспечивает устойчивую работу цепей тактовой синхронизации, позволяет более полно использовать потенциальную пропускную способность канала связи и увеличить за счет этого быстродействие сетевой аппаратуры. Основной положительного эффекта является введение в линейный сигнал определенной избыточности. Внешне она выражается в том, что тактовая частота  $f_s$  линейного сигнала возрастает по сравнению с информационной  $f_i$ , то есть  $f_s > f_i$ .

*Код с возвратом к нулю – RZ (Return to Zero)* – рис. 2.27в. Код RZ использует импульсы разной полярности для представления логических 0 и 1 с возвратом к среднему уровню в середине тактового интервала. Этот код относится к классу самосинхронизирующихся, так как обеспечивает гарантированную смену уровня сигнала на каждом тактовом интервале. Другим его преимуществом является отсутствие постоянной составляющей сигнала, что делает возможным его применение в системах связи с балансной передачей. Однако при передаче каждого бита сигнал дважды меняет свой уровень, что приводит к удвоению тактовой частоты и соответственно необходимой ширины полосы частот канала по сравнению с NRZ-кодом. Применение RZ-кодов требует формирования и обработки трехуровневых сигналов, что несколько усложняет схемотехнические решения приемоопередатчиков электрических систем и по рассмотренным далее причинам практически не позволяет применять его в технике оптической связи.

*Манчестерский (Manchester) код* – рис. 2.27г. Этот самосинхронизирующийся код без постоянной составляющей формирует сигнал только с двумя уровнями и определяет значение бита направлением смены уровня сигнала на середине тактового интервала. Логический 0 кодируется сменой уровня сигнала от низкого к высокому, а логическая 1 от высокого к низкому (иначе на тактовом интервале  $T_t$  всегда присутствует импульс длительностью  $T_t/2$ , причем при передаче 0 он находится в первой половине этого интервала, а при передаче 1 – во второй). При переходе от нуля к единице или обратно изменения уровня не происходит. Отсутствие изменения уровня сигнала в середине тактового интервала используется в качестве признака срабатывания решающего устройства декодера в некоторых типах приемников. Код рассматриваемого вида за счет наличия гарантированного перенапада в середине тактового интервала существенно упрощает схемы синхронизации приемника, и его сигнал не имеет постоянной составляющей. Однако его применение также приводит к удвоению тактовой частоты относительно NRZ-кодов.

Простота схемотехнической реализации приемников и передатчиков с манчестерским кодированием привела к очень широкому их распространению на практике. Так, например, манчестерское кодирование используется во всех разновидностях интерфейсов сети Ethernet со скоростью передачи данных 10 Мбит/с (10Base-5, 10Base-2, 10Base-T и FOIRL). Для них тактовая частота линейного сигнала составляет 20 МГц. Как было показано выше, для восстановления сигнала на приемной стороне верхняя граничная частота канала связи должна составлять не менее половины тактовой частоты цифрового линейного сигнала. Каналы связи категории 3, на котором работает сеть Ethernet 10Base-T, имеют верхнюю граничную частоту 16 МГц, что в 1,6 раза превышает теоретический минимум. Все частотные составляющие свыше 16 МГц рассматриваются как помехи и подавляются низкочастотным фильтром на входе приемника.

*Дифференциальный манчестерский (Differential Manchester) код* (рис. 2.27д), как следует из названия, является разновидностью манчестерского кодирования. Середину тактового интервала линейного сигнала он использует только для синхронизации, и на ней всегда происходит смена уровня сигнала. Логические 0 и 1 передаются наличием или отсутствием смены уровня сигнала в начале тактового интервала соответственно. Рассматриваемый код обладает теми же самыми преимуществами и недостатками, что и манчестерский. Пример системы передачи данных с дифференциальным манчестерским кодированием – сеть Token Ring 4 и 16 Мбит/с. 16-мегабитный вариант этой сети работает по каналам связи на основе витых пар категории 4 с верхней граничной частотой 20 МГц, что всего в 1,25 раза превышает теоретический минимум. Столь малый запас требует достаточно сложных схем обработки сигнала, что не в последнюю очередь определяет высокую стоимость сетевого оборудования этого стандарта.

### **2.3.3. Особенности использования кабелей из витых пар высокоскоростными сетевыми устройствами**

К высокоскоростным сетевым устройствам в данном случае отнесем сетевые интерфейсы ЛВС со скоростью передачи 100 и 1000 Мбит/с. По сравнению с низкоскоростными аналогами при построении этих интерфейсов в более или менее полном объеме используется следующий комплекс технических мероприятий:

- широкое применение процедур параллельной передачи информационного потока по нескольким витым парам одновременно;
- применение кодов с коррекцией ошибок;
- использование многоуровневого и/или блочного кодирования.

В каждом конкретном случае применение этих принципов для реализации интерфейса имеет свои отличительные признаки и особенности. Основной целью их применения является увеличение пропускной способности канала связи на порядок и более в сочетании с умеренным (не более чем в 3–6 раз) увеличением тактовой частоты линейного сигнала (табл. 2.10).

Таблица 2.10. Типы кодирования некоторых сетевых интерфейсов ЛВС

Приложение	Скорость передачи данных, Мбит/с	Вид кодирования	Тактовая частота линейного сигнала, МГц
Token Ring	4	Манчестер	8
Ethernet	10	Манчестер	20
Token Ring	16	Манчестер	32
TP-PMD	100	NRZI+4B5B	125
TP-PMD, 100Base-TX	100	MLT-3+4B5B	62,5
100Base-T4	100	8B6T	25
ATM	155	MLT-3+4B5B	96,88
1000Base-T	1000	PAM-5	125

### 2.3.3.1. Схема кодирования сети 100Base-T4

Интерфейс типа 100Base-T4 разрабатывался с учетом возможностей использования существующей кабельной проводки категории 3 для передачи 100-мегабитных сигналов в полудуплексном режиме. Структурная схема взаимодействия двух сетевых интерфейсов 100Base-T4 изображена на рис. 2.28а. В оборудовании рассматриваемого стандарта для передачи информации в каждый конкретный момент времени задействованы одновременно три пары. Пары 1 и 2 применяются для односторонней передачи сигналов, что обеспечивает возможность функционирования механизма обнаружения коллизий, тогда как пары 3 и 4 могут работать в режиме дву направленной передачи. Направление передачи данных по этим парам в данный конкретный момент времени определяется управляющими сигналами. Использование трех витых пар одновременно позволяет передавать по каждой из них информационный поток со скоростью  $100/3 = 33,33$  Мбит/с. Для уменьшения тактовой частоты применяется формирование линейного сигнала с использованием трехуровневого кода 8B/6T (рис. 2.28б). Согласно алгоритму его реализации в кодере передатчика любой поступающий на него восьмибитовый символ в соответствии со специальной кодовой таблицей преобразуется в шесть трехуровневых символов, которые попарно передаются по трем витым парам. В результате этого тактовая частота линейного сигнала снижается до

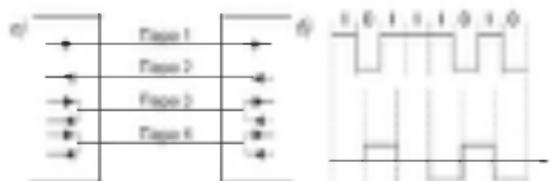


Рис. 2.28  
Сетевой интерфейс 100Base-T4:  
а) схема взаимодействия;  
б) кодирование 8B/6T

значения  $(100 / 3) \times 6/8 = 25$  МГц. Минимальная ширина канала связи для передачи цифрового сигнала с такой частотой составляет 12,5 МГц, что в 1,28 раза меньше ширины полосы пропускания стандартного кабельного тракта категории 3 (16 МГц).

### 2.3.3.2. Схема кодирования TP-PMD и 100Base-TX

Схемы кодирования линейных сигналов сетевых интерфейсов TP-PMD и 100Base-TX полностью идентичны друг другу и используют трехуровневый сигнал типа MLT-3. При этом передача выполняется только по двум витым парам категории 5 и может вестись в полно duplexном режиме (рис. 2.29).

Особенностью кодеров рассматриваемых интерфейсов является то, что разработанный сначала сетевой интерфейс TP-PMD должен был обеспечить совместимость с уровнем PHY спецификации FDDI, на котором используется рассмотренное далее блочное кодирование типа 4B5B. Таким образом, на вход линейного кодера MLT-3 в этих интерфейсах всегда поступает сигнал с тактовой частотой 125 МГц.

Код MLT-3 (Multi Level Transmission) реализуется аналогично коду NRZ-I и обозначается иногда MLT-3 + NRZ-I. Изменение уровня линейного сигнала происходит только в том случае, если на вход кодера поступает единица, но в отличие от кода NRZ-I алгоритм формирования выбран таким образом, чтобы два соседних изменения всегда имели противоположные направления. Формально код MLT-3 является двоичным, однако применение для его построения описанного выше алгоритма позволяет получить сигнал с тремя состояниями и постоянной составляющей, мало отличающейся от нуля даже в самых неблагоприятных ситуациях. Чтобы подчеркнуть эту особенность, коды вида MLT-3 иногда выделяют в отдельный подкласс под названием квазитроичных.

Ранее было отмечено, что код NRZ-I не позволяет обеспечить устойчивую синхронизацию без применения специальных мер. В данном случае эти меры сводятся к принудительному введению во входной сигнал кодера сигналов логической единицы в случае обнаружения длинных последовательностей нулей. В интерфейсах TP-PMD и 100Base-TX данная функция реализуется с использованием аппаратного скремблера. Технически это устройство представляет собой сдвиговый регистр и генерирует квазислучайную последовательность в соответствии с порождающим полиномом вида  $x^{11} + x^9$ . Входным сигналом регистра является сама информационная последовательность. Скремблер устанавливается на входе кодера MLT-3. В приемнике на выходе декодера включается дескремблер, который восстанавливает исходный вид информационного сигнала. Синхронизация функционирования скремблера и дескремблера выполняется с помощью сигналов состояния линии. Применение скремблера позволяет устраниТЬ выбросы на энергетическом спектре линейного сигнала, что дает возможность получения приемлемого уровня переходного затухания без использования экранированной витой пары. Еще одним следствием использования этого устройства является минимизация отклонения от нуля постоянной составляющей линейного сигнала.

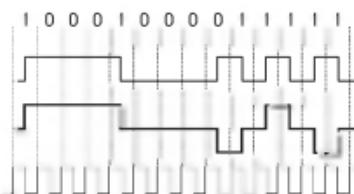


Рис. 2.29. Схема кодирования MLT-3:  
a) сигнал в коде NRZI; б) сигнал в коде MLT-3;  
в) сигнал тактового генератора

Применение трехуровневого кодирования MLT-3 позволяет вдвое уменьшить тактовую частоту линейного сигнала, которая составляет  $125/2 = 62,5$  МГц. Это значение с определенным запасом соответствует параметрам электрического линейного тракта, которые могут быть получены при использовании для его построения элементов категории 5.

Сравнение сетевых интерфейсов 100Base-T4 и 100Base-TX показывает, что при одинаковых скоростях передачи (100 Мбит/с) переход в последнем случае на работу по более качественному тракту категории 5 обеспечивает:

- возможность реализации полнодуплексного режима работы сетевого интерфейса 100Base-TX, что фактически эквивалентно увеличению пропускной способности канала связи вдвое;
- существенное упрощение схем электронной обработки сигналов за счет отказа от установки двунаправленных усилителей, цепей мультиплексирования и демультиплексирования и т.д.; по некоторым оценкам сложность реализации за счет этого уменьшается на 80–90% [45];
- отсутствие потерь помехоустойчивости, вызываемых отличным от нуля значением параметра skew.

Указанные обстоятельства не в последнюю очередь привели к значительно более широкому распространению на практике интерфейса 100Base-TX.

### **2.3.3.3. Технические решения 1000Base-T**

Стандарт сети со скоростью передачи данных в 1 Гбит/с по четырем незкабелизованным витым парам – Gigabit Ethernet 1000Base-T – был разработан подкомитетом IEEE 802.3ab. В соответствии с нормативным документом, опубликованным этим подкомитетом, сеть должна работать в полнодуплексном режиме по каналу на основе незкабелизованной витой пары с верхней граничной частотой 100 МГц и максимальной длиной 100 м с вероятностью ошибки не более  $10^{-10}$ .

Стремление к удовлетворению заложенных в стандарт требований приводит разработчиков сетевых интерфейсов к техническим решениям, интересным в первую очередь широчайшим применением полного комплекса технических средств и достижений современной микрэлектроники для использования потенциальной пропускной способности тракта передачи информации.

Для обеспечения возможности передачи информационного потока со скоростью 1000 Мбит/с по электрическим трактам СКС категорий 5 и 6 при разработке сетевых интерфейсов 1000Base-T использован следующий комплекс мероприятий:

- для передачи задействованы все четыре пары одновременно, причем передача по каждой паре ведется одновременно в двух направлениях;
- в состав приемопередатчиков введены дополнительные узлы минимизации определенных видов помеховых составляющих;
- использован специальный алгоритм синхронизации сетевых интерфейсов;
- применено пятиуровневое кодирование РАМ-5.

Упрощенная схема приемо-передатчика первой пары сети Gigabit Ethernet изображена на рис. 2.30.

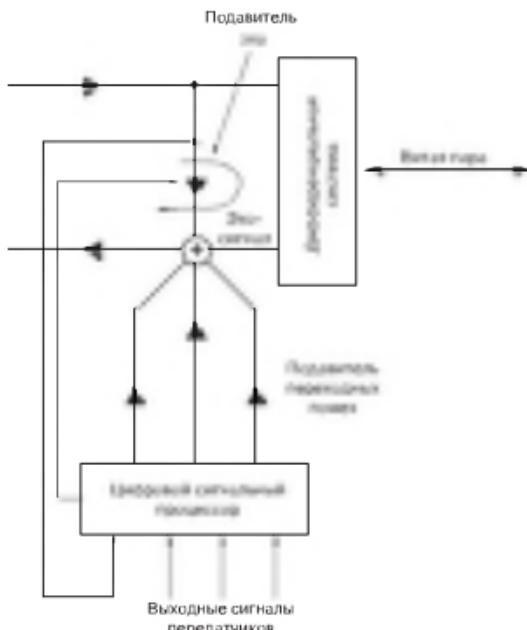


Рис. 2.30

Упрощенная структурная схема передатчика 1000Base-T

Высокие скорости передачи информации выдвигают очень жесткие требования к синхронизации интерфейсов 1000Base-T. Для ее обеспечения они всегда функционируют в режиме Master-Slave. Перед началом работы с использованием расширенного механизма Autonegotiation определяется соотношение приоритетов связываемых устройств. По результатам сравнения интерфейс с более высоким приоритетом (как правило, в его роли выступает коммутирующий концентратор) берет на себя функции мастер-устройства системы синхронизации, подстраивая под частоту своего тактового генератора работу передатчика на дальнем конце. В тех случаях, когда приоритеты связываемых устройств одинаковы, вопрос о выборе мастер-устройства решается жребием.

Входной поток данных со скоростью 1 Гбит/с распределяется равномерно по всем четырем парам, таким образом, по каждой из них данные передаются со скоростью 250 Мбит/с. Для обеспечения возможности двунаправленной передачи в схеме интерфейса устанавливаются развязывающие устройства (дифференциальная система). Конечная эффективность его функционирования приводит к тому, что в приемник наряду с сигналом от передатчика с дальнего конца поступает также сигнал передатчика ближнего конца (эхо-сигнал), который является помехой. Для минимизации его вредного воздействия ослабленный в определенное число раз передаваемый сигнал, обработанный в аналоговом и цифровом фильтрах (цифровой сигнальный процессор), просто вычитается из смеси выходных сигналов приемника. Величина ослабления вычисляется в процессе настройки канала связи перед началом работы.

По такой же схеме работают подавители переходных помех на ближнем конце, причем настройка выполняется индивидуально для каждой влияющей пары. Применение данной процедуры позволяет увеличить величины NEXT для комбинации отдельных пар примерно на 20 дБ. Необходимость применения индивидуальной настройки приводит к тому, что всего в интерфейсе 1000Base-T применяется  $4 \times 3 = 12$  блоков подавителей переходных помех на ближнем конце.

Достаточно оригинально в системе 1000Base-T реализована процедура скремблирования. В отличие от систем TP-PMD и 100Base-TX здесь скремблер каждой пары имеет свой порождающий полином. Это позволяет как снизить корреляцию линейных сигналов отдельных пар, так и однозначно идентифицировать каждый канал на приемной конце. Понесенное свойство оказывается весьма полезным в процессе настройки интерфейса.

Затухание витой пары зависит от ее длины и возрастает с частотой. Для компенсации большого затухания высокочастотных составляющих, которые приводят к «заваливанию» фронтов передаваемых импульсов, возможно два подхода: увеличение амплитуды высокочастотных составляющих в передатчике (предыскажение) или уменьшение усиления на низких частотах в приемнике (коррекция). Недостатком первого подхода является рост величины излучения и снижение переходного затухания, второй подход сопровождается снижением отношения сигнала к шуму. Для устранения отрицательных последствий этих эффектов в приемнике трансивера 1000Base-T использована так называемая динамическая коррекция. Принцип ее действия основан на выборе коэффициента усиления на низких частотах в зависимости от уровня входного сигнала. Согласование производится автоматически, для упрощения схемы коррекции выбран 20-метровый дискрет длины корректируемой линии.

Минимизация уровня переходных помех в комбинированных трансиверах 100/1000Base-T производится с помощью устройства partial response filter, устанавливаемого на выходе трансивера и выполняющего суммирование 3/4 части нового импульса с 1/4 частью предыдущего. Его наличие позволяет приблизить формы спектров интерфейсов 100Base-TX и 1000Base-T и применить выходной импульсный трансформатор, характеристики которого оптимизированы для получения максимума переходного затухания.

Для уменьшения тактовой частоты до величин, позволяющих передавать цифровую информацию по витым парам категории 5 и 6, данные в линии представляются в так называемом

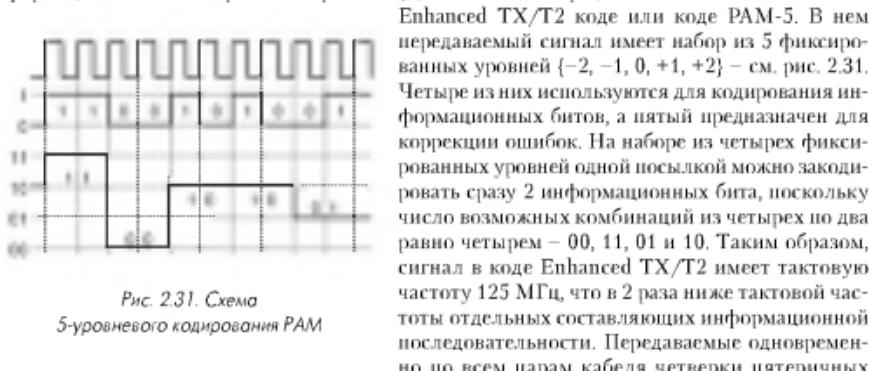


Рис. 2.31. Схема  
5-уровневого кодирования РАМ

знаков представляют собой неделимую единицу информации размером в 1 байт. При тактовой частоте  $f_t = 125$  МГц по всем четырем парам кабеля передается информационный поток  $125$  МГц  $\times 2$  бита/пара  $\times 4$  пары –  $1000$  Мбит/с.

Полоса пропускания канала связи для безошибочного приема такой последовательности согласно разделу 2.3.1 должна составлять не менее  $f_s > f_c/2 = 125/2 = 62,5$  МГц. Далее в разделе 12.2.1 показано, что ширина полосы пропускания канала категории 5 по критерию ACR = 10 дБ составляет примерно 70 МГц. Таким образом, сигналы сетевого интерфейса 802.3ab в принципе могут передаваться по кабельной системе категории 5. При этом верхняя граничная частота этого канала превышает теоретическое минимальное значение всего на 12%, то есть для реализации этого информационного обмена потребуются интерфейсы с очень сложными схемными решениями<sup>1</sup> и соответственно высокой стоимостью. Так, например, по оценкам специалистов немецкой компании Compu-Shack для приема одного бита кадра Gigabit Ethernet контроллер сетевого адаптера 1000Base-T должен выполнить порядка 150 логических операций [46]. Срок службы сетевого оборудования существенно уступает сроку службы СКС (см. табл. 1). Поэтому общей тенденцией является удешевление схемных решений с соответствующим удешевлением сетевой аппаратуры и компенсации потерь помехоустойчивости за счет улучшения параметров кабельной системы. Указанное обстоятельство явилось одной из причин начала разработок электрических кабельных систем категорий 6 и 7.

Одновременно стремление к сохранению хорошо отработанного производства компонентов категории 5 привело к разработке категории 6e. Этот стандарт фактически фиксирует де-юре достигнутый на сегодняшний день де-факто уровень техники. Это позволяет, в частности, расширить полосу частот канала примерно до 85 МГц по критерию ACR = 10 дБ. Одновременно этот стандарт задает также дополнительные параметры типа ELFEXT, соблюдение которых является необходимым для устойчивой работы трансиверов 1000Base-T по симметричному кабелю.

Пятый избыточный уровень Enhanced TX/T2 кода используется для построения механизма коррекции ошибок. Он реализуется кодером Тrellиса и декодером Витерби. Применение механизма коррекции ошибок эквивалентно увеличению помехоустойчивости приемника на 6 дБ.

### 2.3.4. Особенности линейных кодов для оптических каналов связи

При выборе кодов для передачи информации по оптическим каналам связи необходимо учитывать следующие особенности этой среды передачи и элементной базы оптических приемопередатчиков:

- линейный сигнал может принимать только нулевое или положительное значение («отрицательный» свет не существует), то есть в линии всегда будет присутствовать постоянная составляющая;
- линии оптической связи используются для передачи высокоскоростных сигналов на большие расстояния, то есть требования минимального расширения полосы частот исходного сообщения более значимы по сравнению с электрическими системами;
- особенности элементной базы, используемой для построения оптических каналов связи, и, в частности, заметная временная и температурная нестабильность мощности выходного сигнала оптических излучателей (особенно полупроводникового лазера) не позволяют широко использовать многоуровневые схемы кодирования;
- современные полупроводниковые излучатели не могут генерировать чистое монохроматическое излучение. В силу этого в подавляющем большинстве линий оптической связи используется модуляция интенсивности (мощности) излучения и применение дискретной фазовой и частотной модуляции излучения невозможно;

<sup>1</sup> Для пятиразрядных кадров, стартовый и стоповый символы считаются избыточными для канала 1000Base-T, поэтому эти кадры считаются избыточными на один приемопередатчик.

- значительно более высокая стоимость световода по сравнению с витой парой (соотношение примерно 30 центов волокна 62,5/125 против 6 центов витой пары категории 5) делают экономически нецелесообразным использование широко применяемого в электрических системах принципа распараллеливания информационных потоков и их передачу по отдельным подканалам с меньшей скоростью;
- оптическая сетевая аппаратура из-за наличия так называемого квантового шума обладает существенно меньшим энергетическим потенциалом. Так, например, можно показать, что энергетический потенциал сетевого интерфейса, использующего в качестве среды передачи витую пару категории 5, должен составлять не менее 24 дБ, тогда как для оптических интерфейсов типовое значение этого параметра равно 11 дБ, то есть на 13 дБ меньше. Это обстоятельство приводит к тому, что в оптических системах практически не применяется дву направленная передача информационного сигнала по одному волокну и канал связи образуется двумя световодами, по каждому из которых информация передается в одном направлении.

В оптических системах связи со скоростью передачи информации до 16 Мбит/с широко применяется самосинхронизирующееся манчестерское кодирование, так как широкополосность современных оптических кабелей вполне позволяет организацию нормируемых стандартами СКС кабельных трасс длиной до 3 км. При скоростях порядка 100 Мбит/с и выше широкополосность многомодового оптического кабеля оказывается уже недостаточной, и используются более экономичные в плане требуемого частотного диапазона блочные коды. Возможность применения этого кодирования основывается на достаточно высокой стабильности частоты тактового генератора, реализованного на современной элементной базе. Это позволяет выполнять подстройку не по каждому сигнальному биту, а реже.

*Код 4B5B* является примером блочного самосинхронизирующего кодирования, который используется в системах FDDI и Fast Ethernet 100-BASE-FX. Согласно алгоритму его реализации каждые 4 входных информационных бита кодируются пятью линейными. Правила кодирования задаются с помощью так называемой кодовой таблицы. Вид кодовой таблицы может быть самым различным в зависимости от поставленной задачи и требуемых свойств кода. Так, в системе FDDI из соображений обеспечения устойчивости тактовой синхронизации и минимизации флуктуаций средней оптической мощности линейный сигнал при передаче данных всегда имеет не менее двух изменений в каждом блоке. Схема блочного кодирования системы FDDI приведена в табл. 2.11.

Линейный сигнал при блочном кодировании обладает избыточностью по сравнению с информационным. Избыточность используется для увеличения помехоустойчивости и обнаружения ошибок, так как часть кодовых комбинаций при этом оказывается запрещенной. При их обнаружении выдается команда VIOLATION [47].

В сравнении с RZ и манчестерскими кодами кодирование 4B5B обеспечивает тактовую частоту не в два, а только в 1,25 превышающую тактовую частоту информационного сигнала. Это позволяет намного более эффективно использовать полосу пропускания линии связи.

*Код 8B10B* является другим примером блочного кода, который изначально был разработан компанией IBM для применения в аппаратуре ESCON, затем использовался в аппаратуре Fiber Channel и отсюда был заимствован для применения в сетях Gigabit Ethernet 1000Base-SX (многомодовая оптика) и 1000Base-LX (многомодовая или одномодовая оптика). В коде 8B10B для представления 8 бит данных используются 10 сигнальных бит. Незакодированная информация состоит из восьми информационных бит A, B, C, D, E, F, G, H и контрольного бита Z. Эти биты кодируются с помощью таблицы в биты a, b, c, d, e, i, f, g, h, j десятибитового так называемого передаваемого символа (*transmission character*). Контрольный бит принимает значение D\* для символов, представляющих исходные данные,

и К – для специальных символов. Отметим также, что принцип составления кодовой таблицы выбран таким образом, чтобы символы D-типа не содержали более четырех нулей или единиц подряд.

Таблица 2.11. Схема кодирования 4B5B

Символ блока данных	Десятичный тип	Представление сигнального блока	
		Двигательное	Блокировочное
0	0000	20	11110
1	0001	19	01001
2	0010	20	10100
3	0011	21	10101
4	0100	16	01010
5	0101	11	01011
6	0110	14	01110
7	0111	15	01111
8	1000	18	10010
9	1001	19	10011
A	1010	22	10110
B	1011	23	10111
C	1100	26	11010
D	1101	27	11011
E	1110	28	11100
F	1111	29	11101

Каждой входной последовательности из 8 информационных и одного контрольного бита ставится в соответствие название, составленное по формуле  $Zxx.y$ , где Z – контрольный бит, xx – десятичное число, составленное из пяти последних бит D, E, F, G и H, и у – десятичное число, составленное из трех первых бит A, B и C. Например, специальный (типа К) шестнадцатеричный символ BC называется K28.5. Приемник декодирует полученную информацию блоками по 10 бит, после чего символы типа D\* преобразуются в одну из 256 восьмибитовых комбинаций, а символы типа К используются для управления протоколом. Символы, которые не являются символами типа D\* или K, рассматриваются как ошибки нарушения протокола.

Каждый символ типа D\* или K имеет два, необязательно различных, варианта представления, которые зависят от начального значения нечетности символа или текущего дисперситета (Running Disparity, RD). Для каждого следующего передаваемого символа передатчик и приемник вычисляют новое значение RD на основе сбалансированности нулей и единиц в подблоках (первые шесть бит и последние четыре бита) переданного только что символа, и на основе полученного результата определяется то представление следующего импульса, которое будет передаваться в линию. Механизм вычисления параметра RD обеспечивает наличие достаточного количества смен уровня сигнала для синхронизации передатчика и приемника.

Некоторые дополнительные сведения о правилах формирования кода 8B10B содержатся в статье [48].

## 2.4. Выводы

Сетевая аппаратура, применяемая для построения локальных и корпоративных сетей, и аппаратура сетей связи общего пользования используют одинаковые принципы передачи информации. Поэтому в структурированных кабельных системах контролируются и стандартизируются в основном те же параметры, что и в электрических и оптических сетях связи масштаба города и выше. Традиционно нормирование по основной массе характеристик для кабельной техники выполняется в частотной области.

Отличия в контролируемых характеристиках целиком и полностью определяются техническими особенностями трактов СКС, основополагающими из которых являются относительно небольшие длины каналов в сочетании с возможностью поддержки высоких скоростей информационного обмена, характерных для современных сетевых интерфейсов.

Основными параметрами, которые задаются стандартами и контролируются в электрических трактах, являются затухание и переходное затухание. Частотный диапазон их нормирования определяется категорией построенной линии.

В новейших перспективных приложениях с информационной пропускной способностью 100 Мбит/с и выше широко применяется принцип одновременной передачи общего информационного потока по четырем витым парам стандартного горизонтального кабеля СКС. Это заставляет существенно расширять как список обязательных контролируемых параметров (delay, skew и т.д.), так и модернизировать принципы и методики определения заданных ранее характеристик (модель суммарной мощности).

В оптических трактах выполняется нормирование коэффициента затухания и таких параметров потенциальной пропускной способности, как дисперсия (для одномодовых кабелей) и коэффициент широкополосности (для многомодовых кабелей). В отличие от сетей связи общего пользования эти характеристики задаются для первого и второго окна прозрачности. Третье окно прозрачности 1550 нм в технике СКС используется достаточно мало, так как переход в него не дает каких-либо существенных преимуществ.

Соответствующий выбор способа кодирования линейного сигнала обеспечивает более полное использование потенциальной пропускной способности трактов СКС. При выборе способа кодирования решаются задачи обеспечения требуемой помехоустойчивости и устойчивости синхронизации. Применение параллельной передачи одновременно по всем четырем парам и использование многоуровневых линейных кодов позволяет передавать информационные потоки со скоростью 1000 Мбит/с по стандартным электрическим трактам СКС с верхней нормируемой частотой 100 МГц.

Небольшая длина оптических трактов СКС определяет значительный объем применения для их построения многомодовой техники. Одномодовые линии связи используются в значительном объеме только при построении подсистемы внешних магистралей с длиной порядка 1500 м и более.

Характерный для конца 90-х годов уровень цен на оптические компоненты делает экономически невыгодным использование в оптических трактах СКС принципа параллельной передачи по нескольким каналам с меньшей скоростью. Поэтому основным средством получения требуемого качества передачи и устойчивости синхронизации является применение блочных кодов.

# ГЛАВА III

## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ СКС

### 3. 1. Кабели на основе витых пар

#### 3. 1. 1. Общие положения и классификация

Кабели на основе витых пар с медными проводниками широко применяются в СКС для передачи электрических сигналов. Любой рассматриваемый в этой главе кабель содержит одну или несколько скрученных с различными шагами витых пар проводов и по действующей классификации относится к симметричным<sup>1</sup>. Кроме витых пар он может иметь несколько дополнительных защитных, экранирующих и технологических элементов, которые образуют сердечник. Каждый провод снабжается изоляцией из сплошного или всепененного диэлектрика. Использование последнего несколько снижает удельную массу кабеля и значительно улучшает его частотные свойства, однако поднимает себестоимость готового изделия. На сердечник накладывается защитная оболочка в виде шланга, в большей или меньшей степени предохраняющая витые пары от внешних воздействий и сохраняющая структуру сердечника во время прокладки и эксплуатации. Наличие общей внешней защитной оболочки сердечника является основанием для отнесения рассматриваемой конструкции к классу кабелей. Все прочие электротехнические изделия, также предназначенные для передачи электрических информационных сигналов, в дальнейшем считаются проводами. В зависимости от основной области применения и соответственно конструкции кабельные изделия для СКС на основе витых пар подразделяются на четыре основных

вида:

- горизонтальный кабель;
- многоарный кабель;
- кабель для шнуров;
- провод для перемычек.

Кабели СКС должны отвечать требованиям пожарной безопасности. Более подробно аспекты пожарной безопасности рассмотрены в главе 9.

На основе кабелей рассматриваемого класса могут быть реализованы все три подсистемы СКС, хотя на внешних магистралях их применение для высокоскоростных приложений класса D затруднено ввиду жестких физических ограничений на максимальную длину сегмента. На основании этого большинство электрических кабелей предназначено для применения внутри здания. Имеется также ограниченная номенклатура кабелей на основе витых пар, которые могут прокладываться между зданиями. Из-за упомянутого ограничения длины тракта передачи сигналов приложений класса D такие конструкции не получили широкого распространения для поддержки работы ЛВС, однако в массовом масштабе применяются для передачи сигналов низкоскоростного сетевого оборудования, например УАТС.

<sup>1</sup> В классификации подразумевается разница между кабелем и проводом изоляционными

### 3.1.2. Горизонтальный кабель

#### 3.1.2.1. Разновидности горизонтальных кабелей

Горизонтальный кабель<sup>1</sup> предназначен для использования в горизонтальной подсистеме на участке от коммутационного оборудования в кроссовой этаже до информационных розеток рабочих мест. Свое название данный вид кабеля получил из-за того, что в большинстве случаев укладывается на трассе прокладки в горизонтальном положении с минимальным количеством вертикальных участков. Основная масса рассматриваемых конструкций имеет волновое сопротивление 100 Ом, во Франции и некоторых других европейских странах достаточно популярны кабели с сопротивлением 120 Ом. Действующие редакции стандартов допускают применение также кабелей с волновым сопротивлением  $Z_n = 150$  Ом. Этот вид кабельных изделий имеет большое распространение в США, в Европе его доля на фоне остальных видов кабеля оказывается существенно меньшей. В нашей стране в связи с малой популярностью аппаратуры Token Ring такой вид кабелей используется очень редко.

Наиболее распространенные на практике конструкции содержат четыре витых пары. Известно, что часть сетевого оборудования использует для обмена информацией только две витые пары. На основании этого стандарты ISO/IEC 11801 в редакции 1995 года и EN 50173 допускают также применение двухпарных кабелей. Этот вариант кабеля при лучших массо-габаритных показателях имеет меньшую стоимость и достаточно широко распространен в некоторых европейских странах. Однако его применение существенно ограничивает функциональные возможности кабельной системы и, в частности, не позволяет передавать сигналы новейших перспективных приложений типа Gigabit Ethernet. Из-за характерной формы оболочки двухпарные кабели иногда называют овальными в отличие от четырехпарных, которые в этом случае называются круглыми. Исторически сложилось так, что двухпарные конструкции горизонтальных кабелей не попадают в заметной популярностью в нашей стране, хотя и включены в состав некоторых СКС. Поэтому в дальнейшем предполагается, что горизонтальный кабель содержит четыре пары.

В связи с большим распространением в СКС 2-портовых рабочих мест некоторые фирмы выпускают спаренные (сдвоенные) 4-парные кабели. На профессиональном сленге специалистов по СКС спаренные кабели достаточно часто называют *shotgun* – «дробовик, двустволка» из-за внешнего сходства его концевой части со стволом охотничьего ружья. Интересно отметить, что термин начинает проникать даже в официальные каталоги некоторых фирм-производителей кабельной продукции.

Конструктивно спаренные кабели имеют две основные разновидности. В первой из них два отдельных шланга соединены в единое целое узкой перемычкой. Из-за ясно видимой структуры отдельных элементов такие изделия иногда называются зинкордом (по аналогии с электрическим проводом) или сиамским кабелем. Реже используется наименование этой конструкции как кабель UTP Figure 8 (израильская компания Cvalim) или FIG-8 (израильская компания Teldor). Во втором варианте (типа 2×1061С фирмы Lucent Technologies и Uninet 1002 2×4Р швейцарской компании Datwyler) два обычных горизонтальных кабеля объединены в интегральную конструкцию общей внешней оболочкой. Для обеспечения возможности однозначной идентификации внешние шланги отдельных элементов имеют различную окраску. Большинство конструкций спаренных кабелей содержит одинаковые по своим электрическим характеристикам элементы категории 5, но у кабелей, выпускаемых

<sup>1</sup> Важно принять во внимание, что горизонтальный кабель может быть использован в качестве кабеля для подключения кабелей к коммутационному оборудованию, а в некоторых случаях может применяться для подключения кабелей к коммутационному оборудованию к линии телефонной связи.

компанией AMP в середине 90-х годов, один элемент имеет характеристики категории 5, а второй – категории 3 или 4. По своим электрическим характеристикам спаренные кабели не отличаются от обычных, однако их применение позволяет снизить общую стоимость работ по реализации горизонтальной подсистемы СКС за счет того, что за один цикл выполняется протяжка до розетки сразу двух кабельных элементов вместо одного.

Механическая прочность спаренного кабеля при растягивающим усилиям примерно вдвое превышает механическую прочность одиночного кабеля, прочность этих изделий к раздавливающим усилиям оказывается почти одинаковой.

Естественным откликом кабельной промышленности на усложнение информационно-вычислительных систем и увеличение количества сетевых устройств на рабочих местах пользователей стало появление в широкой коммерческой продаже в 2001 году первых образцов строенных горизонтальных кабелей. Для облегчения прокладки фиксирующие петельки между оболочками могут располагаться не в плоскости симметрии, а с определенным смещением. Это позволяет свернуть ленту кабеля «в трубку» (рис. 3.1а), получить структуру, близкую к осесимметричной, и существенно облегчить за этот счет протяжку по кабельной трассе в каналах различных видов.



Рис. 3.1. Строенные кабели компании Corning [49]:  
а) в собранном состоянии; б) в расправленном состоянии

Кабели, у которых под общей оболочкой находятся три и более 4-парных элемента, относятся к многопарным и рассматриваются далее в разделе 3.1.3.1.

### **3.1.2.2. Материалы проводников**

Основные свойства материалов, применяемых в процессе изготовления кабелей связи различного назначения, приведены в табл. 3.1. По совокупности признаков для изготовления проводников используется электротехническая медь, другие материалы применяются редко, только в случае существования специальных требований по условиям эксплуатации. Недостаточная стойкость этой разновидности меди к коррозионным повреждениям компенсируется применением специальных изоляционных материалов и контактов (см. далее).

С целью снижения уровня затухания проводники горизонтального кабеля изготавливаются из монолитной (Solid) медной проволоки. Отдельные витые пары образуют кабельный сердечник, покрытый общей для всех пар внешней защитной изоляционной оболочкой толщиной примерно 0,5–0,6 мм. Для придания сердечнику определенной структуры в процессе производства и ее сохранения во время эксплуатации может применяться обмотка пар полимерными ленточками или нитями. Облегчение разделки некоторых кабелей обеспечивается

Таблица 3.1. Основные свойства материалов, применяемых при изготовлении жил проводников горизонтальных кабелей

Материал	Максимальная рабочая температура, °C	Проводимость	Способность к пайке	Коррозионная стойкость	Допустимый радиус изгиба	Стоимость
Электротехническая медь	+130	Очень высокая	Хорошая	Высокая	Очень малый	Очень низкая
Оцинкованная сталь	+150	Очень высокая	Очень хорошая	Очень высокая	Малый	Низкая
Посеребренная медь	+205	Очень высокая	Очень хорошая	Умеренная	Средний	Очень высокая
Никелированная медь	+250	Высокая	Средняя	Очень высокая	Удовлетворительный	Средняя
Никель	+500	Удовлетворительная	Отсутствует	Очень высокая	Средний	Высокая

добавлением под оболочку разрывной нити (rip-cord). При вытягивании эта нить оставляет за собой продольный разрез и открывает доступ к кабельному сердечнику.

По видам скрутки проводников горизонтального кабеля различают парную и четверочную (рис. 3.2). Отметим, что при реализации четверочной скрутки проводники одной пары всегда располагаются напротив друг другу. Четверочная скрутка позволяет добиться меньших внешних габаритов кабеля, большей стабильности его конструкции и лучших электрических характеристик, однако кабель с четверочной скруткой более сложен в производстве и разделке и, следовательно, мало распространен в технике СКС. Так, например, в Европе относительно популярность конструкции с такой скруткой получили

только во Франции. Полному вытеснению этого вида кабелей из практического применения препятствует то его достоинство, что за счет маленьких внешних габаритов он допускает меньший радиус изгиба и занимает меньше места в кабельном канале.

Для уменьшения взаимного влияния пар друг на друга в кабелях с парной скруткой используют различные и некратные шаги скрутки проводников. Выбор конкретного значения шага скрутки обычно определяется особенностями технологического оборудования предприятия-изготовителя, что на практике приводит к большому разнообразию (табл. 3.2). Он производится таким образом, чтобы во всем рабочем диапазоне частот

- сигналы витых пар должны минимальным образом воздействовать друг на друга (то есть обеспечивается максимальное переходное затухание);
- в самой витой паре не должны возникать слишком сильные резонансные явления.

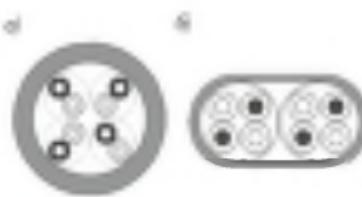


Рис. 3.2. Виды скрутки витых пар: а) парная; б) четверочная

Таблица 3.2. Шаги скрутки [в миллиметрах] витых пар горизонтальных кабелей категории 5 различных производителей [34]

Фирма	Пара 1	Пара 2	Пара 3	Пара 4
General Cable	14	17	12	20
BICC	18	15	20	12
Belden	25	20	16	32
Lucent Technologies	15	13	20	24
Mohawk/CDT	25	17	28	20

В кабелях с четверочной скруткой пары четверки прилегают друг к другу существенно плотнее, однако они электрически развязаны друг от друга за счет того, что их плоскости в любом месте ориентированы перпендикулярно друг другу.

### 3.1.2.3. Материалы изоляции проводников

В качестве материала изоляции проводников в кабелях категории 3 обычно используется поливинилхлорид, в кабелях категории 5 и выше широко используются другие материалы с улучшенными электрическими характеристиками, например полизиэтилен и полипропилен (табл. 3.3). Применяются как сплошные (рис. 3.3а), так и всененные материалы, причем последние за счет значительно меньших диэлектрических потерь позволяют получить несколько лучшие электрические характеристики, однако являются более дорогими и применяются преимущественно в кабелях с верхней граничной частотой свыше 100 МГц. Толщина изоляционного покрова составляет около 0,2 мм.

Для изоляции по большей части выбирается материал с коэффициентом пористости (определенным как отношение объема воздушных включений к общему объему образца) не более 0,5. В противном случае изоляционный покров оказывается недостаточно прочным и при прокладке кабелей с небольшим радиусом изгиба сразу или со временем продавливается проводниками, что сопровождается коротким замыканием. Изоляция из всененного материала, как правило, снабжается верхним слоем из обычного (так называемая *foam skin* – «конструкция») – см. рис. 3.3б. Помимо снижения диэлектрических потерь, всененный материал позволяет в принципе получить меньшую величину диэлектрической постоянной  $\epsilon$  (табл. 3.3, где, в частности, приведены данные по обычному и всененному полизиэтилену), что снижает емкость витой пары и дополнительно улучшает ее частотные свойства.

Кроме конструкции, изображенной на рис. 3.3б, на практике иногда применяется дополнительный внутренний слой из сплошной изоляции, непосредственно примыкающий

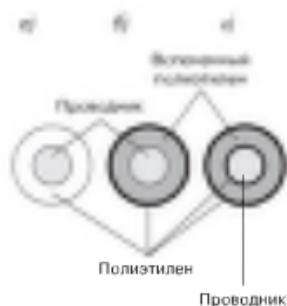


Рис. 3.3. Виды изоляционных покровов проводников витой пары: а) сплошной; б) из вспененного материала; в) из вспененного материала с внутренним слоем сплошной изоляции

к жиле (рис. 3.3в) [50]. Такое решение практически не ухудшает частотные свойства провода и одновременно за счет увеличения эффективного диаметра проводника позволяет заметно улучшить его изгибные свойства.

Таблица 3.3. Основные изоляционные материалы проводников симметричных кабелей СКС

Материал	Латинское сокращение	Дизэлектрическая проницаемость $\epsilon$	Рабочий диапазон температур, °C
Поливинилхлорид	PVC	4,0 – 5,0	-40...+85
Полипропилен	PP	2,4	-10...+100
Полиэтилен	PE	2,3	-55...+85
Ячеистый полиэтилен	–	1,2	-55...+85
Ячеистый полиэтилен с оболочкой	Foam Skin PE	1,5	-55...+85
Тефлон	FEP, PTFO, PFA*	2,0	-190...+260

\* В зависимости от вида пленки.

### 3.1.2.4. Внешние оболочки

Для изготовления внешней оболочки наряду с обычным поливинилхлоридом часто применяется материал типа компаунда, который не содержит галогенов и не поддерживает горения, а также так называемые малодымные полимеры. Полному вытеснению поливинилхлорида препятствует тот факт, что переход на оболочку из негорючих материалов увеличивает цену готового продукта примерно на 20–30%, а компаунды, не содержащие галогенов, обладают низкой огнестойкостью. Более подробная информация по этой проблеме содержится в главе 9.

Необходимая в процессе разделки кабелей хрупкость внешней оболочки, обеспечивающая точный и надежный надрез в выбранном месте, достигается добавлением в исходное сырье определенного количества мела.

Внешняя оболочка окрашивается обычно в серый цвет различных оттенков, но встречаются и другие стандартные для конкретного производителя цвета (синий, фиолетовый, белый, красный). Оранжевая окраска в большинстве случаев означает, что оболочка изготовлена из негорючего материала, следовательно, кабель может быть использован для прокладки в так называемых реплик-полостях (см. главу 9). Заказ оболочек различных цветов может оказаться полезным в процессе создания СКС, так как позволит отличать друг от друга кабели соответствующих функциональных секций, разных розеток и категорий. Цветовая гамма может меняться в достаточно широких пределах даже на небольших партиях, так как требуется лишь добавление красителя к исходным материалам перед процессом экструзии оболочки. Для минимизации себестоимости готовой продукции при выпуске крупных партий кабеля исходное сырье заказывается определенного цвета.

Конструкции, предназначенные для внешней прокладки, снабжаются полиэтиленовой оболочкой, так как этот материал обладает существенно более высокой влагостойкостью по сравнению с поливинилхлоридом и огнестойким компаундом. При этом из соображений сохранения единства технологического процесса внешняя полиэтиленовая оболочка наносится на обычную вторым слоем. Известны также изделия фирмы Mohawk/CDT с гелевым заполнением внутренних пустот сердечника (M56871) для воздушной подвески (M57041) и с броней из гофрированной стальной ленты (M57042).

На внешнюю оболочку наносятся маркирующие надписи, где указывается тип кабеля, диаметр и тип проводников, характеристики оболочки, фирма-производитель и фирменное обозначение кабеля, наименование стандарта и сертифицирующей лаборатории, а также футовые или метровые метки длины. По двум последним параметрам имеются определенные различия между американскими и европейскими кабельными компаниями. Так, основной сертифицирующей лабораторией для американских производителей кабельной продукции является Underwriters Laboratory (UL), европейские изготовители обращаются в датскую испытательную организацию Delta Electronics Testing. Американские кабельные компании в основном применяют футовые метки длины, европейские производители используют метровый дискрет этого параметра.

### 3.1.2.5. Экранирование горизонтальных кабелей

В зависимости от наличия или отсутствия дополнительных экранирующих покрытий отдельных витых пар и/или сердечника в целом горизонтальные кабели из витых пар подразделяются на экранированные и неэкранированные. При такой классификации принципиально возможны четыре основных типа кабельных изделий, то есть, кроме кабелей без экранов, среди экранированных конструкций следует выделить кабели с общим внешним экраном, с экранами для каждой пары и с одновременным экранированием отдельных пар и сердечника в целом. Экранирование применяют в первую очередь для повышения переходного затухания на ближнем и дальнем концах, снижения уровня ЭМИ и в целях повышения помехозащищенности. Некоторые типы экранов придают кабелю дополнительную механическую прочность. Внешний вид различных вариантов кабелей изображен на рис. 3.4, на рис. 3.5 представлены их поперечные сечения.



Рис. 3.4. Конструкции горизонтальных кабелей

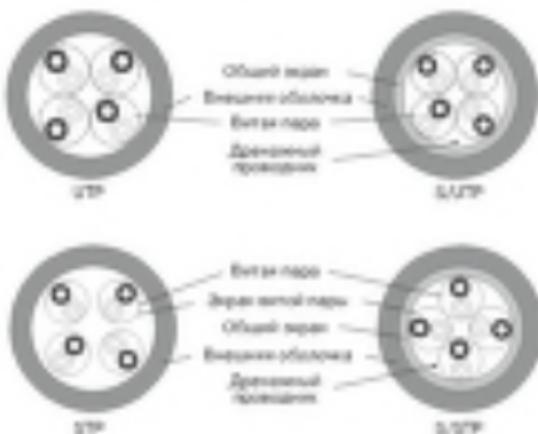


Рис. 3.5  
Структура сердечников и оболочек кабелей различных видов сечения

Наибольшее распространение для экранирования отдельных пар получили металлизированные алюминием тонкие полимерные пленки, причем известны конструкции с ориентацией стороны металлизации как внутрь, так и наружу. Толщина слоя металлизации выбирается равной примерно 50 мкм. Края фольги экрана могут укладываться друг на друга с нахлестом или соединяться продольным швом типа кровельного.



Рис. 3.6. Структура обнаженной пары «Браутнет»

В подавляющем большинстве конструкций пленочный экран выполняется для каждой пары индивидуально. В начале 2001 года компания Draka Multimedia Cable GmbH выпустила в широкую коммерческую продажу кабель для системы Basynet, у которой отдельные пары имеют индивидуальную экранировку, но при этом скрупированы попарно. Экран выполнен общим для двух пар, но при этом за счет формы, близкой к S-образной, каждая пара имеет индивидуальную экранировку (рис. 3.6). Дополнительно в общей фольге пары несколько смещены относительно друг друга, что позволяет сделать конструкцию сердечника более плотной и компактной и уменьшить внешний диаметр кабеля.

Внешние экраны, окружающие кабельный сердечник, изготавливаются из такой же пленки или выполняются в виде оплетки из оцинкованной медной проволоки. В последнем случае экран достаточно часто накладывается на внутреннюю общую оболочку из тонкой полимерной пленки (примером может служить кабель Uninet 1002P немецкой компании Datwyler) [2].

Пленочные экраны сердечника обычно выполняются однослойными. Компания Alcatel использовала в своем изделии GIGATEK двойной пленочный экран, причем направления намотки лент фольги выбраны различными для увеличения его механической прочности при сохранении высокой гибкости. В состав конструкции пленочного экрана обычно вводится дополнительный тонкий неизолированный луженый медный или оцинкованный дренажный проводник диаметром около 0,5 мм. В функции последнего входит обеспечение электрической непрерывности экрана при случайных разрывах пленки во время прокладки и эксплуатации. Некоторые конструкции коммутационных розеток модульного типа используют дренажный проводник как основной элемент обеспечения надежной гальванической связи экранов кабеля и розетки. В тех случаях, когда применяется двухслойная конструкция экрана, дренажный проводник укладывается между отдельными слоями. Экран из оплетки может иметь различную плотность. В тех случаях, когда изготовитель производит несколько вариантов кабелей с экранами различной плотности, ее величина указывается в технических данных кабеля и задается в процентах.

На практике получили достаточно широкое распространение кабели с общим пленочным экраном, который дополняется оплеткой. Конструкцию такого типа иногда называют HIGH Screen. Массовому распространению двухслойных экранов способствует то обстоятельство, что механическая прочность оплетки намного выше, поэтому при заделке в разъем обеспечивается полный круговой контакт с его экранирующим кожухом. Одновременно пленочные экраны хорошо защищают кабель от высокочастотных помех (RFI), а экраны в виде оплетки – от низкочастотных (EMI), то есть двухслойный экран рассматриваемого вида обеспечивает надежное экранирование кабельного сердечника во всем диапазоне частот. Отметим, что в случае применения двухслойных экранов использование дренажного проводника становится излишним, хотя из соображений сохранения единства технологического процесса он достаточно часто оставляется в конструкции.

Дальнейшее улучшение характеристик кабеля по снижению уровня ЭМИ и повышению помехоустойчивости обеспечивается применением общих многослойных экранов типа «пленка-оплетка-пленка» или «пленка-оплетка-пленка-оплетка» (решения типа Super Screen [51])<sup>1</sup>.

К сожалению, к моменту завершения работы над данной монографией отсутствовала общепринятая терминология по обозначению конструктивных разновидностей горизонтальных кабелей. Производители в каталогах и технической документации часто используют свою собственную систему обозначений. Тем не менее в этой области можно выделить некоторую систему. Кабели с пленочным экраном часто кодируются с использованием буквы F (от слова foiled – «фольгированный»), а наличие экрана в виде оплетки отмечается буквой S, сокращением Sc (screen – «экран») или BS (Braided Screen). Дополнительно отметим, что конструкции с четверочной скруткой (см. раздел 3.1.2.1) обозначаются аббревиатурой STQ (от англ. star quad). Кроме того, среди производителей кабельной продукции для построения СКС достаточно распространено явное указание типов экранов как в полном, так и в сокращенном наименовании кабелей, особенно горизонтальных. Общие сведения об используемых далее в тексте обозначениях разновидностей кабелей, конструкции экрана и целях экранирования приводятся в табл. 3.4.

Областью применения кабелей S/UTP является построение горизонтальной подсистемы СКС при значительном уровне внешних наводок (производственные цеха и другие

Таблица 3.4. Виды конструкций горизонтального кабеля

Условное обозначение основное	Экран	Цель экранирования	
альтернативное			
UTP	–	Отсутствует	–
STP		Экранирование каждой пары	<ul style="list-style-type: none"> <li>• снижение уровня ЭМИ</li> <li>• повышение защищенности от внешних помех</li> </ul>
–	PIMF или PMF (pair in metall foil)	Индивидуальный пленочный экран каждой пары	<ul style="list-style-type: none"> <li>• повышение переходного затухания</li> </ul>
S/UTP	ScTP, FTP	Общий экран для всех пар	<ul style="list-style-type: none"> <li>• снижение уровня ЭМИ</li> <li>• повышение защищенности от внешних помех</li> </ul>
S/STP	STP, S-STP	Экранирование каждой пары + внешний экран вокруг всех пар	<ul style="list-style-type: none"> <li>• снижение уровня ЭМИ</li> <li>• повышение защищенности от внешних помех</li> <li>• повышение переходного затухания</li> <li>• увеличение механической прочности</li> </ul>

помещения с источниками сильных электромагнитных полей) или при повышенных требованиях к безопасности кабельной системы (защита от несанкционированного доступа). По некоторым данным на этот тип кабеля приходится до 90% объема выпуска экранированных конструкций [52].

S/STP кабели в сравнении с STP обладают лучшими характеристиками по защите от внешних помех и по уровню ЭМИ, однако основным их преимуществом перед другими конструктивными решениями являются значительно более высокое (на 10–15 дБ и более

<sup>1</sup> Кабели, данные различны, существуют разные конструкции, которые отличаются тем, что волокна в витой паре имеют различные изоляции витков, например кабели с волокнами на основе стекловолокна различной длины витков.

при условии правильного монтажа) значение NEXT. На сегодняшний день считается, что обеспечить двухстороннюю передачу линейных сигналов с тактовой частотой выше 250–300 МГц в дуплексном режиме на требуемое стандартами расстояние 90 м можно только с использованием конструкции S/STP.

STP и S/STP кабели следует применять во всех случаях, перечисленных для S/UTP кабелей, когда:

- требуется получение длин кабельных сегментов более 90 м;
- необходимо построение систем передачи данных, для которых электрические характеристики кабелей категории 5 являются недостаточными;
- должны выполняться повышенные требования по защите от несанкционированного доступа к передаваемой информации.

Параметры кабелей с индивидуальным экранированием каждой пары могут существенно превосходить требования категории 5 (особенно по параметру NEXT и соответственно по параметру ACR). Следует, однако, иметь в виду, что пока не существует официально признанных на международном уровне стандартов ни из увеличенные длины сегментов, ни на сети, для работы которых электрические характеристики неэкранированных витых пар категории 5, а также проекта категорий 5e и 6 являются недостаточными.

UTP кабели в сравнении с экранированными обладают следующими преимуществами:

- меньшая стоимость;
- меньшая трудоемкость монтажа и эксплуатации;
- отсутствие повышенных требований к внутреннему заземляющему контуру здания;
- лучшие массогабаритные показатели;
- меньший радиус изгиба.

Основными преимуществами экранированных конструкций являются потенциально лучшая защита от внешних электромагнитных наводок, повышенная механическая прочность в случаях применения оплеточных экранов и лучшая защита от несанкционированного доступа к передаваемой информации. Высокая теплопроводность металлических элементов некоторых типов экранов обеспечивает эффективный отвод тепла, возникающего в проводниках в процессе передачи информации из-за протекания электрического тока. На основании этого некоторые производители гарантируют для производимых ими экранированных конструкций меньшее затухание по сравнению с неэкранированными.

**Таблица 3.5. Типовые механические характеристики различных типов горизонтальных 4-парных кабелей**

Тип кабеля	UTP		STP Пленочный экран	S/UTP Комбиниро- ванный экран	S/UTP	S/STP
	Кат. 5	Кат. 6				
Масса, кг/км	30–33	34–37	42	49	65–85	82–88
Внешний диаметр, мм	4,9	5,2	5,4	6,2	7,6	8,0
Рабочий диапазон температур, °C				–20...+60–70		
Радиус изгиба, мм	30–35		35–40		40–45	

Дополнительно отметим, что экранированные конструкции позволяют существенно снизить экологические нагрузки на окружающую среду при высокой концентрации телекоммуникационного и компьютерного оборудования [53], характерных для офисных помещений.

Однако корректное обсуждение этой проблемы на данном этапе развития техники пока не представляется возможным в первую очередь из-за отсутствия хорошо апробированных на практике и общепризнанных медицинских норм на допустимый уровень воздействия высокочастотного электромагнитного излучения на организмы человека и животных. Сравнительная характеристика некоторых механических и эксплуатационных параметров основных вариантов конструкции четырехпарных горизонтальных кабелей приведена в табл. 3.5.

### 3.1.2.6. Электрические характеристики

Основными электрическими параметрами горизонтального кабеля, которые представляют практический интерес и нормируются действующими редакциями стандартов, являются:

- затухание;
- переходное затухание или NEXT;
- волновое сопротивление;
- сопротивление постоянному току;
- NVP.

В следующих редакциях стандартов этот список будет существенно расширен (табл. 1.9).

Требования стандарта TIA/EIA-568-A к максимальному затуханию любой пары горизонтальных кабелей категорий 3, 4 и 5 на длине 100 м при 20°C приведены в табл. 3.6. Значения затухания получены по формуле 2.8 с округлением до первого десятичного знака после занятой. Часто кабели поставляются в заводской упаковке (в коробках или на катушках) отрезками по 1000 футов (305 м). Для обеспечения возможности оперативного входного контроля таких поставок в этой же таблице приведены предельные значения затухания для сегментов длиной 305 м (по TIA/EIA TSB-36). Международный стандарт ISO/IEC 11801 в редакции 2000 года дает практически те же самые значения допустимого затухания с отступлениями в сторону увеличения на 0,1–0,2 дБ на некоторых частотах.

Таблица 3.6. Максимально допустимое затухание для горизонтальных кабелей категорий 3, 4 и 5 на при 20 °С по TIA/EIA-568-A

Частота, МГц	Затухание, дБ		Кат. 5
	Кат. 3	Кат. 4	
	100 м	305 м	100 м
0,772	2,2	6,8	5,7
1,00	2,6	7,8	6,5
4,00	5,6	17	13
10,00	9,7	30	22
16,00	13,1	40	27
20,00	—	—	31
31,25	—	—	9,3
62,50	—	—	11,7
100,00	—	—	22,0
			305 м
			6,3
			13
			20
			25
			28
			36
			52
			67

Если тестирование проводится при температуре выше 20 °С, то для кабелей категорий 4 и 5 значения в табл. 3.6 должны быть увеличены на 0,4% на каждый градус превышения, а для кабелей категории 3 – на 1,5%.

В табл. 3.7 представлены требования стандартов TIE/EIA-568-A и ISO/IEC 11801 в редакции 2000 года к минимально допустимому NEXT для любой комбинации витых пар горизонтальных кабелей категорий 3, 4 и 5. Из-за пренебрежимо малой зависимости NEXT достаточно длинных отрезков кабеля от длины (см. раздел 2.1.3) для проверки NEXT сегментов кабеля длиной до 305 м можно пользоваться теми же самыми значениями.

Таблица 3.7. Минимальное значение NEXT для горизонтальных кабелей категорий 3, 4 и 5

Частота, МГц	Кат. 3	NEXT, дБ Кат. 4	Кат. 5
0,772	43	58	64
1,00	41	56	62
4,00	32	47	53
10,00	26	41	47
16,00	23	38	44
20,00	—	36	42
31,25	—	—	40
62,50	—	—	35
100,00	—	—	32

Стандарт ISO/IEC 11801 задает очень близкие к TIE/EIA-568-A требования по предельным значениям затухания и NEXT, однако в диапазоне частот 20–100 МГц он дает альтернативу для пар значений затухания и NEXT кабелей категории 5. Фактически в этом диапазоне фиксируется величина параметра ACR. Это сделано с целью предоставления некоторой свободы выбора производителям кабеля. Например, кабель с большим сечением проводника может иметь несколько лучшие показатели по затуханию при слегка ухудшенном NEXT. Если требуемое значение ACR обеспечивается, такой кабель может быть сертифицирован на категорию 5. В редакции 2000 года данного стандарта это положение уже отсутствует, так как расчетные и нормативные значения ACR совпадают.

Требования ISO/IEC 11801 к параметру NVP витых пар категорий 3, 4 и 5 приведены в табл. 2.2.

Минимально допустимые по TIE/EIA-568-A значения структурных возвратных потерь SRL, возникающих за счет отражений от неоднородностей, приведены в табл. 2.3. Стандарт ISO/IEC 11801 задает очень близкие к своему американскому аналогу значения этого параметра. Частота f в формулах задается в мегагерцах.

Требования стандарта ISO/IEC 11801 к остальным электрическим характеристикам горизонтальных кабелей из витых пар представлены в табл. 3.8. Они являются одинаковыми для изделий категорий 3, 4 и 5.

### 3.1.2.7. Механические характеристики

Механические характеристики горизонтальных кабелей зависят в основном от материалов внешней оболочки и изоляции, а также от внешнего диаметра кабеля. Требования стандартов конкретизируют эти параметры (табл. 3.9). Первые три параметра определяют геометрические размеры конструктивных элементов кабеля. Несоблюдение их ведет к несовместимости с разъемами модульного типа и IDC контактами для проводников витых пар.

Таблица 3.8. Требования к остальным электрическим характеристикам витых пар

Параметр	ISO/IEC 11801	TIA/EIA-568-A
Волновое сопротивление на частотах менее 1 МГц	75±150 Ом	—
Волновое сопротивление на частотах более 1 МГц	100±15 Ом	(100±15%) Ом
Максимальное сопротивление постоянному току короткозамкнутой на дальнем конце пары длиной 100 м при 20 °С	19,2 Ом	—
Максимальное сопротивление любого проводника витой пары длиной 100 м постоянному току, Ом	—	9,38
Несимметрия сопротивлений постоянному току проводников пары	3%	5%
Максимальная емкость дисбаланса пары на землю (100 м, 1 кГц, 20 °С)	340 пФ	330 пФ
Минимальное сопротивление изоляции проводник-проводник или проводник-экран по постоянному току	150 МОм·Хкм	—
Пробивная стойкость изоляции проводник-проводник или проводник-экран по постоянному напряжению	1 кВ, 1 мин или 2,5 кВ, 2 с	—
Пробивная стойкость изоляции проводник-проводник или проводник-экран по переменному напряжению	0,7 кВ, 1 мин или 1,7 кВ, 2 с	—
Параметр skew, нс	45	—

Таблица 3.9. Требования к механическим характеристикам горизонтальных кабелей

Параметр	ISO/IEC 11801	TIA/EIA-568-A
Диаметр проводников	0,4–0,65 мм	0,5–0,65 мм (24 или 22 AWG*)
Диаметр изоляции проводников	0,8 мм	0,23 мм
Внешний диаметр кабеля	<6,35 мм	<8,35 мм
Температурный диапазон без ухудшения механических свойств	монтаж: 0...+50 °С эксплуатация: -20...+60 °С	—
Минимальный радиус изгиба:		
• прокладка	18 диаметров	—
• эксплуатация	24 диаметров	—
Допустимое усилие растяжения	≥50 Н/мм <sup>2</sup>	<600 Н
до временного состояния		

\* Перевод значений AWG в миллиметры см. в гл. П1.

Действующие нормативно-технические документы рекомендуют применять проводники диаметром не менее 0,5 мм, так как это гарантирует нормальную установку элементов современных разъемов.

Внешний диаметр кабеля является важной величиной при расчете емкости кабельных каналов, закладных и вертикальных стояков. Кроме того, он имеет прямую связь с минимально допустимым радиусом изгиба. При прочих равных условиях более тонкие кабели предпочтительнее при прокладке и монтаже.

Минимальный радиус изгиба определяет требования к условиям прокладки. В технических условиях на кабели производители приводят два параметра: минимально допустимый радиус изгиба во время прокладки и после нее. Ограничение на минимальный радиус изгиба во время прокладки вызвано тем, что процесс обычно связан с протягиванием кабеля за один из концов. При наличии усилия растяжения на малом радиусе поворота кабель может нести повреждения или даже лопнуть. Минимальный радиус изгиба после прокладки ограничивается потому, что резкие повороты кабеля могут привести к ухудшению его электрических характеристик. В зависимости от конструкции кабеля минимальный радиус изгиба во время прокладки может вдвое превышать минимальный радиус изгиба после нее, что позволяет гарантировать отсутствие повреждений под действием динамических нагрузок. В целом кабели с меньшим допустимым радиусом изгиба более предпочтительны для прохождения поворотов кабельных трасс.

Максимальное усилие на растяжение задает требования к условиям прокладки. Усилия при протяжке, превышающие заданные производителем в технических условиях, могут привести к разрывам оболочки и нарушениям скрутки отдельных пар. Максимальное усилие на растяжение указывается с учетом минимального радиуса изгиба во время прокладки. Для кабелей внутренней прокладки производители не всегда указывают максимальное усилие на растяжение. Это означает, что кабель выдерживает все усилия при прокладке ручным способом.

Рабочий температурный диапазон горизонтальных кабелей составляет по стандарту от  $-20$  до  $+60$  °С. Стандарт ISO/IEC 11801 допускает применение кабелей, предназначенных для эксплуатации в местностях с холодным климатом с минимальной рабочей температурой  $-30$  °С. Прокладка основной массы конструкций разрешается только при температурах выше 0 °С.

### 3.1.2.8. Кабели с волновым сопротивлением 120 Ом

Кабели с волновым сопротивлением 120 Ом допускаются для применения в СКС только международным стандартом ISO/IEC 11801 и его европейским аналогом EN 50173 в качестве альтернативных 100-омным кабелям, которые считаются основными (предпочтительными). Данная разновидность кабельных изделий пользуется заметной популярностью на рынке некоторых европейских стран (например во Франции) и поэтому разрешена

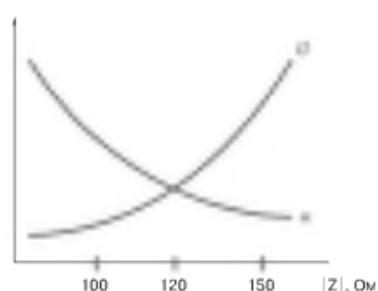


Рис. 3.7. Зависимость внешнего диаметра и затухания кабеля из витых пар от волнового сопротивления

для построения кабельных систем. Назовем две причины, по которым 120-омные кабели достаточно широко используются в практике построения СКС. Во-первых, при тех же абсолютных разбросах величины фактического волнового сопротивления  $Z_{\text{в}}$  за счет несколько большего номинального  $Z_{\text{в}}$  (см. формулу 2.12) эти изделия обеспечивают меньшую величину структурных возвратных потерь, то есть на них проще построить кабельные линии с верхней граничной частотой свыше 100 Мбит/с. Во-вторых, умеренное (в пределах нескольких десятков процентов) увеличение волнового сопротивления симметричного кабеля позволяет существенно снизить его затухание без заметного роста внешних габаритов (рис. 3.7) [54].

Это обусловлено известным из кабельной техники соотношением:  $\alpha = R/(2|Z_0|)$ , где  $R$  – активное погонное сопротивление кабеля. В то же время волновое сопротивление кабеля и соответственно его внешний диаметр в рассматриваемом диапазоне изменения параметров примерно пропорциональны расстоянию между проводниками пары. Данный факт отражен, в частности, в стандарте ISO/IEC 11801, нормирующим величину затухания отдельно для 100- и 120-омных кабелей, причем с существенным ужесточением норм в отношении второй разновидности (рис. 3.8). Меньшее значение затухания позволяет улучшить защищенность (параметр ACR), так как переходное затухание у обоих видов кабелей является одинаковым. Как следствие, увеличивается пропускная способность трактов СКС. Не случайно, что многие СКС европейских производителей, построенные на кабелях с волновым сопротивлением 120 Ом (например, Alcatel, Legrand, Infra+), обеспечивают существенно более широкую полосу пропускания по сравнению со стандартными трактами категории 5.

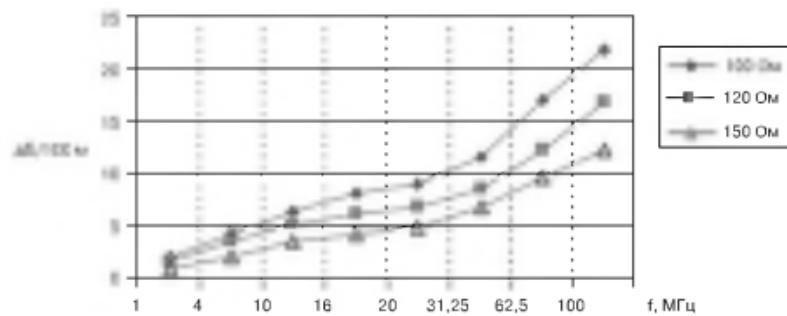


Рис. 3.8. Частотные характеристики допустимого затухания кабелей с различным волновым сопротивлением по ISO/IEC 11801

### 3.1.2.9. Упаковка горизонтальных кабелей

Горизонтальные кабели поставляются в двух различных видах упаковки: в картонных коробках и на катушках. При поставке в картонной коробке обычно предлагается длина 305 м (1000 футов), кабель наматывается на внутреннюю картонную или фанерную бобину (упаковка типа reel-in-box, рис. 3.9б) или же формируется в виде самонесущей обмотки (упаковка вида pull-box или reel free, рис. 3.9в). Внешний конец кабеля обмотки выводится наружу через узкую и достаточно длинную горизонтальную щель или пластмассовую втулку (в случае применения самонесущей обмотки). Последняя задает направление вывода кабеля и защищает его оболочку от трения за стенки отверстия. На поверхность

Рис. 3.9

Различные виды упаковок горизонтальных кабелей:  
а) катушка;  
б) картонная коробка типа reel-in-box;  
в) картонная коробка типа pull-box



картонной коробки наносится информация о предприятии-изготовителе, типе кабеля, а также значение метки длины внутреннего конца. Иногда данные дополняются логотипом СКС, для применения в которой предназначен кабель.

Реже предлагается коробочная упаковка другой длины (например, фирмы Brand-Rex и RiT Technologies поставляют 500-метровые коробки). В некоторых случаях, когда решение предназначено в первую очередь для организации домашних сетей и кабельной прокладки в секторе SOHO (Small Office and Home Office), в коробке может быть 100–120 м кабеля (фирмы Molex и Micsonet). Коробочная поставка очень популярна среди монтажников СКС, так как данный вид упаковки удобен при хранении и транспортировке, а также позволяет легко выполнять размотку без применения дополнительных приспособлений.

В корпусе коробки выполняется отверстие, которое образует ручку для переноски. Крышка коробки не имеет каких-либо дополнительных фиксаторов в виде металлических скобок, линкой полимерной или бумажной ленты. Это обеспечивает, в случае необходимости, легкий доступ к кабельной катушке. На боковой поверхности коробки некоторых поставщиков предусматривается отрывной клапан, открывающий доступ ко второму концу кабеля в случае его хранения в виде самонесущей обмотки.

Необычные решения в области упаковки 1000-футовых отрезков используются компанией AESP. Во-первых, коробки пакуются попарно в дополнительную картонную упаковку, что гарантирует более высокий уровень защиты при транспортировке. Во-вторых, внутренняя картонная бобина помещена на оси в две квадратные стержневые боковины из пласти массы, которые при необходимости позволяют выполнять размотку без картонной обмотки.

Проблема фиксации во внерабочем состоянии конца самонесущей обмотки кабеля, выходящего из отверстия коробки, решается на практике двумя способами. Первый из них основан на наличии фиксирующей линки, под которую заводится конец. Во втором варианте конец зажимается в отверстии втулки пустотелой пластмассовой пробкой, имеющей форму колпачка.

Кроме коробок с кабелем стандартной длины до 4% общего количества кабелей может поставляться некоторыми кабельными заводами в так называемых short length-коробках, то есть в стандартную картонную коробку укладывается обмотка кабеля меньшей длины. Неизбежность появления таких отрезков обусловлена технологическими особенностями производства (конечность длины заготовок, возможные обрывы, брак и т.д.). Упаковки делятся на 100- и 200-метровые, причем в 100-метровой упаковке может быть от 100 до 199 метров кабеля, а в 200-метровой – от 200 до 304 м. Для стимуляции приобретения таких упаковок и компенсации заказчикам некоторых неудобств работы с ними цена установлена на уровне 100 и 200 м, хотя фактическая длина кабеля может быть больше.

Кабель на катушках имеет стандартное значение длины 500 и 1000 м (компания ITT NS&S поставляет также 2500-футовые, то есть 763-метровые катушки). В принципе возможны и большие длины (компания Lucent Technologies поставляет некоторые варианты кабелей типа 1071 на катушках длиной 1200 и 1500 м), однако масса 1000-метровой катушки достигает 50 кг и более, что делает ее неудобной при работе на объекте. Основным преимуществом катушечной поставки является несколько меньшее количество отходов. Меньшая популярность этой упаковки объясняется неудобством транспортировки и складского хранения, а также заметными сложностями размотки без использования специальных приспособлений.

Катушки изготавливаются из пласти массы, дерева или фанеры (рис. 3.9а). В том случае, если барабанная намотка является для данного кабельного завода основным видом упаковки, потребителю на выбор предлагается несколько разновидностей барабанов.

На производство пластиковых барабанов в странах с развитой промышленностью идет в основном полипропилен, который не содержит в своем составе галогенов и во время утилизации может сжигаться без вредного влияния на окружающую среду.

### 3.1.2.10. Производство горизонтального кабеля

Выпуск четырехпарного горизонтального кабеля осуществляется на специализированных кабельных заводах с использованием соответствующего технологического оборудования. Производство относится к области высоких технологий и отличается высокой степенью автоматизации, за обслуживающим персоналом остаются только функции зарядки станков расходными материалами и полуфабрикатами, съема готовой продукции, контроля параметров и переналадки. Для облегчения перехода с одного типа кабеля на другой, а также обеспечения возможности выборочного или сплошного контроля качества технологический процесс разбивается на несколько этапов. Этапы выполняются последовательно на специализированных станках или отдельных инструментах поточной линии. В перечень основных технологических операций входит:

- нанесение диэлектрической оболочки на медную проволоку (этот процесс выполняется со скоростью примерно 20–40 м/мин);
- скрутка витой пары из двух проводов. Каждая пара скручивается на отдельном паро-крутильном станке со своим шагом и может снабжаться индивидуальным экраном из металлизированной пленки (конструкции типа PiMF);
- формирование сердечника из четырех витых пар. В случае необходимости одновременно с формированием тела сердечника на него сверху наносится пленочный экран с дренажным проводником;
- нанесение экранирующей оплетки на сердечник кабеля S/STP является отдельной технологической операцией, которая выполняется на специально предназначенном для этой цели моточном станке. Из-за его невысокой производительности по сравнению с остальными станками оплетка в конструкциях класса HIGHT Screen наносится уже на пленочный экран сердечника;
- формирование внешней оболочки сердечника. Процесс выполняется с помощью экструдера со шнековой подачей гранулированного полуфабриката и его последовательным разогревом и совмещением с маркировкой и проверкой пробивной стойкости по электрическому напряжению. Из-за мягкости нагретой оболочки на выходе экструдера применяется система водяного охлаждения из нескольких последовательных ванн с постепенно уменьшающейся температурой, а сам станок имеет наибольшие габариты из всего оборудования;
- резка кабеля на 305-метровые отрезки с формированием самонесущей обмотки или намоткой на несущую катушку и последующей укладкой ее в картонную коробку;
- выборочная или сплошная проверка продукции по параметрам NEXT и затухания.

Из-за относительно невысокой производительности оборудования изготовление горизонтального кабеля ведется непрерывно и круглосуточно с остановкой станков только на

профилактику и переналадку. Контроль процесса производства ведется в основном средствами автоматики, большинство рабочих зон доступны также для визуального контроля оператора.

### 3.1.3. Многопарный кабель

#### 3.1.3.1. Конструктивные особенности

Многопарный кабель предназначен для использования в основном в магистральных подсистемах СКС для связи между собой помещений кроссовых. В подсистеме внешних магистралей обычно большую часть маршрута прокладывают горизонтально, в подсистеме внутренних магистралей – вертикально. В ограниченном объеме кабели рассматриваемой разновидности применяются также в горизонтальной подсистеме, где они соединяют кроссовую с точкой перехода, консолидационной точкой или 12-портовой розеткой.

Основанием для отнесения кабеля к группе многопарных является наличие у него более четырех витых пар. Общий отличительный признак многопарной конструкции – отсутствие в структуре кабельного сердечника каких-либо оболочек, индивидуальных для отдельных пар или четверок. Кроме многопарных некоторые фирмы предлагают так называемые многоэлементные (multi unit) кабели, которые могут считаться специальной разновидностью многопарных конструкций. Они отличаются тем, что кабельный сердечник образует не отдельные витые пары, а 2- или 4-парные элементы, аналогичные по конструкции горизонтальному кабелю и снаженные индивидуальной защитной оболочкой.

Конструкция многопарного кабеля зависит от его емкости. При числе пар до 25 в составе кабельного сердечника обычно не предусматривается каких-либо дополнительных элементов (рис. 3.10а). В случае емкости выше 25 пар они разбиваются на пучки по 25 пар в каждом, совокупность которых образует кабельный сердечник (рис. 3.10в). Провода одного пучка скрепляются полизиленовыми ленточками. Для увеличения прочности и устойчивости к различным механическим воздействиям в качестве основы сердечника многозлементного кабеля может применяться центральный стеклопластиковый пруток. Снаружи сердечник защищается общей диэлектрической оболочкой. Кроме незкранированных многопарных кабелей в ограниченном количестве производятся S/UTP-конструкции, у которых под внешней диэлектрической оболочкой находится экран.

Многопарные кабели категории 5 первого поколения из-за относительно небольшой емкости имели достаточно нерегулярную внутреннюю структуру. Единственным средством, придающим их сердечнику некоторую упорядоченность, являлось формирование

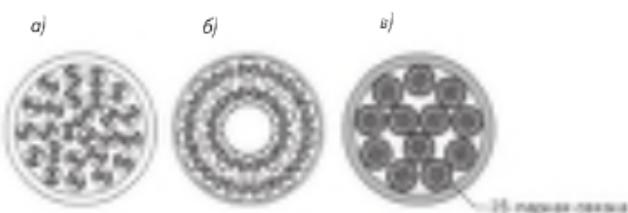


Рис. 3.10. Многопарные магистральные кабели: а) 25-парный кабель категории 5 традиционной конструкцией; б) 25-парный кабель категории 5 с центральным силовым элементом; в) 300-парный кабель категории 3

в некоторых изделиях связок из пяти пар с помощью цветных ниток. В самом конце 90-х годов быстрыми темпами начала расти популярность конструкций с регулярной структурой сердечника, что достигается, главным образом, применением центрального силового опорного элемента (рис. 3.106).

Аналогично горизонтальным кабелям на оболочку многопарного и многоэлементного кабеля наносится маркировка, включающая в себя тип, данные по диаметру проводников и их количеству, наименование тестирующей лаборатории, а также футовые или метровые метки длины.

С целью снижения коэффициента затухания проводники изготавливаются из монолитной медной проволоки. Аналогично горизонтальным кабелям они различаются по категориям от 3 до 5, причем многопарные конструкции категории 4 встречаются на практике очень редко. В табл. 3.10 приведены типовые емкости магистральных многопарных кабелей в парах в зависимости от категории. В некоторых случаях применяются изделия с емкостью, отличной от указанной в табл. 3.10. Так, например, в кабельной системе ISCS компании ITT NS&S не используются панели типа 110 (см. далее раздел 3.3.2), поэтому и многопарные кабели этой фирмы имеют емкость 24, 48 и 96 пар. Многоэлементные кабели в общем случае отличаются от многопарных аналогов меньшей емкостью. Так, например, известны конструкции, которые содержат до 24 двухпарных и до 16 четырехпарных элементов.

Таблица 3.10. Типовые емкости магистральных кабелей

Категория кабеля	Количество пар
3	25, 50, 75, 100, 200, 300, 600, 900, 1800
5	25, 50, 100

Погонная масса 25-парного кабеля категории 5 равна обычно 180–190 кг/км, рабочий диапазон температур составляет от –20 до +60 °C.

Кабели рассматриваемой группы подразделяются на кабели внутренней и внешней прокладки. Основным отличием кабеля внешней прокладки является применение специальных мер и конструктивных решений по защите кабельного сердечника от попадания в него влаги. Наиболее часто эта проблема решается использованием внешней полизиленовой оболочки. Некоторые типы телефонных кабелей имеют гелевое заполнение внутренних пустот сердечника. С конца 90-х годов такое решение начинает все более активно использоваться также в кабелях СКС. Дополнительная защита кабельного сердечника от попадания влаги и механических воздействий выполняется броней из алюминиевой или стальной гофрированной ленты. Примером могут служить изделия серий ARMM и ANMW компании Lucent Technologies. Однако в подавляющем большинстве производятся только кабели внутренней прокладки. Многопарные кабели внешней прокладки, удовлетворяющие требованиям категории 3, а тем более категории 5, не получили широкого распространения.

### 3.1.3.2. Электрические характеристики

В целом требования к электрическим характеристикам многопарных кабелей соответствуют требованиям к электрическим характеристикам горизонтальных кабелей. Необходимо только иметь в виду, что мощность наводок от соседних пар на ближнем конце в многопарном окружении может быть выше, потому что наводки от соседних пар иногда суммируются. Этим объясняется относительно больший по сравнению с горизонтальными кабелями

удельный вес конструкций, характеристики переходного затухания которых изначально еще до появления соответствующих стандартов сертифицировались по критерию суммарной мощности (Power Sum).

Вообще говоря, в некоторых случаях, когда многожарный кабель эксплуатируется в составе горизонтальной подсистемы и используется для подключения одним кабельным элементом (пучком) к нескольким розеточным модулям одной информационной розетки, требования к переходному затуханию, которое он обеспечивает, заметно ужесточаются. Так, согласно стандарту ISO/IEC 11801 значение NEXT в таких конструкциях должно возрастать на следующее значение:

$$\Delta\text{NEXT} = 6 + 10\lg(n+1), \text{дБ} \quad (3.1)$$

где  $n$  – количество смежных электрических кабельных элементов (пар, четверок) в пределах одного пучка.

Разница между мощностью сигналов приложений, подключаемых к одному пучку, не должна превышать 6 дБ, что отражается введением соответствующего поправочного коэффициента в формуле 3.1. Приложения с большей разностью уровней в пределах одного пучка передавать не разрешается.

Из природы возникновения переходных помех и условий действия формулы 3.1 следует, что наибольший вклад в уровень наводок на ближнем конце вносят пары, находящиеся в самой непосредственной близости от цепи, подверженной влиянию. Пары, находящиеся в других пучках, практически не могут изменить общий уровень наводок. Поэтому, если многожарный кабель обслуживает несколько высокоскоростных приложений, рекомендуется разносить их сигналы по разным пучкам. При использовании для организации трактов многоэлементных конструкций такой разнос приложений происходит автоматически.

Бероятность прокладки многожарного кабеля из-за его основного назначения (организация магистральных подсистем) рядом с кабелями силовых электрических цепей выше, чем для горизонтальных кабелей. Поэтому стандарт TIA/EIA-568-A определяет для них повышенные требования к пробивному напряжению диэлектрика проводник-проводник или проводник-экран – 3 с для постоянного напряжения 5 кВт.

Условия тестирования электрических характеристик многожарных и горизонтальных кабелей и используемые для этого измерительные приборы не отличаются друг от друга.

### **3.1.3.3. Механические характеристики**

Требования стандартов к механическим характеристикам многожарного кабеля приведены в табл. 3.12. Первые два параметра определяют геометрические размеры проводов. Их несоблюдение ведет к несовместимости с IDC разъемами коммутационного оборудования в кроссовых,

Внешний диаметр многожарных кабелей достигает 20 мм и более. Максимальное усилие на растяжение, выдерживаемое многожарными кабелями, является весьма значительным. Оно естественным образом возрастает с увеличением диаметра, в том числе из-за необходимости применения дополнительных опорных и упирающихся элементов, и указывается производителем в паспортных данных.

По мере уменьшения радиуса изгиба кабеля увеличиваются механические нагрузки на отдельные его элементы. Естественно, что кратковременные нагрузки наносят конструкции меньше вреда по сравнению с постоянными. Тем не менее из-за плохо контролируемого параметра динамических нагрузок, действующих на кабельное изделие в процессе прокладки, величина радиуса изгиба во время эксплуатации допускается меньшей по сравнению с прокладкой (табл. 3.11).

Таблица 3.11. Требования к механическим характеристикам многопарных кабелей

Параметр	Значение
Диаметр проводников	0,5–0,65 мм (24–22 AWG*)
Диаметр изоляции проводников	≤1,22 мм
Температурный диапазон без ухудшения изолирующей изоляции	монтаж: 0...+50 °C эксплуатация: -20...+60 °C
Минимальный радиус изгиба	
• прокладка	≤8 внешних диаметров
• эксплуатация	≤6 внешних диаметров

\* Перевод значений AWG в миллиметры см. в табл. П1.4.

### 3.1.4. Другие электрические кабельные изделия СКС

#### 3.1.4.1. Кабель для шнурков

Кабель для шнурков или гибкий (flexible) кабель, как это следует из его названия, предназначен для изготовления из него коммутационных и оконечных шнурков. Он содержит в большинстве случаев четыре витые пары<sup>1</sup>, по конструкции очень похож на горизонтальный кабель. Основные отличия между этими разновидностями кабельных изделий состоят в том, что в кабеле для шнурков:

- для придания устойчивости к многократным изгибам и продления срока эксплуатации проводники изготавливаются из семи тонких перекрученных медных проволок диаметром от 0,15 до 0,25 мм (калибр 30–34 AWG) каждая (Stranded)<sup>2</sup>; в отечественной технической литературе для обозначения такого вида проводников используется термин «многотриволочная конструкция»;
- изолационная оболочка проводника имеет несколько большую по сравнению с горизонтальным кабелем толщину (около 0,25 мм);
- для изготовления внешней оболочки выбирается материал с повышенной гибкостью.

Электрические характеристики кабеля для шнурков и горизонтального кабеля практически совпадают, за исключением затухания, так как для первого из них оно является принципиально более высоким из-за конструкции токоопроводящей жилы. Стандарт TIA/EIA-568-A определяет, что максимально допустимое погонное затухание кабеля для шнурков может быть на 20% выше, чем затухание горизонтального кабеля. Нормы ISO/IEC 11801 на затухание являются менее жесткими. Этот стандарт допускает увеличение коэффициента затухания кабеля для шнурков на 50% по сравнению с горизонтальным кабелем (табл. 3.12). В силу этого в некоторых публикациях и, например, в стандарте ISO/IEC 11801 иногда оперируют понятиями электрической и механической длины, которые связаны друг с другом следующим простым соотношением:

$$\text{электрическая длина} = (1 + \Delta\alpha) \times \text{механическая длина} \quad (3.2)$$

где  $\Delta\alpha$  – величина максимально относительного приращения погонного затухания (см. табл. 3.13).

<sup>1</sup> Наиболее распространены шестипарные шнурки (одна из пар – земля), двух- и трехпарные варианты кабелей для шнурков, пять- и шесть-парные кабели для обжимных фитингов (использование вспомогательных пар не рекомендуется).

<sup>2</sup> Шестипарные погонные изоляционные ленты имеют одинаковую толщину, что делает их удобными для измерения толщины изолированной фазы (ISO/IEC 7 или ISO/IEC 7016).

Таблица 3.12. Максимально допустимое затухание кабелей для шнурков категорий 3, 4 и 5 при 20 °C по TIA/EIA-568-A и ISO/IEC 11801

Частота, МГц	Затухание, дБ/100 м		
	кат. 3	кат. 4	кат. 5
0,772	2,7/3,3	2,3/2,9	2,2/2,7
1,00	3,1/3,9	2,6/3/3	2,4/3,0
4,00	6,7/8,4	5,2/6,5	4,9/6,2
10,00	11,7/14,6	8,3/10,4	7,8/9,8
16,00	15,7/19,7	10,7/13,4	9,9/12,3
20,00	—	12,0/15,0	11,1/14,0
31,25	—	—	14,1/17,8
62,50	—	—	20,4/25,5
100,00	—	—	26,4/33,0

Таблица 3.13. Взаимосвязь между электрической и механической длиной

Механическая длина	Электрическая длина	
	TIA/EIA-568-A	ISO/IEC 11801
1	1,2	1,5

Несмотря на то, что длина соединительного шнура в практике редко превышают 10 м, из соображений унификации с обычными горизонтальными кабелями характеристики затухания нормируются применительно к длине 100 м.

По своим электрическим характеристикам кабели для шнурков аналогично горизонтальным кабелям делятся на категории. По состоянию на середину 2000 года промышленность выпускает продукцию категорий 5, 5е и 6. Каких-либо принципиальных конструктивных отличий от горизонтальных кабелей, кроме перечисленных выше, эти изделия не имеют. Отметим только существенно меньшую популярность улучшения параметров продукции категории 6 за счет применения центрального сепаратора (см. далее раздел 3.1.4), что определяется естественным снижением гибкости подобной конструкции.

Механические характеристики кабеля для шнурков и горизонтального кабеля также практически совпадают друг с другом, за исключением того, что минимально допустимый радиус изгиба с учетом типичных условий эксплуатации уменьшен до 20–25 мм. Оптимальным размером диаметра изоляции проводников кабеля для шнурков для установки на него вилки 8-контактного модульного разъема является диапазон 0,8–1 мм.

В процессе текущей эксплуатации кабели для шнурков испытывают значительно большие и, самое главное, гораздо более частые изгибные и тянувшие усилия по сравнению с обычным горизонтальным кабелем. В силу этого кабели для шнурков имеют несколько более широкий рабочий температурный диапазон (и соответственно температурный диапазон хранения). Так, например, кабель для шнурков R322900 фирмы RiT Technologies работает в температурном диапазоне от –20 до +60 °C (температура хранения от –30 до +70 °C), тогда как рабочий температурный диапазон горизонтального кабеля R3729070 этой же фирмы составляет от –5 до +50 °C (температура хранения от –20 до +60 °C).

Кабель для шнурков производится в экранированном (S/UTP и S/STP) и незадирированном вариантах. Цветовая маркировка проводников (см. далее раздел 3.1.5) должна

соответствовать цветовой маркировке горизонтального кабеля, хотя у американских производителей (например, Quabbin Wire&Cable) встречаются другие варианты кодировки. На внешнюю оболочку наносятся практически такие же маркирующие и идентифицирующие надписи, а также метки длины.

В некоторых ситуациях под внешней оболочкой кабеля для шнуров наряду с витыми парами могут находиться также другие элементы, имеющие прямое отношение к эксплуатации СКС. Так, в кабелях для шнурков системы PatchView израильской компании RiT Technologies предусмотрен девятый дополнительный проводник диаметром 0,4 мм (26 AWG). Он располагается по оси кабеля, выполняя функции основы его сердечника, и применяется для передачи сигналов, используемых кабельным сканером системы PatchView для построения базы данных установленных соединений. В шнурках PatchSee одноименной французской компании витые пары сердечника дополнены двумя полимерными световодами, используемыми в процессе поиска вилки второго конца при шнуре, подключенном к панелям коммутационного поля.

Следует отметить, что изготовленные из кабеля рассматриваемой группы шнуры используются в кроссовых и рабочих помещениях пользователей, не относящихся к классу репшт-полостей, поэтому первоначально не предусматривалось наличия негорючей и малодымной оболочки. В конце 90-х годов, в связи с увеличением числа портов кабельных систем и как следствие значительным ростом объемов кабельных изделий в технических помещениях, многие производители стали предлагать кабели для шнурков с оболочкой, полностью отвечающей требованиям пожарной безопасности.

### 3.1.4.2. Провод для перемычек

Провод для перемычек или кроссировочный провод<sup>1</sup> в большинстве случаев представляет собой одну незакранированную витую пару категории 3 без внешней защитной оболочки. Проводники изготавливаются из монолитной медной проволоки диаметром 0,51 мм с изоляцией из поливинилхлорида. Один провод перемычки по стандарту TIA/EIA-568-A должен быть белого цвета, второй – чаще всего – синего или красного). Основным назначением провода является его использование на коммутационных панелях типа 66 с контактами типа IDC 66. В некоторых случаях с его помощью выполняется разводка панелей типа 110. Стандартная упаковка 2-парного кроссировочного провода длиной 305 м (1000 футов) или 201 м (660 футов) представляет собой катушку диаметром около 15 см.

Наряду с одиночным кроссировочным проводом существуют также его варианты: двухпарный, трехпарный и четырехпарный. Формирование структуры такого провода производится скруткой его витых пар друг с другом. В последнее время некоторые производители начали изготавливать провод для перемычек с 2, 3 и 4 парами в общей защитной оболочке, который по своей конструкции фактически представляет собой классический горизонтальный кабель. По мнению разработчиков, такая оболочка помогает сохранить структуру витков пар между контактами коммутационной панели и поэтому перемычка, изготовленная из такого провода, может обеспечивать характеристики категории 4 и даже 5.

Цветовая кодировка проводников многопарных проводов полностью соответствует принципам, используемым для маркировки проводников горизонтального кабеля, и рассмотрена далее в разделе 3.1.5.

<sup>1</sup> Слово «провод» здесь обозначает не телефонный кабель, а шнур для бытовой электротехники.

### 3.1.4.3. Кабель для прокладки под ковром

Основная масса горизонтальных кабелей прокладывается до информационных розеток в кабельных коробах под фальшполом и за фальшпотолком с помощью соответствующих технических средств (в декоративных колоннах, напольных и подпольных коробах и т.д. – см. далее раздел 5.2.3). На практике иногда встречаются случаи, когда в силу каких-либо обстоятельств применение перечисленных выше решений невозможно или нецелесообразно. В такой ситуации единственной возможностью доведения кабеля до рабочего места является прокладка по полу.

Данную задачу можно осуществить через использование подпольных каналов, напольных коробов или специальных кабелей. Подпольные каналы относятся к области строительных решений и предусматриваются еще на архитектурной стадии проектирования (см. раздел 10.2), напольные короба рассмотрены в разделе 5.2. Здесь остановимся только на специальных кабелях для напольного монтажа, которые прокладываются без использования дополнительных защитных технических средств.

Характерной чертой кабелей напольной прокладки или для прокладки под ковром (*under-sagret cable*) без использования дополнительных защитных элементов является плоская конструкция для максимального распределения давления по поверхности изделия. Это достигается за счет использования боковых «крыльев» трапециевидной в сечении формы, примыкающих своим большим основанием к внешней оболочке (рис. 3.11). Максимальная толщина этих крыльев выбрана равной внешнему диаметру кабеля. Наличие подобного элемента конструкции облегчает крепление кабеля к полу с помощью скобок или липкой ленты, а также устраняет закручивание в процессе прокладки.



Рис. 3.11  
Кабель для прокладки под ковром

Общие правила использования кабелей рассматриваемого вида соответствуют правилам, применяемым при прокладке обычных горизонтальных кабелей. Некоторые дополнительные ограничения приведены в стандарте TIA/EIA-568-А. Согласно этому нормативному документу кабели для прокладки под ковром запрещается использовать во влажных помещениях, подвергать воздействию агрессивных жидкостей и прокладывать параллельно силовой проводке на расстоянии ближе 152 мм (6 дюймов). При пересечении с силовым проводом информационный кабель должен проходить сверху.

Кабели для прокладки под ковром могут иметь категорию 3 и 5, краткий перечень некоторых их типов приведен в табл. 3.14.

Таблица 3.14. Кабели СКС для прокладки под ковром

Фирма-изготовитель	Наименование	Категория	Упаковка, м
Hubbell	DCTP04200	3	61
AMP	557874-1	3	76,2
	555318-1	5	76,2
PCnet	65504-98	5	61
	65304-98	3	61

В связи с небольшой длиной кабельных трасс под ковровым покрытием стандартная упаковка имеет существенно меньшую длину и содержит обычно 200–250 футов (61–76 м) такого кабеля.

### 3.1.4.4. Горизонтальные кабели с граничной частотой выше 100 МГц

В настоящее время на рынке компонентов СКС предлагается ряд типов серийных горизонтальных кабелей, характеристики которых существенно превышают требования стандартов категории 5. Можно выделить следующие общие черты незкабелизованных конструкций рассматриваемой группы:

- все они обеспечивают получение величины параметра ACR порядка 10 дБ на частотах примерно 150–200 МГц и даже более, то есть соответствуют характеристикам кабеля иерархической категории 6 часто с определенным запасом;
- увеличение параметра ACR достигнуто, главным образом, за счет улучшения параметра NEXT (на 10 дБ и более), хотя определенная доля может быть обеспечена уменьшением погонного затухания. Ранее были распространены конструкции, имевшие затухание равное затуханию кабелей категории 5. В последнее время все большее распространение получают кабели с заметно лучшими характеристиками по затуханию;
- характеристики кабелей нормируются до частот порядка 350–550 МГц из соображений использования их для передачи сигналов однодиапазонных приложений, под которыми на практике чаще всего понимается многоканальное эфирное и кабельное телевидение.

При этом достаточно четко прослеживается деление рассматриваемых конструкций на два подкласса с граничными частотами нормировки параметров, соответственно 350 и 550–600 МГц. Модели «младшего» подкласса часто отличаются от обычных кабелей категории 5 несколько лучшими значениями параметра NEXT и PS-NEXT, тогда как высокочастотные изделия имеют наряду с улучшенными характеристиками переходного затухания также заметно меньшее погонное затухание. Кабели с граничной частотой нормировки параметров 300–350 МГц используются в настоящее время для построения трактов категории 5e, тогда как кабели с верхней граничной частотой 550–600 МГц применяются в составе систем категории 6.

Краткая сводка типов кабелей UTP с улучшенными характеристиками приведена в табл. 3.15.

Для уменьшения затухания применяется увеличение диаметра медной жилы проводника до 0,55–0,6 мм (против типовых для витой пары категории 5 значений 0,51–0,53 мм) и использование изоляционных покрытий с уменьшенными диэлектрическими потерями, в частности, из вспененных материалов. Этим, кстати, объясняется несколько большие погонная масса и внешний диаметр по сравнению с кабелями категории 5 (табл. 3.5).

Работы по увеличению параметра NEXT ведутся в двух направлениях (рис. 3.12). Первое основано на сохранении структуры сердечника в процессе прокладки и эксплуатации за счет введения в состав кабельного сердечника дополнительного элемента, выполняющего функции его силовой основы. В качестве такого элемента может быть использован центральный пластиковый пруток (кабель типа 1711A фирмы Belden) или полизитиленовый профилированный элемент (сепаратор) типа C<sup>3</sup> (Central Crosstalk Cancellation) в форме четырехлучевой звезды в поперечном сечении (рис. 3.13). Первые кабели подобной структуры появились в широкой коммерческой продаже в 1998 году, с 2000 года их популярность начинает расти очень быстрыми темпами (кабели LANMark концерна Alcatel, 7812A компании Belden, серии 81 фирмы Lucent Technologies и серии R3729XXX компании RIT Technologies).



Рис. 3.12. Технические решения по повышению верхней граничной частоты горизонтальных кабелей

В конструкции с центральным сепаратором за счет укладки каждой пары в индивидуальный паз происходит их дополнительный разнос друг от друга, что сопровождается заметным увеличением параметра NEXT и соответственно ACR (это хорошо видно из данных табл. 3.15, где приведены сведения по кабелю LANMark).

Таблица 3.15. Горизонтальные кабели UTP с граничной частотой выше 100 МГц

Фирма изготовитель	Тип	Граничная частота $f_{\text{up}}$ по ACR = $= 10 \text{ дБ}, \text{МГц} * \text{МГц}$	Верхняя нормируемая частота $f_{\text{up}}$	Затухание на $f_{\text{up}}$ , $\text{дБ}/100 \text{ м}$	SRL на $f_{\text{up}}$ , Источник $\text{дБ}$
Подкласс 350 МГц					
Alcatel	LANMark	210	350	37,6	13,1 [55]
AMP	FUTURELAN 350	140	350	44,9	16 [56]
Belden	1700A	160	350	37,7	30 [57]
Mohawk/CDT	MegaLAN 400	160	400	48,5	12 [32]
Pirelli	DX1100-3	175	200	37	— [58]
BICC Brand-Rex	TurboLAN 350	150	350	41,2	— [59]
NK Cables	UC 400 24 4P	240	400	45	— [60]
Elgadphon	Giga-Star	200	250	33	17,3 [61]
PCnet	Category 5plus	100	350	44,3	— [62]
Подкласс 550–600 МГц					
Lucent Technologies	1071, 2071 и 3071	180	550	55,3	15,9 [63]
Mohawk/CDT	AdvanceNet 500	180	550	53,7	17,8 [32]
RIT Technologies	Giga UTP	185	600	55	— [64]
Belden	1872A	165	550	55,3	16 [65]
BICC Brand-Rex	TurboLAN 1000	390	550	52	13 [59]

\* Величины  $f_{\text{up}}$  всех представленных в таблице кабелей получены расчетным путем по характеристикам затухания и переходного затухания, приведенным в материалах фирм.

Сепаратор подавляющего большинства конструкций представляет собой отдельную деталь. Известно и другое решение: формирование сепаратора в момент нанесения на кабель оболочки за счет выбора специальной формы головки экструдера. В этом случае сепаратор механически скреплен с оболочкой.

Второе направление основано на поддержании высокой точности балансировки витых пар, то есть шага скрутки. В этой области известны следующие подходы. Компании Lucent Technologies и NEK/CDT используют тщательный контроль шага свивки проводников во время изготовления кабеля в сочетании с некоторым его уменьшением по сравнению с конструкциями категории 5. Компанией NEK/CDT дополнительно используется скрутка отдельных пар в сердечнике, что также способствует росту величины NEXT. Подход второго типа продвигает фирма Belden, которая применяет склейку проводников пары. Это гарантирует очень высокую стойкость кабеля к различного рода изгибам с малым радиусом, однако в определенной степени усложняет его разделку в оконечных розетках и на кроссовой панели. Из соображений сохранения структуры сердечника во время прокладки поставка кабелей рассматриваемого вида в случае их реализации без центрального силового элемента достаточно часто выполняется на катушках.

Определенный выигрыш по величине PS-NEXT обеспечивается за счет разноса отдельных витых пар друг от друга. Это достигается отказом от традиционной круглой внешней оболочки и применением оболочки с формой поперечного сечения, близкой к овальной, – так называемый плоский кабель (рис. 3.12). Примерами конструкций такого вида являются кабели MediaTwist компании Belden и 9C6R4 компании Siemon [30].

Структурные возвратные потери минимизируются ужесточением допусков на возможные флуктуации диаметра жилы, а также эксцентриситет жилы и изоляционной оболочки (до  $\pm 1\%$  против типовых  $\pm 3\%$  для конструкций категории 5).

Увеличение рабочих частот горизонтальных кабелей СКС выше 400–500 МГц без индивидуальной подборки параметров отдельных пар с возможностью их использования для сетей передачи данных (то есть по критерию ACR = 10 дБ), по мнению многих специалистов, при современном уровне техники возможно только на экранированных конструкциях.

Применение экранированных кабелей S/STP позволяет существенно увеличить верхнюю граничную частоту. Так, многие кабельные заводы серийно выпускают кабели указанного вида; их характеристики нормируются на частотах вплоть до 1,0 и даже до 1,4 ГГц.



Рис. 3.13. Конструкция горизонтального кабеля с центральным сепаратором



Рис. 3.14. Плоский кабель типа MediaTwist компании Belden

Иногда из соображений удобства эти изделия делят на два подкласса: категории 7 (граничной частоты нормировки параметров 600 МГц) и кабели мультимедиа с более высокой частотой нормировки параметров. Основной областью применения кабелей мультимедиа наряду с передачей сигналов приложений класса F считаются системы SOHO, и построение систем категории 8, обсуждаемых по состоянию на середину 2001 года в комитетах по стандартизации [65]. Отметим также, что верхняя граничная частота нормировки параметров этих кабелей выше 900 МГц открывает достаточно широкие перспективы их использования – в процессе построения абонентской части разводки систем многоканального кабельного телевидения с верхней частотой спектра 862 МГц в Европе, 855 МГц в США и 765 МГц в Японии [66].

Массовое применение кабелей рассматриваемого класса сдерживается двумя факторами:

- отсутствием официальных стандартов, нормирующих параметры линий связи на частотах выше 100 МГц;
- отсутствием широко распространенных высокочастотных разъемов высокого качества, что не позволяет в полной мере использовать потенциальную пропускную способность кабеля как среды передачи сигнала (более подробно об этой проблеме – см. раздел 3.2.6);

Существенно более жесткие требования к технологии производства на этапе наложения серийного выпуска вызвали заметный рост стоимости продукта (примерно на 30% для кабелей UTP с граничной частотой 350 МГц) по сравнению со стандартным кабелем категории 5; по состоянию на середину 2000 года стоимость этих кабелей превышает стоимость изделий категории 5 примерно на 10–15%.

Значительное увеличение объема выпуска и случаев применения кабелей младшего подкласса произошло в конце 1999 года после прекращения продвижения систем категории 5 и перехода на системы категории 5e основной массой ведущих производителей СКС.

### **3.1.4.5. Комбинированные конструкции кабелей для горизонтальной подсистемы СКС**

Кабели, содержащие одновременно несколько типов кабельных элементов, то есть оптические волокна (в том числе одномодовые и многомодовые), витую пару различных категорий, коаксиальную трубку и другие кабельные компоненты, называются комбинированными, композитными (composite) или гибридными (hybrid) [67]. При построении СКС применяются комбинированные конструкции, включающие в себя волоконные световоды и витую пару. Основанием для их использования служит тот факт, что в некоторых кабельных системах информационная розетка на рабочем месте оборудуется одним оптическим и одним электрическим портом. Главным преимуществом таких кабелей считаются меньшие габариты, а также более низкие затраты на прокладку по сравнению со случаем нескольких отдельных кабелей.

Исторически первые специальные комбинированные конструкции для применения в технике СКС начали серийно выпускать, по-видимому, американские компании. Так, уже к середине 90-х годов были известны комбинированные кабели, в состав которых входили 4-парный элемент UTP, элемент типа 1 ИБМ и 2- или 4-волоконный оптический кабель (так называемые dual- и tri-media-кабели). При этом элементы могли иметь как общую оболочку, так и каждый индивидуальную, с креплением в последнем случае в единое целое узкими перемычками (рис. 3.15). Фактически это были разнородные компоненты, формально объединенные в единое целое. До конца 90-х годов комбинированные кабели не имели широкого распространения и применялись только для решения специфических задач связи.

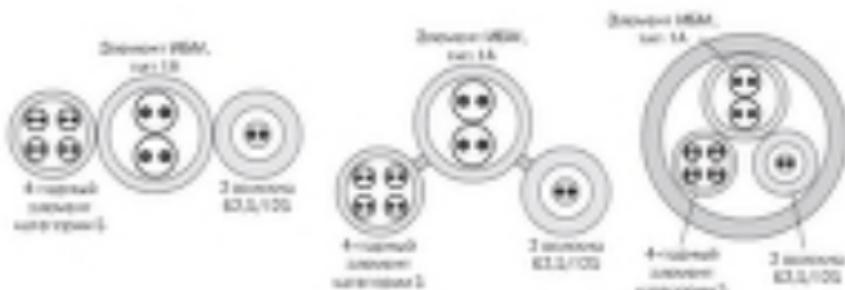


Рис. 3.15. Варианты конструктивной реализации комбинированных кабелей

Необходимость создания специальных изделий появилась в связи с уже отмеченным выше увеличением доли решений, основанных на доведении оптического тракта непосредственно до рабочего места. В результате в составе стандартного оборудования некоторых производителей СКС появились комбинированные конструкции. От прежних конструкций новые изделия отличаются заметно более высокой плотностью упаковки за счет конструктивной проработки изделия с уровня исходных компонентов. В качестве примера отметим кабель типа MNC880FO, входящий в состав СКС французской фирмы INFRA+ и содержащий наряду с двумя четырехпарными элементами категории 6 (четверочная скрутка) также два световода типа 62,5/125.

Вторым вариантом комбинированной конструкции для создания горизонтальной подсистемы СКС является кабель blotwist системы Blolite. Более подробно он будет рассмотрен в разделе 4.7. Отметим также заметно возросшую популярность гибридных кабелей с коаксиальной трубкой и четырехпарным элементом категории 3, применяемых при организации кабельной разводки в жилом секторе.

Не исключен вариант использования комбинированного кабеля в качестве одного из основных элементов СКС конкретного производителя. В частности, по такому пути пошли специалисты фирм Ackermann и Huber+Suhner, в основу кабельной системы AMCS (all media cabling system) положен комбинированный кабель с двумя витыми парами категории 5 и четырьмя волоконными световодами. Наибольшие преимущества эта разработка имеет при построении централизованных оптических архитектур, когда волоконные световоды используются для передачи сигналов ЛВС, а витая пара – для подключения телефонов.

Ниже перечислены факторы, сдерживающие широкое использование композитных конструкций:

- малое количество решений типа fiber to the desk (волокно до рабочего места) по состоянию на середину 2001 года;
- более жесткие требования в отношении минимально допустимого радиуса изгиба по сравнению с «чистыми» конструкциями;
- сложность разводки комбинированных конструкций по отдельным панелям в технических помещениях.

На основании этих факторов некоторые производители СКС не рекомендуют применение композитных кабелей при построении структурированной кабельной проводки [68].

### 3.1.5. Цветовая маркировка электрических кабелей СКС

При монтаже кабелей СКС очень важно иметь эффективный механизм идентификации витых пар и их проводников в электрических кабелях и волоконных световодов в оптических. Из-за малых размеров этих элементов применение маркирующих надписей является неэффективным, поэтому используется кодировка, основанная на окраске изоляционных оболочек и других элементов кабельного сердечника в различные цвета. Маркировка буквенно-цифровым кодом, аббревиатурами, знаками и различными пиктограммами применяется исключительно на внешних оболочках.

Основными нормативными документами, определяющими правила цветовой кодировки и маркировки, являются стандарты IEC 708-1 и TIA/EIA-598. Они используют одинаковый принцип и задают двенадцать основных маркирующих цветов (табл. 3.16). В электрических симметричных кабелях первые пять цветов задействованы для маркировки пары в группе, остальными семью маркируются груши. При этом цветом группы отмечается первый проводник пары, а в цвета пары окрашивается второй проводник.

Так, в 4-парных кабелях изоляция первого провода пары кабеля окрашивается в белый цвет (из-за широкого распространения этих кабелей их цветовая кодировка дополнительно выделена заливкой соответствующих ячеек) – см. табл. 3.17. Принадлежность белого провода к той или иной паре в кабелях UTP и S/UTP категории 5 и 6 определяется плотной свивкой с основным проводом и его идентификация и не вызывает больших сложностей.

Таблица 3.16. Маркирующие цвета проводников и световодов кабелей СКС по IEC 708-1 и TIA/EIA-598

N	1	2	3	4	5	6
Цвет покрытия	Синий	Оранжевый	Зеленый	Коричневый	Серый	Белый
N	7	8	9	10	11	12
Цвет покрытия	Красный	Черный	Желтый	Фиолетовый	Розовый	Голубой

В кабелях с шагом скрутки витых пар выше 38 мм, то есть фактически в кабелях категории 3, по стандарту для идентификации второго провода пары используются кольцевые метки, расположенные на оболочке через каждые 10–15 мм, причем цвет метки совпадает с цветом оболочки другого провода пары. Отсюда следует часто используемый в технической документации и на профессиональном жargonе специалистов принцип «двухцветного» обозначения проводов. Например, провод W-BL или «белый от синего» (второй вариант «бело-синий») означает «белый провод с синими метками» (иначе «белый провод, свитый с синим»). Этот же принцип используется в некоторых конструкциях кабелей категории 5 (компании Belden, Plastic Insulated Cable и некоторые другие), вероятно, из-за нежелания производителей менять отложенный технологический процесс. На практике встречается также маркировка белого провода пары на оболочке цветной линией, ориентированной вдоль его оси. Это особенно удобно в кабелях для шнурков, так как облегчает идентификацию проводников в процессе установки вилок модульных разъемов.

Правила цветовой маркировки магистральных кабелей задаются документом IEC 708-1 и приведены в табл. 3.17. В пределах каждого 25-парного пучка отдельные витые пары разбиваются на 5 групп по 5 пар в каждой. Внутри группы в каждой паре один из проводников

имеет один и тот же цвет, свой для каждой группы. Цветовая нумерация групп начинается с цвета 6 (белого) согласно табл. 3.16. Второй проводник пары имеет свой цвет по номеру пары внутри группы. Каждый пучок в кабеле емкостью выше 25 пар дополнительно обмотан двумя цветными полиэтиленовыми ленточками или нитками, которые обеспечивают его цветовую маркировку по принципам формирования, идентичную маркировке номеров пар.

Таблица 3.17. Цветовая маркировка пар в пучке многопарного кабеля

Группа	Цвет первого провода пар в группе	Цвет второго провода				
		Пара 1	Пара 2	Пара 3	Пара 4	Пара 5
1	Белый	Синий	Оранжевый	Зеленый	Коричневый	Серый
2	Красный	Синий	Оранжевый	Зеленый	Коричневый	Серый
3	Черный	Синий	Оранжевый	Зеленый	Коричневый	Серый
4	Желтый	Синий	Оранжевый	Зеленый	Коричневый	Серый
5	Фиолетовый	Синий	Оранжевый	Зеленый	Коричневый	Серый

В некоторых случаях применяется цветовая кодировка, отличная от приведенной в табл. 3.16, что определяется национальными нормами или внутрифирменными стандартами. Достаточно полная подборка схем цветового кодирования различных производителей представлена в монографии [1].

Несмотря на внешнюю простоту, окраска оболочек отдельных проводников кабелей из витых пар является на практике достаточно нетривиальной задачей. При нанесении окраски приходится учитывать два обстоятельства. Во-первых, полистилен, используемый в подавляющем большинстве случаев в качестве материала изоляции отдельных жил, весьма плохо поддается окраске. Во-вторых, красящие составы обязательно содержат металлические частицы, которые оказывают отрицательное влияние на электрические характеристики как отдельной витой пары, так и всего кабеля целиком. В частности, коричневая краска вызывает значительный рост емкостной взаимосвязи между проводниками и существенно увеличивает затухание витой пары.

## 3.2. Разъемы для электрических кабелей

Разъемы для витых пар служат обеспечению разъемного соединения кабелей СКС с коммутационным оборудованием в кроссовых, информационными розетками рабочих мест и с сетевым оборудованием. К этим элементам предъявляются следующие основные технические требования:

- минимальное затухание;
- высокое переходное затухание;
- минимальные структурные возвратные потери;
- небольшое сопротивление постоянному току;
- временная и температурная стабильность характеристик;
- простота установки на кабель;
- легкость подключения;
- хорошие массогабаритные показатели.

Для их обеспечения был создан целый ряд разработок, которые подробно обсуждаются

### 3.2.1. Механические и электрические параметры разъемов

#### 3.2.1.1. Подключение проводников к контактам разъемов

Способ подключения проводников к контактам разъемов играет особо важную роль в обеспечении электрических, частотных и эксплуатационных характеристик тракта передачи электрического сигнала. Известно, что подключение проводников друг к другу может быть выполнено различными способами. Так, в частности, стандарт IEC-352 предусматривает соединение накруткой, обжатием, запрессовкой. Добавим сюда также соединение пайкой и под винт. В разъемах СКС для соединения используется метод IDC (Insulation Displacement Connection). В дальнейшем такое соединение называется IDC-контактом<sup>1</sup>. От всех прочих данной технология выгодно отличается простотой реализации, более высокой температурной и времененной стабильностью в сочетании с вибрационной стойкостью, а также возможностью в некоторых случаях многократного подключения проводов и работы при высоком уровне загрязненности воздуха агрессивными промышленными выбросами.

Любая реализация метода IDC основана на использовании двойного пружинящего контакта с острыми режущими кромками, в зазор между которыми при установке вводится проводник. Кромки прорезают в изоляционной оболочке узкую щель и создают электрический контакт с проводником (рис. 3.16). Врезанием кромки рабочего элемента в медь проводника обеспечивается очень небольшая величина переходного сопротивления. С течением времени

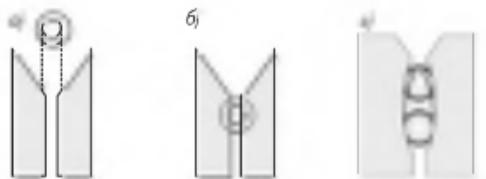


Рис. 3.16

Подключение проводника к разъему методом IDC: а) до установки; б) после установки; в) подключение двух проводников к контакту типа KATT

из-за диффузии происходит увеличение эффективной площади взаимодействующих элементов, что сопровождается даже некоторым улучшением электрических характеристик контакта. Одновременно за счет малой толщины ножей в сочетании с отсутствием механических напряжений достигается хорошая герметичность зоны соединения. На основании этого рассмотренный далее контакт KATT компании Molex иногда даже в явном виде называется в фирменной документации герметичным IDC-контактом. Кислород воздуха не попадает на контакт и не возникает проблем окисления и электрохимической коррозии. Широкое практическое применение нашли несколько основных разновидностей IDC-контактов, отличающихся друг от друга формой и взаимным расположением режущих кромок (рис. 3.17):

- типа 110;
- типа 66;
- типа Krome или LSA-Plus;
- типа KATT.

<sup>1</sup> Название метода IDC до настоящего времени не имеет точного эквивалента в русскоязычной технической литературе. В различных журнальных публикациях, как переводных, так и написанных отечественными авторами, встречаются такие названия новых методов, как «жесткий метод», «метод контактной вырубки» (то есть, метод контактного вспомогательного контакта), «метод защелкивания» (то есть, метод защелкивания подгрупп). Но здесь эти методы называют, во-первых, методом контактной группы, во-вторых, методом защелкивания в дальнейшем употребляются термином IDC-метод.

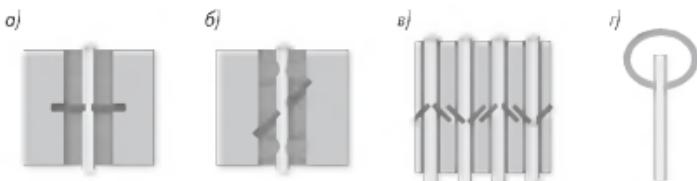


Рис. 3.17. Варианты расположения контактов в IDC-соединителях различных типов:  
а) типа 110 и бб; б) типа Krone; в) типа KATT; г) в трубчатом контакте

Ограниченнное применение находят также трубчатые варианты реализаций IDC-контактов. Общая характеристика основных вариантов контактов приведена в табл. 3.18, а способ подключения и расположение контактов – на рис. 3.16 и 3.17 соответственно.

Конструкция всех рассматриваемых далее IDC-контактов рассчитывается таким образом, чтобы гарантированно сохранить электрические и механические характеристики при выполнении минимум 100 циклов включения-отключения. В конце 90-х годов достаточно широко стали использоваться «одноразовые» IDC-контакты. Их появление обусловлено стремлением разработчиков гарантировать хорошие свойства разъемов и других коммутационных элементов, функционирующих на частотах, существенно превышающих 100 МГц. Принцип одноразовой установки обеспечивает решение этой задачи за счет отсутствия механических деформаций, неизбежно появляющихся при повторной установке провода в IDC-контакт. При этом сами режущие кромки допускают многократное соединение, но корпус контакта его не выдерживает.

Таблица 3.18. Общие характеристики различных типов IDC-контактов

Тип контакта	Расположение режущих кромок	Возможность подключения более одного проводника	Категория
110	Прямое	Невозможно	3-5
66	Прямое	Возможно	3*
Krone	Угловое	Возможно	3-5
KATT	Угловое	Возможно	3-5

\* Категория 5 в варианте 66M1.

Контакты 110 и 66 имеют прямое расположение режущих кромок, тогда как в контактах Krone и KATT использована угловая установка ножей. Контакты 110 не предназначены для подключения более одного проводника, контакты остальных типов позволяют реализовать (в некоторых случаях с определенными оговорками) параллельное соединение нескольких (обычно двух) проводников одного диаметра, что особенно важно в телефонии. Возможность подключения нескольких проводников к одному контакту обычно реализуется увеличением длины режущего элемента (меньшая расходимость кромок) или применением специальной формы режущей части ножа. Примером типичного изделия, реализующего первое направление, является контакт типа 66. В связи с тем, что такой подход неизбежно ухудшает электрические характеристики контакта за счет большой собственной реактивности, он более не используется в современных разработках для высокоскоростных каналов передачи информации. Наиболее известным примером решения второго типа являются контакты KATT, в которых использованы ножи с рабочей зоной серповидной формы, оптимизированные для установки двух проводников (рис. 3.17в).

В контактах IDC 66 режущие кромки рабочих элементов расположены друг против друга и имеют достаточно большую длину (около 25 мм). Контакты типа IDC 66 рассчитаны в первую очередь для подключения перемычек и широко используются в СКС для обслуживания низкоскоростных приложений. Например, для УАТС они позволяют создать параллельные телефонные линии и т.д.

Контакты типа 110 отличаются от контактов типа 66 меньшими геометрическими размерами и изначальной ориентированностью на применение в высокоскоростных цепях категории 5. При их разработке не ставилась цель создания параллельных соединений, поэтому они рассчитаны на подключение только одного проводника. Аналогично контакту 66, в контакте 110 использована параллельная установка ножей, которые в рабочем положении перпендикулярны оси проводника.

Контакты с угловой установкой ножей отличаются тем, что рабочая поверхность ножа врезается в медь проводника своей острой угловой кромкой, а не плоскостью, как в контактах типа 66 и 110. За счет этого в месте взаимодействия ножа с проводом не возникают узкие клиновидные щели, в области которых начинаются процессы коррозии [69]. Эти контакты известны двумя основными разновидностями.

В элементах Krone ножи располагаются параллельно друг другу и с разворотом под углом 45° к оси проводника<sup>1</sup>. За счет осевого разнесения точек врезания рабочих кромок ножей площадь поперечного сечения подключаемого проводника уменьшается весьма незначительно (рис. 3.18). Постоянно действующие распределенные вдоль проводника силы кручения, обеспечиваемые упругостью пластин ножей, позволяют получить несколько большую устойчивость к возможным механическим воздействиям. Серебрение рабочих поверхностей его ножей также увеличивает эксплуатационную надежность контакта.



Рис. 3.18

Поперечное сечение проводников в области врезания IDC-контактов:  
вверху – контакта типа Krone;  
внизу – контакта типа 110

Принципиальным недостатком контакта типа Krone считается то, что после запрессовки в него провода из-за угловой установки ножей рабочих элементов происходит нарушение заданной ориентации проводника. Это вынудило разработчиков увеличить длину самого элемента введением в него длинной пластмассовой направляющей, что отрицательно сказывается на массогабаритных показателях изделия. Недостаток устранен в контакте типа KATT<sup>1</sup> разработки компании Mod Tap за счет использования угловой установки рабочих ножевидных элементов, однако в отличие от контактов Krone, плоскости контактных элементов образуют друг с другом угол, близкий к прямому. Дополнительным отличием от аналогов является то, что в модуле KATT соседние контакты развернуты вершиной угла в противоположные стороны (рис. 3.17в). Это обеспечивает очень высокую стойкость к вырывающим осевым механическим воздействиям.

Идея введения дополнительных фиксирующих элементов для улучшения эксплуатационной надежности воплощена в контакте типа 110 компании Reichle & De-Massari.

<sup>1</sup> Контакт Krone имеет сертификат на надежность, в соответствии с которым он может быть использован в качестве контакта для телекоммуникационных систем класса B (см. главу 10). Контакт KATT имеет сертификат на надежность, в соответствии с которым он может быть использован в качестве контакта для телекоммуникационных систем класса A (см. главу 10).

Аналогично контакту Kone в нем также использованы пластмассовые направляющие в длинном канале, однако в отличие от него, они имеют несколько выступов, воздействующих непосредственно на оболочку проводника в нескольких точках. Как следствие, данная разновидность контакта имеет более высокую стойкость к вибрационным нагрузкам.

Основным преимуществом трубчатого контакта является его потенциально меньшие габариты. Однако контакт данного типа не получил широкого распространения из-за критичности к точности обрезки проводника и невозможности применять грушевые инструменты для установки сразу нескольких проводников. Определенное улучшение эксплуатационных характеристик трубчатого контакта достигнуто фирмой Raychem. В ее изделии верхняя часть трубы имеет острую кромку, которая отрезает лишнюю часть проводника и делает процедуру монтажа существенно более удобной.

### 3.2.1.2. Электрические характеристики разъемов для витых пар

Величины параметра NEXT, нормируемые действующими редакциями основных стандартов СКС (TIA/EIA-568-A, ISO/IEC 11801 и EN 50173), приведены в табл. 3.19. На рис. 3.19 сведены вместе и показаны в виде столбчатой диаграммы данные по величине переходного затухания NEXT кабелей и разъемов различных стандартных и перспективных категорий. Их сравнение показывает, что стандарты выдвигают к разъемам существенно более жесткие требования в отношении NEXT, чем к кабелям. Это объясняется, но-видимому, стремлением к созданию определенного запаса по величине переходной помехи, так как на ее значение очень сильно влияние оказывает качество монтажа, которое, естественно, не может контролироваться изготовителем разъема.

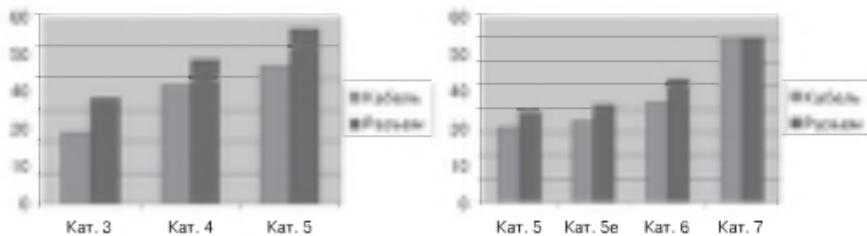


Рис. 3.19. Требования действующих и перспективных стандартов к параметру NEXT кабеля и разъемов различных категорий: а) на частоте 16 МГц; б) на частоте 100 МГц

Из-за линейного расположения отдельных контактов величины NEXT для различных комбинаций пар оказываются разными (пример приведен в табл. 3.20). Стандарты нормируют только наихудшее значение переходного затухания, также поступает и большинство изготовителей. Для оценки величины фактического значения NEXT удобно пользоваться так называемой шестиугольной диаграммой (рис. 3.20). Каждая ось этой диаграммы соответствует одной из комбинаций пар, и на ней откладываются значения нормы и фактическая величина NEXT на какой-либо фиксированной частоте (чаще всего на верхней граничной). Отложенные точки соединяются отрезками прямых линий, пространство между ними (отмечено заливкой) показывает фактическую величину гарантированного запаса по уровню переходной помехи. Шестиугольная диаграмма наглядно свидетельствует о качестве

<sup>1</sup> Контакт Kone разработан в НИИ под руководством разработчиков из работы практиката до 16 МГц.

конкретного разъема, а при необходимости получения дополнительного запаса по помехозащищенности для какого-либо приложения позволяет сразу же выбрать соответствующие параметры.

Таблица 3.19. Максимально допустимое затухание и NEXT для разъемов, дБ

Частота, МГц	Категория 3 Затухание	Категория 3 NEXT	Категория 4 Затухание	Категория 4 NEXT	Категория 5 Затухание	Категория 5 NEXT
1,00	0,40	58	0,1	>65	0,1	>65
4,00	0,40	46	0,1	58	0,1	>65
10,00	0,40	38	0,1	50	0,1	60
16,00	0,40	34	0,2	46	0,2	56
20,00	—	—	0,2	44	0,2	54
31,25	—	—	—	—	0,2	50
62,50	—	—	—	—	0,3	44
100,00	—	—	—	—	0,4	40

Таблица 3.20. Величина параметра NEXT на частоте 100 МГц для различных комбинаций пар модульных разъемов панелей серии SMART 24 компании RjT Technologies

Контакты	1–2	3–6	4–5	7–8
1–2		42,4	54,0	54,0
3–6	42,4		42,1	42,0
4–5	54,0	42,1		46,7
7–8	54,0	42,0	46,7	

Кроме табличного и графического задания частотных зависимостей параметров переходного затухания, иногда практикуется их аналитическое определение с использованием аппроксимирующих формул, аналогичных используемым для описания кабелей. Так, например, для высокочастотного разъема GG-45 концерна Alcatel частотная характеристика параметра NEXT определяется как

$NEXT > 80 \text{ дБ}$  при  $f < 31,25 \text{ МГц}$ ;

$NEXT = 80 - 20\lg(f / 31,25) \text{ дБ}$  при  $31,25 < f < 600 \text{ МГц}$ ,

где  $f$  – частота сигнала (задается в мегагерцах).

Свойство зависимости величины переходной помехи от номеров влияющих друг на друга пар учитывают разработчики активного сетевого оборудования. Так, например, в системе ATM передача сигналов производится по максимально разнесенным между собой в разъеме парам (для разводок серии 568 это соответствует парам 1 и 4).

Величины затуханий, вносимых разъемами различных категорий, нормируется стандартами в их рабочей полосе частот и указаны в табл. 3.19. Для разъемов категории 3 стандарт ISO/IEC 11801 дополнительно нормирует в рабочей полосе частот (до 16 МГц) значения как максимального, так и среднего после монтажа затухания, которые равняются соответственно 0,4 и 0,2 дБ независимо от частоты.

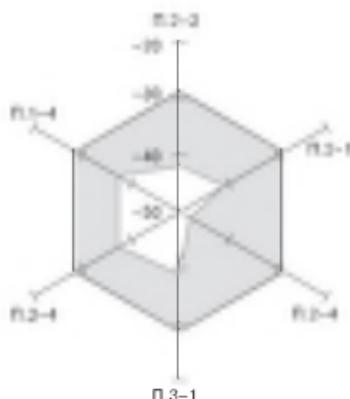


Рис. 3.20. Шестиугольная диаграмма параметра NEXT

Величины структурных возвратных потерь действующими редакциями нормативно-технических документов задаются только для разъемов категорий 4 и 5 и согласно ISO/IEC 11801 в редакции 2000 года указаны в табл. 3.21. При этом, как обычно, значения частоты задаются в мегагерцах.

Таблица 3.21. Минимально допустимый по ISO/IEC 11801 уровень возвратных потерь разъема для витых пар, дБ

Частота, МГц	Категория 4	Категория 5
1–20	23	26
20–100	—	$26 - 20\lg(\# / 20)$

Проходное сопротивление постоянному току разъемов для витых пар СКС по стандарту ISO/IEC 11801 не должно быть более 0,3 Ом. Превышение этого значения свидетельствует о плохой заделке проводников и является косвенным признаком ухудшения остальных электрических параметров.

Величина сопротивления связи, важная для экранированных конструкций, по стандарту ISO/IEC 11801 в редакции 2000 года составляет 10 мОм на частоте 1 МГц и 200 мОм на частоте 10 МГц. Предполагается, что указанные значения могут уточняться, как, впрочем, и сама величина этого параметра на более высоких частотах.

Некоторые компании гарантируют для производимой ими продукции существенно лучшие значения электрических параметров по сравнению со стандартными величинами. Так, например, немецкая фирма Telegärtner указывает для своих разъемов MJ-45LFS категории 5 максимальное затухание 0,14 дБ на частоте 100 МГц (стандартное значение 0,4 дБ). Величина гарантированного переходного затухания NEXT у серийных разъемов основной массы производителей обычно задается на 1–3 (реже 5) дБ выше по сравнению с требованиями стандартов для создания дополнительного запаса по величине переходной помехи.

Новые редакции стандартов предположительно расширят список нормируемых параметров электрических разъемов. В качестве примера в табл. 3.22 приведены требования

к величинам переходного затухания на ближнем и дальнем концах для разъемов различных категорий [70].

*Таблица 3.22. Требования перспективных редакций стандартов к величинам переходного затухания на частоте 100 МГц электрических разъемов различных категорий*

Категория	NEXT	FEXT
5	40	Не специфицировано
5E	43	35
6	54	43

### **3.2.1.3. Механические характеристики разъемов для витых пар**

Действующие редакции основных нормативно-технических документов стандартизируют достаточно обширный перечень механических параметров разъемов для витых пар и других функционально аналогичных ему элементов без привязки к конкретному типу соединителя.

Номинальный диаметр проводника может выбираться в пределах 0,5–0,65 мм, причем проводник может быть как однопроволочным, так и многопроводочным.

Количество проводников, одновременно подключаемых к розеточному модулю информационной розетки на рабочем месте, равно 8. Во всех других местах соединители рассчитываются на целое количество пар.

Контактный элемент соединителя должен выдерживать не менее 750 циклов включения–отключения без ухудшения его электрических параметров.

Стандарт TIA/EIA-568-A дополнительно задает также рабочий температурный диапазон разъема в пределах от –10 до +60 °C.

## **3.2.2. Модульные разъемы**

### **3.2.2.1. Общие положения**

Модульный разъем в своей исходной форме был разработан для применения в телефонных системах. Простота подключения и отключения (одно линейное движение без применения специальных инструментов) привела к его широкому распространению в области передачи данных, и в 1987 году он был сертифицирован для использования в системах ISDN. В настоящее время разъем этого типа наиболее часто применяется в практике создания СКС и используется во всех трех подсистемах СКС как для коммутации кроссового оборудования, так и для подключения активных сетевых устройств различного назначения (рис. 3.21).

Разъем состоит из двух частей: вилки и розетки и реализует принцип «контактной шины». Согласно этому принципу контакты вилки в момент подключения скользят по контактам розетки и, обеспечивая надежную гальваническую связь друг с другом за счет плоской конструкции большой длины, дополнительно сдвигают назад частицы загрязнений, готовы контакт для следующего подключения. К сожалению, нижнее расположение контактов розетки вызывает повышенную интенсивность их загрязнения в процессе эксплуатации, и поэтому гнездо розетки дополнительно защищается различными способами, подробно рассмотренными ниже.



Рис. 3.21. Вилка и розетка 8-контактного модульного разъема

Корпуса вилки и розетки изготавливаются из термостойкого пластика. Материалом контактов вилки и розетки, взаимодействующих между собой в собранном состоянии разъема, служит обычно легированная бериллием медь (бериллиевая бронза). Рабочая поверхность контактов может быть покрыта методом напыления тонким слоем золота, обеспечивающим стабильное высококачественное соединение. Некоторые компании предлагают несколько разновидностей модульных разъемов с золотым покрытием различной толщины с разной стоимостью и соответственно различной долговечностью. Контактные части вилки и розетки модульных разъемов производства Lucent Technologies и Mod-Tap имеют двухслойное покрытие рабочих поверхностей: слой золота толщиной 1,27 мкм на подложке из никеля толщиной 2,54 мкм (50 и 100 микродюймов соответственно). Кроме никеля в качестве материала подложки в двухслойных покрытиях в некоторых случаях используется латунь (немецкая фирма DeltaCom).

При разработке контактов наряду с подбором материалов особое внимание уделяется также выбору их формы, так как именно эти параметры обеспечивают необходимый уровень упругости и долговечности. Высококачественный контакт выдерживает несколько сотен и более циклов включения-отключения без ухудшения электрических характеристик. Большинство ведущих изготовителей указывают для этого параметра значение 2500, что соответствует действующим редакциям стандартов. Компания Panduit в изделиях серии MBX гарантирует 10000 циклов включения-отключения.

Отметим, что модульные разъемы в своей исходной форме были определены международным стандартом IEC 603-7 [71] и специфицированы только до частоты 3 МГц. Их конструкция оказалась настолько удачной, что путем последовательной модернизации верхнюю граничную частоту удалось увеличить почти на два порядка и довести этот параметр у лучших образцов до 200–250 МГц.

Конструкция модульного разъема допускает его изготовление в экранированном варианте для монтажа на экранированных витых парах. Для этого корпус вилки металлизируется тем или иным способом (напылением металла или вставкой) для обеспечения электрического контакта с экраном кабеля после обжима. Надежность гальванической связи экранов кабеля и вилки обеспечивается специальными конструктивными мероприятиями, которые позволяют получить полный круговой охват экрана кабеля корпусом установленной вилки. Гнездо розетки, а также IDC-контакты для подключения проводников кабеля экранируются металлическими кожухами. При подключении вилки к розетке их металлические элементы входят в непосредственный контакт друг с другом, что создает электрическую непрерывность экрана.

8-контактные модульные разъемы аналогично кабелям обеспечивают характеристики 3, 4 и 5 категорий. На рынке предлагается также обширная номенклатура разъемов модульного типа, характеристики которых соответствуют проектам стандартов категории 5е и 6. При заделке кабеля в вилку и розетку особое внимание уделяется сохранению фабричной завивки витых пар, которая может нарушаться не более чем на 13 мм для элементов категории 5 и 25 мм для элементов категории 3 и 4. Нарушение этого правила приводит к резкому уменьшению всех видов переходного затухания.

### **3.2.2.2. Вилки модульных разъемов**

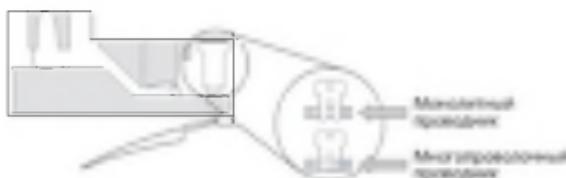
Вилка модульного разъема предназначена в первую очередь для установки на кабеле для шнуров, хотя может монтироваться также на обычном горизонтальном кабеле. Геометрические параметры этих кабелей приведены в табл. 3.23.

*Таблица 3.23. Геометрические параметры кабелей для монтажа вилки 8-контактного модульного разъема*

<b>Диаметр проводников пар, мм</b>	<b>0,5–0,65</b>
Внешний диаметр изоляции проводников	0,8–1,0
Внешний диаметр оболочки	4–6

К контактам вилки проводники витых пар кабеля подключаются согласно способу IDC. Пластина контакта имеет острые выступы, которые при обжиме надрезают изоляционную оболочку и обеспечивают электрический контакт с медной жилой проводника. По своей конструкции лезвия пластин контактов вилок модульных разъемов различны для кабелей с монолитными и с витыми проводниками.

Лезвие пластины для монолитного проводника имеет полукруглую форму с двумя зубцами на концах. При обжиме оно прорезает изоляцию и плотно охватывает проводник сверху и с боков, прижимая его к основанию вилки. Лезвие пластины для многопроводолочного проводника имеет острый выступ посередине, причем при обжиме вилки пластина прижимает проводник к основанию, а выступ входит между его проволоками. Установка вилки на кабель с несоответствующим ей типом проводников грозит потерей надежности контактов в процессе эксплуатации. Имеются также вилки с универсальной конструкцией лезвий контактов (рис. 3.22).



*Рис. 3.22  
Форма лезвий пластины контакта вилки модульной для линии дистанционной*

Корпус подавляющего большинства конструкций вилок изготавливается из бесцветного прозрачного пластика, что позволяет выполнять визуальный контроль правильности расположения проводников и качества их укладки. Применение окрашенной прозрачной пластмассы известно в единичных случаях. Необходимость использования этого материала может

возникнуть при особых требованиях к цветовой кодировке коммутационных шнурков. Из-за малых объемов производства цена вилки из окрашенного пластика возрастает примерно на 20–30%.

Для установки вилки на кабель в полевых условиях обычно применяется специальный ручной обжимной инструмент. Компаниями ITT Datakom, Panduit, AMP, Lucent Technologies, Reichle & De-Massari и некоторыми другими разработаны конструкции вилок, позволяющие выполнять их сборку без использования такого инструмента (решения группы «no tool termination»). Функции нажимного элемента, под воздействием которого обеспечивается гальваническая связь провода и контакта, выполняет съемная крышка вилки. IDC-контакты таких вилок могут располагаться как в один, так и в два ряда. Большая часть таких конструкций имеет электрические характеристики категории 3, некоторые фирмы гарантируют получение характеристик категории 5 или даже выше.

Ровный правильный ввод проводников кабеля в вилку обеспечивается применением направляющих каналов в области расположения пластин контактов. Их формирование производится двумя различными способами. Первый из них, получивший наибольшее распространение на практике, основан на использовании узких параллельных выступов длиной около 5 мм, сформированных непосредственно в установочном гнезде корпуса вилки. Согласно второму способу проводники предварительно вводятся в специальную оправку с такими же выступами во внутренней части, которая потом уже вставляется в корпус вилки.

Схема и порядок разделки кабеля при установке на него вилки модульного разъема, производимой с креплением по обжимной технологии, определены в стандарте TIA/EIA-568-А. Схема разделки изображена на рис. 3.23. Оболочка кабеля срезается на расстоянии около 20 мм от конца, концу кабеля придается плоская форма, пары развиваются до края оболочки и раскладываются в порядке, зависящем от выбранной схемы разводки. Место пересечения проводников 4 и 5 проводником 6 должно находиться на расстоянии не более 4 мм от края оболочки. После этого проводники отрезаются на расстоянии 14 мм от края оболочки. Ввод в вилку подготовленного к терминированию кабеля должен быть выполнен так, чтобы оболочка заходила в нее как минимум на 6 мм. Последнее требование выдвинуто из соображений обеспечения надежного захвата оболочки кабеля одноразовым пластиковым фиксатором вилки.

Рассмотренная процедура установки требует высокой точности отрезки и выравнивания проводников перед их вводом в вилку. В предварительной подготовке кабеля может существенно помочь инструмент WPT-8 компании Panduit, представляющий собой шаблон, куда вводятся, а затем ровно отрезаются обычными бокорезами или ножницами отдельные проводники. Обработанный в инструменте кабель легко вводится в вилку с гнездом, изображенным на рис. 3.24г.

Для улучшения электрических характеристик разъема за счет максимально полного сохранения фабричной свивки проводников отдельных витых пар в некоторых современных конструкциях в зоне врезки лезвий пластин контактов применяется двухрядное

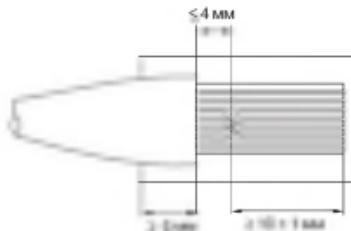


Рис. 3.23. Схема разделки кабеля для установки в вилку модульного разъема

расположение проводов в двух разных плоскостях со смещением этих рядов на половину расстояния между проводниками. Чтобы четко задавались направления ввода проводов, используется специальная форма конечной части установочного гнезда для ввода кабеля (рис. 3.24г). Подобное решение применяется, например, компаниями Lucent Technologies и Panduit. Для дополнительного улучшения характеристик по величине переходного затухания в вилках шнурков D8GS компании Lucent Technologies использован следующий комплекс мероприятий:

- длина расплетения пар кабеля уменьшена приблизительно до 6 мм;
- проводники кабеля разводятся с поворотом на 90° на две группы IDC-контактов, расположенных в задней части корпуса вилки (аналог разрезного оконцевателя розетки, рассматриваемого далее в разделе 3.2.2.3);
- ленточные проводники, соединяющие IDC-контакты с контактами вилки, расположены в двух плоскостях с увеличенным за счет этого пространственным разносом друг от друга;

Все эти нововведения потребовали значительных изменений хвостовой части корпуса, в частности, увеличения ее длины и высоты, и делают невозможным установку вилки на кабель в полевых условиях.

Достойна упоминания также разработка компании Steward Connector, которую можно рассматривать как развитие принципа многоуровневого расположения проводников. В отличие от предыдущего случая вынос проводников во вторую плоскость использован для того, чтобы максимально разнести между собой наиболее критичные с точки зрения переходных помех пары 3–6 и 4–5.

Механическая прочность соединения вилки и кабеля шнура может быть обеспечена двумя различными методами: с применением механической фиксации и использованием заливки отвердевающей пластической массой. Первый метод применяется в вилках с так называемым длинным корпусом (long body) и основан на использовании одноразового зажима, который является интегральной составной частью конструкции вилки. Зажим срабатывает под воздействием рабочего органа ручного обжимного инструмента или пресса штамповочного автомата. Конструкция вилок с длинным корпусом разрабатывается таким образом, чтобы внутри корпуса находило минимум 6 мм оболочки кабеля. Некоторые фирмы выпускают несколько разновидностей вилок с длинным корпусом, отличающихся формой гнезда хвостовой части. Ее геометрия подбирается с учетом типа кабеля, на который выполняется установка. Так, например, известны вилки для круглого, овального и плоского кабелей (рис. 3.24).



Рис. 3.24. Форма гнезд вилок модульных разъемов для ввода кабеля:  
а) для плоского кабеля; б) для круглого кабеля;  
в) для овального кабеля; г) для кабелей категории 5е и 6

Второй метод в классическом варианте реализации применяется в вилках с коротким корпусом (short body) и основан на заливке места соединения размягченной пластмассой

с последующей штамповкой для формирования хвостовика. С конца 2000 года известна его реализация в вилках с длинным корпусом, предназначенных для установки на шнуры категории 6. В этом случае не происходит нарушения структуры витков и разрушение крестообразного сепаратора кабеля. Как следует из описанного принципа, этот способ принципиально используется при изготовлении шнурков в производственных условиях (рис. 3.25).



Рис. 3.25. Разновидности конструктивного оформления вилок модульных разъемов:

- а) традиционная конструкция;
- б) с хвостовиком с куполообразной крышкой;
- в) с хвостовиком с лапкой;
- г) с рычагом U-образной формы;
- д) с защитными выступами;
- е) с защитной лапкой на корпусе

Вилка фиксируется в розетке упругой защелкой рычажного типа, располагающейся на стороне, противоположной стороне размещения контактов. На заднюю часть вилки часто одевается упругий резиновый или полимерный колпачок (boot) с хвостовиком, который своей задней частью закрывает примерно 10–15 мм кабеля. Промышленность производит колпачки с различным диаметром отверстия в хвостовике (шаг обычно 0,5 мм), что обеспечивает гибкое согласование с конкретными условиями установки. Основным назначением данного колпачка является задание определенного радиуса изгиба кабеля в месте его входа в корпус, вследствие чего улучшаются электрические характеристики. Корпус хвостовика в своей передней части, одеваемой на вилку, снабжается прямоугольным вырезом, который не ограничивает ход рычага защелки и делает процесс отключения вилки более удобным. Для увеличения гибкости задняя часть хвостовика часто выполняется с рифленой поверхностью или снабжается системой прорезей. Для вилок с коротким корпусом формирование хвостовика осуществляется в процессе фиксации кабеля.

Фиксация хвостовика, который выполняется в виде отдельной детали, может осуществляться двумя различными способами. Основная масса изделий просто надвигается на заднюю часть вилки в процессе сборки после обжима и цепляется своим выступом за выступ на корпусе (рис. 3.26а). В последнее время начинает быстро набирать популярность решение, основанное на фиксации хвостовика на корпусе во время процесса обжима за специальные технологические выступы (рис. 3.26б). Несмотря на большую сложность подобного варианта, его основным преимуществом считается то, что хвостовик является естественным продолжением корпуса вилки и не увеличивает площади ее поперечного сечения при меньшем расходе полимера.



Рис. 3.26. Варианты исполнения защитных хвостовиков вилок модульных разъемов:

- а) с фиксацией за корпус вилки;
- б) с фиксацией под зажим

Рычаг защелки вилки традиционной конструкции (рис. 3.25а) достаточно сильно выступает над ее корпусом и легко цепляется за другие провода и остальные предметы, создавая определенные неудобства при эксплуатации СКС. Для устранения этого недостатка предложен ряд вариантов, которые могут быть разбиты на две основные группы. Первая из них основана на применении защитных хвостовиков специальной формы. В этой области известны следующие разработки:

- наиболее часто на практике применяются хвостовики, передняя часть которых снабжается мягкой куполообразной крышкой, закрывающей конец рычага защелки (решение типа snag-free cap, рис. 3.25б). Иногда, вероятно, из соображений упрощения и удешевления производства, замкнутая крышка заменяется на полукольцо. По своим функциональным возможностям данное решение уступает классическим конструкциям;
- в так называемом идентификаторе порта (port identifier) серии OR-20300082 компании Ortronics хвостовик снабжен не крышкой, а выступающей дугообразной лапкой, которая перекрывает конец рычага защелки (рис. 3.25в). По аналогичной схеме построены вилки шнуров серии PC5EFS компании Superior. Рычаг приходится делать достаточно длинным, так как из-за его значительной жесткости отключение вилки становится очень неудобным.

Отметим, что задняя часть хвостовика в случае поставки в виде отдельной детали имеет отверстие круглой формы различного диаметра, величина которого выясняется при заказе и подбирается с учетом габаритов кабеля. Не исключена возможность формирования отверстия плоской формы в случае установки вилки разъема на низкочастотный кабель.

В основу решений второй группы положено изменение формы хвостовой части корпуса вилки с сохранением принципа совместимости классических и модернизированных вилок для возможности установки в розетку стандартных модульных разъемов. Здесь применяются следующие конструкции:

- в вилке типа PAN-PLUG компании Panduit рычаг защелки выполнен из упругой пластмассы, толщина которой уменьшена по сравнению с традиционными конструкциями, а сам рычаг имеет U-образную форму (рис. 3.25г);
- в вилке шнуров серии «Tangle Free» этой же компании использованы в задней части корпуса два небольших выступа треугольной формы типа «рысы уши» (рис. 3.25д); это позволяет не менять форму рычага защелки.
- в вилке шнура типа D8GS компании Lucent Technologies на задней части корпуса выполнена гибкая прямая планка, установленная под углом около 30° к продольной оси корпуса и перекрывающая своим концом конец рычага защелки (рис. 3.25е).

В ряде решений второй группы не применяется хвостовик, что создает определенную угрозу деградации электрических параметров шнура в процессе эксплуатации из-за повышенной опасности резкого изгиба кабеля в месте его входа в вилку.

В 2001 году французская фирма PatchSee представила одноименные соединительные шнуры, в которых задача улучшения эксплуатационных характеристик разъемов решена вместе с задачей визуальной идентификации порта СКС и активного оборудования. Идентификатор порта решения этой компании представляет собой клипсу с защитным выступом, которая изготовлена из пластмассы 16 различных цветов. Клипса одевается своей защелкой на заднюю часть хвостовика, которая для обеспечения фиксации снабжена крепежными выступами, блокирующими осевое смещение защелки. Аналогичная идея использована компанией HellermannTyton. Вилки этой фирмы также имеют съемную защитную клипсу с защитной планкой, однако эта клипса выполнена из прозрач-

ной бесцветной пластмассы. На корпусе клинсы предусмотрено достаточное большое прямоугольное маркировочное окно, на которое наносится двузначный цифровой код.

### 3.2.2.3. Розетки модульных разъемов

#### Подключение кабелей к розеткам

Розетка с элементами подключения проводников кабеля изготавливается в виде розеточного модуля, который состоит из двух основных функциональных частей: контактного гнезда и так называемого оконцевателя, основным назначением которого является подключение проводников (рис. 3.27). Оконцеватель в подавляющем большинстве известных конструкций реализован в виде набора IDC-контактов, само подключение проводников к розеточному модулю может выполняться следующими способами:

- линейкой контактов IDC 110 (достаточно часто эти контакты для уменьшения общей длины модуля собираются в две группы по четыре контакта в каждой, другое название – разрезной оконцеватель);
- отдельными IDC контактами под однопроводный ударный инструмент или нажимную крышку<sup>1</sup>;
- поворотными на  $\frac{1}{4}$  оборота зажимами типа K10 под одиничный провод или пару проводов (решение компании Legrand);
- линейкой контактов Krone (розетки типа RJ-K фирмы Krone);
- одиночными трубчатыми IDC-контактами;
- винтовыми зажимами для защищенного проводника.

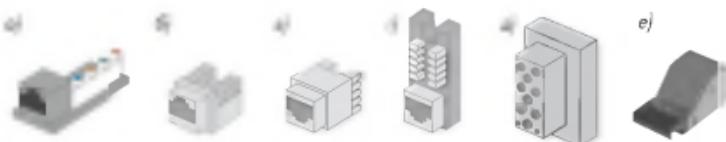


Рис. 3.27. Варианты конструктивного оформления розеточных модулей:  
а) с линейкой контактов IDC 110; б) с разрезным оконцевателем; в) с задним расположением разрезного оконцевателя; г) с перпендикулярной ориентацией контактного гнезда;  
д) с поворотными зажимами; е) с отдельными IDC-контактами

Последний способ использовался в системах передачи данных только в ранее выпускавшихся розетках категории 3. В настоящее время он считается устаревшим: не обеспечивает высокой надежности из-за опасности коррозии, неудобен из-за высокой ломкости и относительно малой гибкости монолитного проводника со снятой изоляцией. Не позволяя получить хорошие частотные свойства, он используется крайне ограниченным количеством фирм и применяется исключительно в телефонных розетках.

Для установки проводников:

- в оконцеватели на основе обычной или разрезной линейки IDC-контактов в большинстве конструкций применяется однопроводный ударный инструмент;

<sup>1</sup> Клипсы для этого выполняются либо из обычного пружинного металла, либо из специального сплава никель-хром-никелевого сплава, имеющего высокую прочность и износостойкость.

- поворотный зажим розеток компании Legrand с установленным в него одним проводом или их парой переводится в рабочее положение обычной шлицевой отверткой;
- в одиночных IDC-контакты достаточно часто используется вставка-толкатель, которая может быть интегрирована в единое целое с защитной крышкой. После укладки проводников кабеля в направляющие контактов дальнейшая их установка может производиться с помощью специального нажимного инструмента типа клещей. В розетках Rap-JACK и Mini-JACK компании Panduit применяются инструменты RJT-X и CJT-X соответственно, которые представляют собой небольшой рычаг, вводимый своим выступом в специальный паз на корпусе розетки. Эта же компания при сборке своих розеток типа Mini-Jack предложила использовать инструмент CGST рычажно-го типа, который по принципу действия является функциональным аналогом обжимных клещей, однако существенно превосходит их по массогабаритным показателям.

Большинство конструкций розеточных модулей предусматривает размещение оконцевателя в верхней или нижней части корпуса. При этом подвод витых пар кабеля наиболее просто выполняется сзади модуля. Подвод с других направлений, что часто случается на практике при монтаже в ограниченном по объему пространстве коробов и настенных розеток, неизбежно сопровождается резким поворотом отдельных витых пар под углом около 90° и определенным, часто весьма заметным, ухудшением за счет изгиба электрических характеристик разъема, главным образом, по параметру NEXT. Для устранения этого недостатка используются два конструктивных решения, основанных на развороте гнезда или оконцевателя на 90° относительно традиционного положения. Первое из них реализовано фирмой

Krone в виде размещения оконцевателя в задней части корпуса с ориентацией плоскости перпендикулярно его оси. Второй вариант предложен компанией BICC в так называемом slim-line-модуле типа CAT5C-WDO-SL450-001 и предполагает установку гнезда розетки перпендикулярно плоскости расположения контактов оконцевателя. И наконец, частичное устранение проблемы резкого изгиба кабеля в традиционных конструкциях обеспечивается наличием небольшой выемки полукруглой формы в задней части разрезного оконцевателя между линейками контактов.

В 2001 году компанией Hubbell предложена розетка типа HXJ6B. От аналогов она отличается парной группировкой контактов оконцевателя и их расположением под углом 45° к продольной оси изделия (рис. 3.28). Основное преимущество такой конфигурации – минимальное нарушение регулярной структуры скрутки пар в процессе выполнения монтажа.

Необходимость уменьшения монтажной высоты розеточного модуля возникает в основном при использовании прокладки кабелей СКС под ковром. Для решения этой задачи компанией AMP выпускаются модули 558053 категории 5, у которых разрезной оконцеватель



Рис. 3.28 Особенности конструкции оконцевателя розетки типа HXJ6B фирмы Hubbell

также повернут на 90°, однако, в отличие от рассмотренных выше вариантов, поворот выполнен изгиба.

Оболочка кабеля, разделяемого в розетке, должна удаляться вилотную к контактам оконцевателя, то есть длина витых пар без оболочки должна быть минимальной. Наруше-

ние этого правила допускается только некоторыми производителями СКС и только в том случае, если кабель в оболочке не может быть изогнут с минимально допустимым радиусом в тесном пространстве короба или некоторых видов розеток.

Розеточные модули различных категорий одного производителя достаточно часто имеют одинаковые внешний вид и габариты. Для решения проблемы их визуальной идентификации на лицевой части модулей серии M100 компании Lucent Technologies выполнена маркировка CAT5. Компания AMP использует в своей СКС NetConnect модульные вставки с розеткой модульного разъема. Достаточно большие габариты декоративной крышки этой вставки позволяют выполнить на ней достаточно эффективную текстовую маркировку. На вставках указываются ее тип, категория и номера задействованных контактов. Аналогичная идея использована компанией Siemon, на некоторых модификациях вставок серии ST выполнено традиционное для этой фирмы указание категории в виде цифры, помещенной внутри ромба.

Одним из основных параметров модульного разъема является параметр NEXT. Для обеспечения требуемого уровня величины переходных помех необходимо в первую очередь гарантировать сохранение первоначальной формы всех токоведущих элементов розетки и подключаемого к ней кабеля, минимизировать длину расплетения отдельных проводов пары и не допустить резких изгибов проводников. Это достигается рядом конструктивных мероприятий, которые иногда применяются совместно. Для сохранения формы токоведущих элементов используется:

- предельное уменьшение габаритов всех деталей, в том числе токонпроводящих элементов для снижения собственной реактивности; например, в розеточном модуле типа 808 компании ITT NS&S за счет этого нормативная длина расплетения пар проводников составляет всего 9–10 мм вместо обычных 13 мм;
- двухрядное расположение IDC-контактов оконцевателя, причем эти контакты часто имеют различную высоту и могут быть разделены диэлектрическими пластинками для симметризации и компенсации переходных помех;
- применение оконцевателя типа 110 со специальной формой токоведущих деталей, продолжающих скрутку внутри корпуса разъема (решение компании AMP);
- расположение IDC-контактов пары не друг рядом с другом, а с небольшим смещением для уменьшения величины развития проводников при установке (высокочастотный разъем TERA компании Siemon);
- отказ от использования ударного инструмента для установки проводников в IDC-контакты. Монтаж выполняется с помощью нажимной крышки той или иной конструкции, которая досыпается на место пальцами (в этом случае иногда говорят о решениях типа toolless jacks) или инструментом в виде рычага, толкателя или клещей;
- использование конструкций, допускающих только однократную установку. Примером могут служить упомянутые выше модули типа 808 компании ITT NS&S, а также S100 и S250 компании Corning;
- применение заделки края оболочки кабеля в корпус розетки для сохранения структуры сердечника;
- применение крышек с укладочными пазами для отдельных проводников;
- подвод кабеля к розетке параллельно ее оси в случае заднего расположения оконцевателя или перпендикулярно ее оси для традиционных конструкций;
- в двухмодульных розетках, ориентированных на установку в декоративные короба, возможен ввод кабеля под углом 45°, задаваемым фиксирующим хомутом (разработка немецкой компании FMT – рис. 3.29);
- использование поворотного на  $\frac{1}{4}$  часть оборота зажима на два провода одной пары для минимизации длины расплетения (разработка компании Legrand).

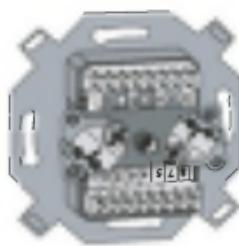


Рис. 3.29. Розетка немецкой компании FMT

### Конструктивные особенности корпусов розеток

Согласно действующим нормам в 8-контактном модульном разъеме должны быть разведены все 8 проводников горизонтального кабеля или шнура.

Правильность подключения проводников витых пар к контактам розетки обеспечивается применением цветных наклеек и/или цифровой маркировкой отдельных контактных элементов. Некоторые типы розеток снажены двойной цветовой маркировкой гнезд, обозначенных буквами А и В или аббревиатурами 568А и 568В для выполнения разводок по схемам 568А и 568В соответственно. Маркирующие наклейки размещаются рядом с пазами оконцевателя и могут находиться как между гребенками IDC-контактов, так и на внешней боковой поверхности корпуса.

Соединения IDC-контактов оконцевателя с контактами гнезда могут выполняться по трем различным схемам. Первые два варианта широко применяются в традиционных конструкциях, где используется прямое соединение или соединение через печатную плату. При прямом соединении эти контакты изготавливаются методом штамповки из одного листа медного сплава. Для улучшения характеристик разъема по уровню переходных помех средняя часть таких контактов может располагаться в разных плоскостях с разделением их диэлектрическими пластинками. При соединении через печатную плату контакт фактически состоит из двух частей, связанных между собой токоведущей дорожкой из медной фольги.

Дополнительно на плате формируются печатные конденсаторы, улучшающие характеристики разъема по переходным помехам. Считается, что данная разновидность реализации розеток более перспективна в плане получения требуемых параметров на высоких частотах. Однако ее большая стоимость приводит к тому, что в производстве по состоянию на середину 2011 года зачастую сохраняются обе разновидности розеток.

Еще одно преимущество использования схемы на основе печатной платы заключается в том, что на ней существенно проще реализовать скрещивание проводников (перевод четвертого провода кабеля на контакт 6 при разводке серии 568). Это позволяет значительно менять развивать проводники витых пар и заметно улучшает параметры разъема по переходным помехам.

Третий вариант реализован по схеме применения модульной вставки, что неизбежно означает введение в тракт дополнительного разъемного соединителя и некоторое ухудшение его параметров. По этой причине он поддерживается ограниченным кругом производителей техники СКС.



Рис. 3.30. Варианты конструктивной реализации розеточных модулей на основе модульных вставок:  
а) решение компании AMP;  
б) решение компании Dahwyler

Известны две основные разновидности реализации разъема на основе модульной вставки (рис. 3.30). В первой из них, продвигаемой компанией AMP, на печатной плате модульной вставки выполнены печатные проводники, которые вставляются в разъем соединителя (так называемый Edge Connector). Данное исполнение по состоянию на начало 2000 года известно в двух разновидностях, имеющих очень близкую конструктивную схему: Edge

Connector рассчитан на частоты до 300 МГц, тогда как Edge Connector Mark II работает на частотах до 1 ГГц. Лицензионная копия Edge Connector использована также в модульных вставках серии АСО, применяемых в кабельной системе VDI компании Legrand.

В отличие от этого на плате розеток компании Datwyler использованы штыревые проводники, вставляемые в соответствующие гнезда. За счет меньшей реактивности штыревого контакта можно существенно увеличить верхнюю граничную частоту разъема. Наличие монтажной платы достаточно большой площади в модульной вставке компании Datwyler позволяет достаточно оригинально реализовать принцип cable sharing (см. раздел 1.5). В некоторых вариантах этих вставок с двумя розетками модульных разъемов контакты розеточных модулей соединяются со штыревыми контактами не напрямую, а через коммутационную колодку. Конкретный вид разводки проводников кабеля задается коммутационным элементом, вставляемым в эту колодку.

Увеличение эксплуатационной надежности и устойчивости контактов розетки к возможным рывкам за кабель достигается применением крышек, одеваемых на IDC-контакты после монтажа в них проводников и дополнительно фиксирующих проводники за изоляционную оболочку. Известны варианты этих крышек на одну, две и четыре пары проводов. Крышка, как правило, выполнена в виде отдельной детали, в розетках серии FTJ компании Hubbell функции крышки выполняет поворотная на боковой оси пластинка. В розетках компании Reichle & De-Massari ось поворотной крышки расположена в передней части модуля и ориентирована перпендикулярно его продольной оси. Крышки на 8 проводов достаточно часто снабжаются боковыми защелками, увеличивающими прочность и надежность их фиксации. В розетках серии M100 компании Lucent Technologies с оконцевателем разрезного типа крышка имеет вид П-образной детали и фиксирует две пары проводов на различных частях оконцевателя, дополнительно выполняя функцию ключа-фиксатора розеточного модуля в случае его установки в лицевую пластину декоративного короба. В отличие от этого крышка розеток серии HD58 упомянутой выше компании Hubbell также закрывает две пары проводов, но на одной стороне оконцевателя. Кроме своего прямого назначения данные крышки могут быть использованы в качестве толкателя при установке разъема без использования ударного инструмента.

Описанные выше решения обеспечивают хорошую защиту от потери гальванической связи между проводниками кабеля и ножами IDC-контакта при различных тянувших и изгибающих усилиях, однако не гарантируют сохранение структуры витков при рывках. Для устранения этого недостатка в инженерной практике используются следующие мероприятия (рис. 3.31):

- дополнительная фиксация кабеля пластиковой стяжкой, выполняемая обычно за Т-образную ланку (рис. 3.31а) или прорезь розетки;
- дополнительная фиксация кабеля клином, вставляемым в специальное гнездо корпуса экранированной розетки; клин удерживается в своем рабочем положении силой трения (решение немецкой компании Datwyler); аналогичная идея использована в розеточных модулях серии 7700 французской компании INFRA+, однако клин для увеличения надежности фиксации снабжен дополнительным фиксатором-трещоткой;
- использование зажимных колец, дополнительно обеспечивающих гальванический контакт экранов кабеля и розеточного модуля. Диаметр кольца может выбираться в зависимости от тока кабеля;
- применение небольших острых или длинных ножеобразных выступов, которые врезаются или вдавливаются в оболочку кабеля и обеспечивают ее фиксацию от перемещений в осевом направлении (решение компании Siemens, примененное в модулях типа S100 и U100 соответственно) – рис. 3.31б;

- в панелях серии ALPHA 824 компании Elgadphon фиксатор выполнен в виде разрезного трубчатого пружинного зажима, который в рабочем положении плотно охватывает кабель (рис. 3.31в);
- использование металлических фиксирующих хомутов или съемных U-образных держателей. Одна из таких деталей является фактически обязательным аксессуаром любой экранированной конструкции и выполняет функции заземляющего элемента.



Рис. 3.31. Технические решения по обеспечению дополнительной фиксации кабеля в розете модульного разъема: а) с помощью пластикового хомута и Т-образной лапки; б) врезными элементами розетки S100 фирмы Siemens; в) зажимом панелей фирмы Elgadphon

Розетки могут иметь различную схему разводок, для обеспечения которой применяется различная раскладка проводников по отдельным контактам. Для улучшения параметров влияния в современных конструкциях часто используется прямое подключение к отдельным контактам без развивки отдельных пар кабеля, а требуемая схема разводки обеспечивается внутренним перекрещиванием проводников. При этом диэлектрические пластины, разделяющие отдельные проводники, выполняются из специально подобранных материалов и имеют определенную толщину. Такое решение позволяет наряду с обеспечением гальванической развязки получить между отдельными проводниками заранее заданную емкость и выполнить симметризацию внутренних цепей розеточного модуля. Ранее для достижения такого эффекта практиковалась установка дискретных конденсаторов в виде навесных элементов, что, однако, не позволяло получить высокую пробивную стойкость конструкции и не разрешалось действующими редакциями стандартов. Встречается также формирование симметризирующих конденсаторов в форме планарного элемента за счет выбора токоведущих дорожек специальной формы.

Розетки для подключения к экранированным кабелям из соображений унификации выполняются в едином конструктивном стиле с розетками для кабеля UTP. Основным их отличием является наличие экранирующих кожухов и других элементов обеспечения гальванической связи экранов вилки и розетки. Экранирующий кожух чаще всего выполняется в виде крышки, которая одевается на оконцеватель розетки после разводки на ней отдельных проводников кабеля. Фирма Panduit применяет для своих розеток серии MUSJC588 экранирующий корпус из тонкого листового металла, одеваемый после разделки кабеля на розетку и закрывающий ее со всех сторон. В модулях типа S100 компании Corning экран выполнен составным: его первая часть обеспечивает контакт с экраном кабеля, вторая выполняет функции силовой основы и создает полный круговой охват остальных элементов гнезда. В зависимости от объема элементов розетки, охватываемых экраном после его установки, в розетках корпорации Alcatel различают собственно экранированные модули (экранируется только гнездо для подключения вилки) и модули типа EMC<sup>1</sup> (полная экранировка гнезда и оконцевателя).

Элемент обеспечения гальванической связи экранов кабеля и соединительного шнура представляет собой металлическую вставку в гнездо розетки. Для уменьшения величины переходного сопротивления вставка снабжается пружинящими самоочищающимися контактами в виде отогнутых лапок. В большинстве конструкций устанавливаются два таких контакта, в упомянутых выше модулях S100 применяются три лапки, а в розетках системы EMT компании AMP предусмотрено четыре контакта. Необходимость последнего нововведения обусловлена слишком большими допусками на геометрические размеры элементов разъема, задаваемыми действующей редакцией стандарта IEC 603-7. Увеличение количества контактов позволяет компенсировать возможные люфты при установке по всем трем осям и обеспечить надежный круговой контакт экранов на протяжении всего срока эксплуатации.

Конструкция корпуса розетки модульного разъема достаточно сильно зависит от его назначения и может быть выполнена в двух основных вариантах. Первым из них является универсальный розеточный модуль, который устанавливается на свое рабочее место с использованием защелок. Такие модули выполняются в трех видах: угловой, плоский и в стиле keystone (рис. 3.32), причем последний из них также может быть выполнен в прямом и угловом виде. Для монтажа в декоративный короб при таком исполнении требуется лицевая панель-адаптер, в корпусе информационной розетки установка выполняется напрямую без каких-либо дополнительных элементов. Анализ рис. 3.32<sup>б</sup>,<sup>в</sup> показывает, что реализованные по этим схемам розеточные модули отличаются друг от друга только способом крепления. В силу этого не исключена возможность реализации модулей в стиле keystone с внешней угловой установкой гнезда розетки, из чего следует определенное улучшение эксплуатационных характеристик (рис. 3.32<sup>г</sup>, см. далее раздел 3.3.3). Данный вариант применен на практике, например, тайваньской компанией HCI [72].

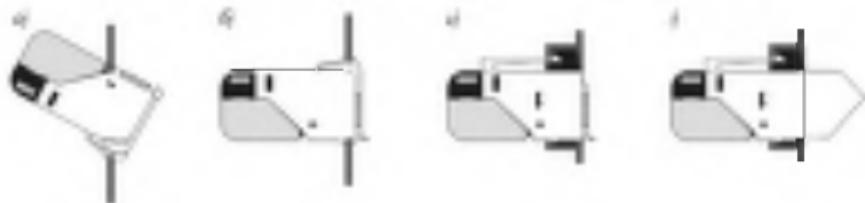


Рис. 3.32. Установка розеточных модулей в короб или розетку: а) угловая в варианте с выступом; б) плоская; в) в стиле keystone; г) угловая в стиле keystone

Розеточный модуль с лицевой панелью является примером специализированной конструкции и ориентирован на установку в декоративных коробах, так называемых розеточных коммутационных панелях (см. далее раздел 3.3.3), а также в розетках мультимедиа. В связи с широким распространением в СКС 2-портовых рабочих мест (требование стандарта) модули этого типа выполняются двухпортовыми и состоят из трех основных деталей: гнезда, оконцевателя и монтажной печатной платы. Оконцеватель представляет собой линейку типа 110, причем эти линейки в большинстве случаев располагаются параллельно друг другу. В Европе широкую популярность имеют двухпортовые розеточные модули, функции силовой основы которых выполняет пластиковая или металлическая фигурная деталь. В этом случае декоративная лицевая пластина крепится на винтах или защелках.

Некоторые конструкции модулей с лицевой панелью предусматривают откидную или сдвижную подпружиненную заслонку гнезда, защищающую ее контакты от загрязнения при неподключенной вилке. Для монтажа защитных крышек на универсальный модуль

иногда применяется адаптер, одеваемый на его лицевую часть. Отдельные конструкции таких адаптеров могут иметь специальную форму, которая при наличии аналогичного ответного элемента, одеваемого на вилку, позволяет закодировать последнюю на возможность подключения только к определенному гнезду. Отметим также решение типа «zero-footprint shutter» компании Molex. Оно представляет собой защитную крышку, которая установлена внутри гнезда розетки и при установке вилки уходит назад без совершения углового поворота [73]. Его основным преимуществом перед традиционными решениями является заметно лучшая степень защиты от загрязнений. Для предотвращения несанкционированного подключения к сети дверца может защищаться на ключ (изделие RW-AS08-LOC английской компании RW Data).

### Разновидности розеток

Контакты разъемов нумеруются последовательно слева направо от 1 до 8, если смотреть на гнездо розетки так, как показано на рис. 3.33. На этом рисунке изображено несколько разновидностей конструкций разъемов.

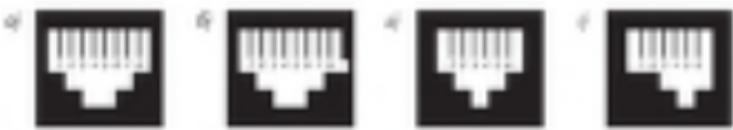


Рис. 3.33. Разновидности розеток модульных разъемов: а) 8-контактная; б) 8-контактная с ключом; в) 6-контактная; г) 6-контактная модифицированная

Традиционный 8-контактный разъем (рис. 3.33а), который носит название Western Plug, 8P8J (8-position modular jack) или 8P8C (8 position 8 conductor), на практике часто не совсем корректно называемый RJ-45<sup>4</sup>, получил самое широкое применение в СКС. Он устанавливается в информационных розетках рабочих мест и в коммутационном оборудовании в кроссовых. Кроме того, на основе модульного разъема в большинстве случаев реализуется интерфейс сетевого оборудования, через который осуществляется ее подключение к СКС.

8-контактный разъем с ключом (рис. 3.33б) был разработан фирмой DEC для того, чтобы его вилки по ошибке нельзя было подключать к розетке обычного 8-контактного разъема. Эти разъемы, как, впрочем, и 6-контактные модифицированные (рис. 3.33г), называемые иногда также MMJ-разъемами (от англ. Modified Modular Jack), не получили широкого распространения, их не рекомендуется использовать в СКС.

6-контактные разъемы (рис. 3.33в), которые аналогично 8-контактным гнездам часто не вполне корректно называют RJ-11 или RJ-12, широко используются в неструктурированных кабельных системах для подключения телефонов на рабочих местах. В целях достижения свойства универсальности в СКС информационные розетки должны быть оборудованы только розетками 8-контактных модульных разъемов. Модульные разъемы имеют такую конструкцию, что вилка 6-контактного разъема оконечного шнура для подключения телефона может быть подключена к 8-контактной информационной розетке, при этом ее контакты 1 и 8 остаются незадействованными.

<sup>4</sup> Стандарт RJ (Registered Jack) обозначает конкретную группу различных типов подключения кабелей информационных разъемов. Например, 6-контактный разъем имеет пять разъемов (типа RJ-11 С (две пары), RJ-14С (три пары) или RJ-25С (шесть пар)). Раньше существовали два стандарта RJ-40С и RJ-45С, для вынужденного перехода с одними контактами использовались RJ-43, RJ-46, RJ-48С и т.д. В дальнейшем из-за высокой технологической доступности началось использование RJ-45-разъемов, что затруднило 6-контактные модульные разъемы.

В кабельной системе SMART израильской компании RIT Technologies применяется специальный 10-контактный модульный разъем. Наличие двух дополнительных проводников (в настоящее время используется только один из них) позволяет так называемому сканеру контролировать соединение двух портов панели коммутационным шнуром и обеспечивать двухстороннюю передачу управляющей и диагностической информации по несимметричной схеме. Универсальность кабельной системы SMART и ее совместимость с оборудованием других типов достигаются за счет особой конструкции гнезда разъема: в него можно вставить стандартную вилку 8-контактного модульного разъема. Естественно, что в случае применения шнуров с такими вилками обмен служебной управляющей информацией становится невозможным. Более подробные сведения содержатся в разделе 13.1.3.

### 3.2.2.4. Схемы разводки модульных разъемов

Проводники симметричного кабеля могут разводиться в розетке модульного разъема различными способами. Из-за плоской конструкции вилки трудно выделить лучшую схему разводки, и выбор любой из них представляет собой компромиссное решение, обеспечивающее улучшение каких-либо одних параметров за счет снижения показателей других.

На практике наибольшее распространение получили три основные схемы разводки витых пар на контакты модульного разъема (рис. 3.34): T568A, T568B и USOC<sup>1</sup>. В СКС используются две первые из них, однако встречаются приложения, использующие схему USOC<sup>2</sup>, поэтому некоторые фирмы производят коммутационные и оконечные шнуры с модульными разъемами, скрессированными по схеме USOC.

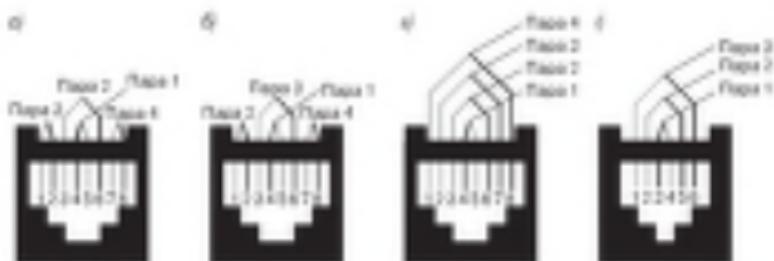


Рис. 3.34. Схемы разводки витых пар по контактам модульного разъема:  
a) T568A; б) T568B; в) USOC 8-контактный; г) USOC 6-контактный

Информация о разводке по контактам вилки и розетки модульного разъема проводов в соответствии с их цветовой маркировкой согласно схемам T568A, T568B и USOC приведена в табл. 3.24, а также показана на рис. 3.34.

Достоинством схемы USOC является то, что при подключении к 8-контактной розетке 6-контактной вилки обеспечивается подсоединение пар 1, 2 и 3. Основным недостатком считается худшая, в сравнении со схемами T568A и T568B, балансировка пар 3 и 4 из-за значительного разнесения их контактов.

<sup>1</sup> Эти пары не являются Balanced Bridge Encoding Code.

<sup>2</sup> Данный факт объясняется тем, что большинство СКС разработано американскими компаниями, а схема USOC широко применяется в телефонных сетях общего пользования США.

Разводки T568A и T568B во многом совпадают друг с другом и отличаются только цветом пар 2 и 3 оранжевого и зеленого цветов, которые были поменяны местами. Дополнительное преимущество схемы T568A – в ее совместимости по 1 и 2 парам со схемой USOC. Однако схема T568B (AT&T, WECO или BELL 258) получила в нашей стране существенно более широкое распространение, что объясняется, по-видимому, ее применением в СКС Systemах компаний Lucent Technologies, которая занимала доминирующее положение в этом сегменте нашего национального рынка на первом этапе его развития. Поэтому для построения СКС рекомендуется использовать разводку 568B. Стандарты СКС не предписывают обязательное использование той или иной схемы разводки, ее выбор целиком и полностью оставляется на усмотрение пользователя. Единственное ограничение – норма TIA/EIA-568A, запрещающая одновременное применение в одной СКС двух различных схем разводки.

*Таблица 3.24. Разводка витых пар по контактам модульного разъема для различных схем кроссировки*

Контакт	T568A Пара	Сигнал*	T568B Пара	Сигнал*	USOC Пара	Сигнал*
1	3	T3	2	T2	4	T4
2	3	R3	2	R2	3	T3
3	2	T2	3	T3	2	T2
4	1	R1	1	R1	1	R1
5	1	T1	1	T1	1	T1
6	2	R2	3	R3	2	R2
7	4	T4	4	T4	3	R3
8	4	R4	4	R4	4	R4

\*T – передача сигнала, R – прием сигнала.

Помимо схем T568A и T568B существует несколько других схем подключений, определенных в различных документах. Часть из них совместима со схемами T568A и T568B (например, Token Ring (802.5)), некоторые совместимы со схемами T568A и T568B с точностью до обозначений пар проводников (10Base-T (802.3), TP-PMD (X3T9.5)). В табл. 3.25 приведены примеры использования схем T568B некоторыми из современных систем передачи данных.

*Таблица 3.25. Использование схем T568B некоторыми типами систем передачи данных*

Приложение	Скорость передачи данных, Мбит/с	Активные контакты	Используемые пары (568B)
IEEE 802.3 (Ethernet)	10	1236	P2P3
IEEE 802.3u (Fast Ethernet)	100	1236	P2P3
IEEE 802.3ab (Giga Ethernet)	1000	12345678	P1P2P3P4
IEEE 802.5 (Token Ring)	4/16	3456	P1P3
IEEE 802.12 (100VGAnyLAN)	100	12345678	P1P2P3P4
3270	2,36	45	P1
S/3X и AS/400	1	45	P1
Телефонные аппараты	<0,1	3456[78]	P1P3[P4]

Таблица 3.25. Использование схем T568B некоторыми типами систем передачи данных (окончание)

Приложение	Скорость передачи данных, Мбит/с	Активные контакты	Используемые пары {568B}
V24 – V.28 (RS 232 C)	0,0192	3456{1278}	P1P3 P2P4
Apple Talk – Local Talk	0,23	3456	P1P3
Arches	1/20	45	P1
Telex, Fax	<0,1	45	P1
ATM (TP)	155	1278	P2P4
TP-PMD	100	1278	P2P4
ISDN	2,048	12345678	P1P2P3P4

### 3.2.3. Разъемы типа 110

Разъемы типа 110 разработаны в 1972 году в Bell Laboratories на основе хорошо зарекомендовавших себя к этому времени контактов типа 66 [74] и являются типичным «панельным» элементом, то есть ориентированы на установку в коммутационном оборудовании для технических помещений. Отдельные детали этого разъема широко применяются в первую очередь в качестве оконцевателя в некоторых конструкциях информационных розеток для подключения горизонтального кабеля, разъемах консолидационных точек и других аналогичных элементах. Как элемент интерфейса активного оборудования в отличие от розетки модульного разъема практически не используется, что объясняется, вероятно, его большими линейными размерами в 3- и 4-парном вариантах.

До появления коммутационных элементов типа 110 коммутация в основном осуществлялась перемычками, которые не позволяли добиться плотной завивки проводников. Это новшество затухание и ухудшало значение параметра NEXT до значений, которые обеспечивали характеристики системы не выше категории 3. Создание разъемов типа 110 позволило использовать для коммутации каналов передачи сигнала коммутационные шнуры с вилками (рис. 3.35). В шнуре за счет наличия внешней оболочки кабеля обеспечивается стабильно плотная завивка проводников пар и потенциально более высокие электрические характеристики. Кроме того, при необходимости выполнения частых переключений коммутационные шнуры существенно удобнее в эксплуатации по сравнению с перемычками.

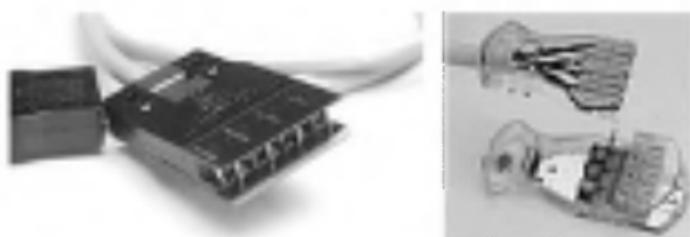


Рис. 3.35. Вилка разъема типа 110

Разъем типа 110 состоит из двух частей: вилки (рис. 3.35) и линейки. Линейка после установки на нее так называемого соединительного блока 110С выполняет функции розетки. Контакты вилки представляют собой перпендикулярные плоскости корпуса металлические пластины, входящие в зазор между контактами на линейке. При разработке конструкции разъема наряду с обеспечением частотных характеристик категории 5 особое внимание уделялось тому, чтобы токопроводящие элементы вилки и розетки были защищены от внешних механических воздействий пластмассовыми деталями корпуса для существенного увеличения эксплуатационной надежности. Взаимодействующие между собой контакты вилки и соединительного блока могут быть покрыты слоем золота толщиной несколько микрометров, что препятствует окислению рабочих поверхностей и значительно улучшает надежность контакта между ними.

Корпус вилки имеет предохранительные выступы, блокирующие ее подключение к линейке в неправильном положении. Для визуальной индикации правильности установки подключаемой вилки на ее верхней стороне обычно выполняется изображение стрелки. Известна также разработанная компанией Siemon реализация разъема 110 с явно выраженной несимметричной формой корпуса, который подключается к линейке таким образом, чтобы его козырек находился сверху. Отметим также, что на корпусе 4-парных вилок этой фирмы предусмотрены винтины с насечкой, увеличивающие прочность захвата рукой и делающие процесс коммутации более удобным.

Вилки типа 110 изготавливаются на 1, 2, 3 и 4 пары, что позволяет выполнять подключение коммутационного шнура к каналам передачи сигнала различной емкости. Например, для подключения к аналоговому телефонному каналу достаточно одиночной вилки. Для подключения к каналам передачи данных ЛВС рекомендуется использовать 4-парные вилки.

Корпус вилки типа 110 собирается из двух половин, соединяющихся пластмассовыми защелками. Проводники коммутационного кабеля подключаются к контактам IDC 110, установленным в одной из половин с помощью обычного однопроводного ударного инструмента.

В вилке контакты нумеруются слева направо при ее ориентации в положении для подключения к кроссовому блоку. Между номерами контактов и проводниками пар кабеля для шнурков имеется прямое соответствие, то есть первая пара проводников подключается к первой паре контактов, вторая пара – ко второй и т.д. Данное свойство упрощает процесс установки вилки на кабель и позволяет минимизировать величину переходной помехи за счет практического устранения расщепления проводников отдельных пар.

Корпус вилки разъема для фабричной установки на шнуры основной массой производителей изготавливается из непрозрачной пластмассы. В вилках, предназначенных для установки на кабель в полевых условиях, часто используется прозрачный пластик. Это облегчает визуальный контроль правильности выполнения разводки отдельных проводников. Прозрачными являются как обе половины корпуса (изделия серии SD110P компании Siemon и ICMP110XPR фирмы ICC), так и только одна верхняя крышка (P110PC-4 компании Panduit). В последнем случае обеспечивается дополнительный визуальный контроль правильного положения вилки в момент ее подключения к коммутационному

#### Задание

Крупный пластмассовый корпус вилки разъема 110 (особенно в четырехпарном варианте) в принципе не создает особых проблем при маркировке различными самоклеящимися этикетками. Для этого на корпусе могут быть даже дополнительно выделено соответствующее окно. Для выполнения индивидуальной маркировки вилок типа 110

производства компании *Siemon* могут быть использованы овальные пластмассовые иконки десяти различных цветов.

Соединительные блоки типа 110C устанавливаются на контактную полосу после разводки на ней пар горизонтального или магистрального кабеля. В конструкции блока предусматриваются металлические X-образные элементы с IDC-контактами на одной из сторон, их количество совпадает с числом обслуживаемых проводников. Лезвия со стороны блока, обращенной к контактной полосе, под воздействием 5-парного ударного инструмента врезаются в проводник кабеля, сам блок при этом с помощью восьми тугих защелок надежно закрепляется на контактной полосе, прижимая к ней проводники. При необходимости выполнения перекоммутации достаточно снять соединительный блок с линейки пассатижами. Вторая сторона блока имеет разъемы типа 110 для подключения коммутационных шнурков или перемычек. Наличие блоков различной емкости позволяет очень гибко администрировать СКС.

Разъемы типа 110 принципиально не могут обеспечить непрерывность экрана экранированных кабелей. Для улучшения характеристик этих изделий по электромагнитным свойствам в разъеме фирмы *Siemon* предусмотрен внутренний экран, разделяющий отдельные витые пары контактов друг от друга вплоть до места подключения проводников к IDC-контактам и обеспечивающий в собранном состоянии гальванический контакт с экраном кабеля типа S/UTP и S/STP.

### Разъемы типа Telco

50-контактные разъемы типа Telco – типичный образец многоканальных телекоммуникационных разъемов, рассчитанных на работу с многошарнирными кабелями. Изделия этого типа не нормируются действующими редакциями стандартов СКС, однако находят достаточно широкое применение при построении коммутационного оборудования технических помещений различного уровня структурированной кабельной проводки.

Конструкция разъема не рассчитана на частые переключения, но его применение позволяет добиться определенного выигрыша в первую очередь по габаритным размерам и удобству коммутации больших групп интерфейсов самого различного назначения. Указанные свойства в сочетании с ростом масштабов информационно-вычислительных систем предприятий определяют, во-первых, заметный рост популярности коммутационных изделий этого типа и, во-вторых, основные области его применения (интерфейсная часть пассивного и активного оборудования коллективного пользования).

По своим электрическим характеристикам разъемы типа Telco обеспечивают параметры категорий 3 и 5. Изделия категории 3 используются для поддержки функционирования УАТС, рост популярности разъемов категории 5 обусловлен массовым внедрением сетевых интерфейсов Fast Ethernet на уровне рабочих станций ЛВС.

Первые серийные образцы разъемов Telco имели подвод кабеля параллельно или перпендикулярно плоскости расположения контактов (рис. 3.36). Из-за достаточно большого внешнего диаметра 25-парного кабеля и его плохой гибкости это создавало определенные неудобства в процессе монтажа и эксплуатации. Для устранения данного недостатка был разработан так называемый 120-градусный разъем Telco, кабельный ввод вилки которого образует с плоскостью контактов угол 120°. Из этих же соображений розеточную часть разъема располагают на некоторых нанелях под углом 45° к их продольной оси.

Отличительная особенность разъемов Telco состоит в том, что в нерабочем положении контактные части вилки и розетки должны быть закрыты штатными пластиковыми защитными крышками.



Рис. 3.36. Варианты подвода кабелей к вилке разъема Telco:  
a) – под углом 120°; б) под углом 90°; в) под углом 180°

Подключение разъема Telco к многопарному кабелю – достаточно сложная процедура, особенно в полевых условиях. На основании этого большинство производителей СКС рекомендует пользоваться шнурами фабричного производства. Одно из немногих исключений – компания AMP, которая предлагает своим партнерам технологическое приспособление «butterfly» типа MI-1, специально разработанное для выполнения процедуры оконцевания кабеля разъемом Telco.

### 3.2.4. Другие типы разъемов для передачи сигналов приложений класса С и D

Кроме рассмотренных выше разъемов основных типов, на практике ограниченное применение (главным образом, в СКС европейских производителей) находят другие типы разъемов для витых пар.

4-контактные разъемы типа MIC (номер 8310574 IBM) были разработаны для использования в кабельной системе IBM и рассчитаны на подключение к кабелям с волновым сопротивлением 150 Ом. От других типов разъемов отличаются тем, что имеют так называемую гермафродитную конструкцию, то есть в этом разъеме применяются только вилки, деление элементов на вилку и розетку отсутствует. Вилка имеет несимметричную форму и во время соединения подключается непосредственно к другой вилке. Этот разъем не получил широкого распространения из-за сложностей монтажа, больших габаритов (по достичимой плотности монтажа он уступает обычным модульным разъемам примерно в два раза) и невозможностью подключения к 4-парным кабелям.

Разъемы серии DB в первую очередь предназначены для поддержки функционирования приложений ЛВС и ориентированы на работу со 100-омными кабелями. Выпускаются в вариантах на 9, 16 и 25 контактов, из них наибольшей популярностью пользуется 9-контактный разъем (тип D-Sub). Розетки этих разъемов практически не уступают розеткам модульных разъемов по габаритам, однако сам разъем существенно проигрывает им по удобству обслуживания. Последнее объясняется тем, что процесс установки и демонтажа вилки связан соответственно с завинчиванием и вывинчиванием двух невышающих винтов. Конструкция разъема обеспечивает очень эффективную связь экранов сращиваемых кабелей, что позволяет существенно расширить в некоторых типах рабочий частотный диапазон (вплоть до 300 МГц).

Разъемы серии DB могут устанавливаться как в коммутационном оборудовании технических помещений, так и в информационных розетках. В качестве примера отметим полки серии 12443 XX (емкость 16 и 24 порта) и одно- и двухпортовые розетки серии 27689 XX.

немецкой фирмы Ackermann. Для упрощения процесса подключения проводников к контактам розеток разъема наряду с обжимным решением применяется также разводка на IDC-контакты типа Krone.

В составе оборудования, выпускаемого упомянутой выше компанией Ackermann, находятся также *разъемы G4* (4-полюсный разъем) и *CAG 8* (8-контактный соединитель). Данные изделия ориентированы на работу с кабелем, имеющим волновое сопротивление 150 Ом. Для некоторых вариантов розеток этих разъемов характерно наличие нормальззамкнутых контактов, что позволяет формировать кольцевые структуры без выполнения соответствующих коммутаций в кроссовых и поддерживать работу систем ISDN.

### **3.2.5. Разъемы типа 110 нетрадиционных схем для применения в СКС с повышенной пропускной способностью**

Наибольшее распространение при построении электрических трактов СКС, присутствующих на рынке нашей страны, получило коммутационное оборудование на основе разъемов модульного типа. Причиной меньшей популярности варианта с разъемами типа 110 являются такие известные его недостатки, как плохие эстетические характеристики, большие габариты вилок коммутационных шнурков, а также существенно более жесткие требования к системному администратору в отношении знания правил и принципов построения СКС. Немаловажное значение имеет и несколько более высокая цена решения на основе панелей с разъемами 110, обусловленная повышенной стоимостью коммутационных шнурков в 4-парном варианте (примерно в 2,5 раза), что не в полной мере компенсируется уменьшенной стоимостью самой панели. Совокупность этих факторов приводит к тому, что в достаточно многочисленной группе СКС данный вид коммутационного оборудования отсутствует вообще (например, ICCS компании Corging и FreeNet фирмы Reichle & De-Massari), а в первичне штатных компонентов структурированных кабельных систем некоторых производителей эти панели появились гораздо позднее оборудования с модульными разъемами (наиболее свежий пример – компания RIT).

Полному вытеснению панелей типа 110 из практики построения СКС препятствует тот факт, что все недостатки в значительной степени компенсируются более высокой функциональной гибкостью данной разновидности коммутационного оборудования. Последнее выражается в возможности администрирования отдельно взятыми парами без использования внешних адаптеров и других навесных элементов. Немаловажное значение имеет возможность получения потенциально лучших характеристик по величинам переходного застухания из-за отсутствия применяемого в модульном разъеме перехлеста проводников пар 36/45, характерного для наиболее популярных на практике схем разводки серии 568. Дополнительно улучшению характеристик по этому параметру способствует развивка проводов витой пары на меньшую длину и их разнос в разъеме на значительное расстояние друг от друга. Достоин отдельного специального упоминания тот часто выпускаемый из вида факт, что, несмотря на значительную ширину 4-парной вилки, меньшая высота гребенки и возможность их двухрядного расположения без ущерба для удобства обслуживания позволяют получить на стандартной 19-дюймовой панели плотность портов, равную плотности портов панели с модульными разъемами (то есть 24 на один юнит высоты).

Из изложенного выше следует, что коммутационное оборудование с разъемами типа 110 имеет значительные технико-экономические преимущества, которые, однако, проявляются в полной мере только в случае поддержки функционирования кабельной системой значительного, по крайней мере, соизмеримого с количеством рабочих станций локальной сети, числа телефонных аппаратов и других средне- и низкоскоростных сетевых устройств.

Иначе говоря, оно эффективно, когда кабельная система обслуживает большое количество устройств, при работе которых принципиально или, по крайней мере, в подавляющем большинстве случаев не используется четырехпарная схема передачи информации. Переход на оборудование, обеспечивающее более высокую пропускную способность (производительность), никоим образом не затрагивает перечень приложений, работу которых поддерживает кабельная система. С учетом обстоятельств, перечисленных выше, и в связи с началом массового внедрения СКС с электрическими параметрами, превышающими требования категории 5, вполне естественным стало появление на рынке в 1998–1999 годах в широкой коммерческой продаже нескольких новых разновидностей коммутационного оборудования с разъемами типа 110 и улучшенными характеристики по пропускной способности.

По своим конструктивным особенностям все анализируемые далее разработки отличаются от классических, но меньшей мере, одним из следующих признаков:

- их основой является разъем типа 110 полностью или, по крайней мере, частично оригинальной конструкции;
- их характеристики по полной совокупности электрических параметров превышают требования категории 5;
- все они сохраняют функциональную гибкость прототипа, в том числе принципиальную возможность администрирования отдельно взятой парой;
- в них в той или иной степени за счет применения тех или иных технических решений устранены перечисленные выше недостатки прототипа.

### **3.2.5.1. Разъемы системы VisiPatch**

Система VisiPatch предложена компанией Lucent Technologies в 1999 году. Основной задачей, стоявшей перед разработчиками разъема – стержневого элемента этой системы, было значительное улучшение монтажных, эстетических и эксплуатационных параметров коммутационного оборудования на его основе при сохранении электрических характеристик системы GigaSpeed. Поставленная цель была достигнута благодаря существенной переработке дизайна и конструкции основной массы функциональных элементов оборудования системы: вилки, линейки, монтажного основания и организаторов.



Рис. 3.37. Вилка шнура системы VisiPatch

Наиболее радикальные изменения коснулись конструкции вилок. В этих изделиях плоскость расположения контактов развернута на 180° относительно традиционного положения, а сами контакты за счет этого подняты над уровнем корпуса и ориентированы своей рабочей стороной в направлении шнуря. В результате при подключенной вилке кабель шнуря не отходит от панели, а направлен в нее (рис. 3.37); в некоторых публикациях данный вариант конструктивной реализации получил наименование «решение типа Reverse Patch Cord» или «принцип инверской укладки шнурков». Визуально данное изделие, кроме своего необычного внешнего вида, отличается от предыдущих конструкций увеличенной до примерно 17 мм толщиной в концевой части.

Новшество в области разъемов типа 110 – наличие отсутствующей в прототипе и очень удобной в эксплуатации подпружиненной защелки, устраняющей опасность случайного

отключения вилки от соединительного блока. Торцевая часть корпуса вилки за счет выбранной конструктивной схемы имеет значительную площадь и остается свободной. Это позволяет эффективно использовать ее для выполнения индивидуальной маркировки самоклеящимися этикетками. Удобство процесса перекоммутации шнуря улучшает дополнительная крышка, которая в рабочем положении шнуря плотно прилегает к корпусу вилки перед контактами. В поднятом состоянии крышка, фиксируемая в этом положении штатной защелкой разъема, закрывает контакты, образуя достаточно погодный скос. Данный вариант значительно ослабляет, в частности, эффект цепляния вилки за другие провода при удалении шнуря с коммутационной панели.

Линейка пазов системы VisiPatch является интегральной частью блока разводки (wiring block) типа 110UW-28, формируется на передней его части и не имеет каких-либо существенных отличий от классической линейки типа 110.

### 3.2.5.2. Разъемы типа S210

Разъемы типа S210 разработаны компанией Siemon специально для обеспечения функционирования высокоскоростных приложений. Это изделие является одним из стержневых функциональных элементов оборудования СКС System 6 компании Siemon и по своим параметрам превосходит все характеристики существующих на середину 1999 года проектов категории 6 и класса E. Например, по величине параметра NEXT запас составляет 25 дБ по сравнению с категорией 5 и 11 дБ по сравнению с проектом категории 6 (данные приведены для частоты 100 МГц). Столь существенный выигрыш достигнут, главным образом, за счет использования в рамках традиционной конструктивной схемы реализации разъема нового варианта размещения контактов, которые сгруппированы по два и на всей своей протяженности и дополнительно, частично или полностью, окружены в соединительном блоке общим для каждой пары экраном.

Аналогично классическому разъему типа 110 разъем типа S210 также состоит из двух основных элементов: вилки и коммутационного блока, который в процессе монтажа устанавливается на линейку. В отличие от своего прототипа проводники пары в момент установки на линейку не обводятся вокруг направляющего выступа с цветом маркировки, а укладываются в пару пазов левее этого выступа цветным проводником вправо, причем данный выступ поднят над плоскостью линейки. На корпусе соединительного блока разъема S210 также предусмотрены декоративные направляющие выступы, которые задают ориентацию блока и делают удобнее процесс его установки с помощью ударного инструмента.

Внутри корпуса вилки предусмотрена экранирующая металлическая вставка, отделяющая друг от друга пары контактов и наиболее эффективная в случае установки вилки на кабель S/UTP и S/STP. Таким образом, проводники витой пары в месте установки в IDC-контакты, то есть на всем протяжении неизбежного нарушения регулярной скрутки кабеля, окружены экраном, что обеспечивает очень высокие параметры разъема по переходным влияниям. Корпус в месте ввода в него кабеля шнуря имеет заметно меньшую ширину и выполнен в виде захвата под большой и указательный пальцы, что облегчает процесс коммутации. На его верхней поверхности предусмотрено место для установки традиционной для оборудования фирмы Siemon маркирующей иконки 12 различных цветов.

За счет использования дополнительного разноса разделываемых пар и установки круговых экранов вилка и соединительный блок разъема имеют ширину, примерно в 1,5 раза превышающую аналогичные параметры классического разъема типа 110 (табл. 3.26). Следовательно, на стандартной линейке размещается только четыре разъема вместо обычных

для типа 110 шести. Одновременно соединительный блок имеет несколько большую толщину. Во всем остальном, то есть в установочных и маркирующих элементах, а также в технологии монтажа обеспечена полная идентичность с решениями типа 110.

Таблица 3.26. Геометрические параметры соединительных блоков разъемов

Тип блока	P110C4W	GPCB4	S210C-4
Система	110 и VisiPatch	Giga-PUNCH	S210
Ширина, мм	30	22	45,5
Глубина, мм	22,6	22,6	24,5
Толщина, мм	6,2	8,8	8

### 3.2.5.3. Разъем системы Giga-PUNCH

Основной идеей, заложенной в систему Giga-PUNCH фирмы Panduit, является создание комплекса оборудования на основе коммутационной панели типа 110 с электрическими характеристиками, соответствующими проекту категории 6. При этом дополнительно выдвигалось требование получения габаритов вилки, соизмеримых с габаритными размерами вилки модульного разъема, а также сохранения основного преимущества прототипа, то есть возможности администрирования отдельно взятыми парами. Поставленная задача была решена за счет отказа от традиционной линейной конструктивной схемы разъема и использования в нем двухрядного размещения контактов при их взаимном смещении примерно на половину шага (расположение в шахматном порядке). Последнее решение, несмотря на несколько меньшую производственную технологичность, является вынужденным, так как только этим способом можно обеспечить возможность линейной укладки проводников в направляющих пазах безгибов.

Из дополнительных технических особенностей собственно разъема отметим скругление угловых участков рабочих поверхностей соединительного блока и выступов линейки для обеспечения удобства монтажа и последующей эксплуатации панели.

В качестве интересной технической особенности системы Giga-PUNCH в части, касающейся собственно разъема, укажем на наличие в ее составе двух вариантов панелей. Так называемая панель с высокой плотностью контактов (high density) имеет емкость 144 и 432 пары, разбитые на традиционные для оборудования типа 110 четыре или двенадцать линеек. Емкость панели стандартной плотности (standard density) при таком же количестве линеек составляет 96 и 288 пар, то есть практически совпадает с обычными панелями типа 110. Панели стандартной плотности рассчитаны в основном на работу с плоскими кабелями и визуально отличаются от своего более емкого аналога наличием промежутков между группами направляющих пазов линейки, что обусловлено меньшей шириной разъема.

Соединительные блоки разъемов различных систем изображены на рис. 3.38, а их технические характеристики представлены в табл. 3.27.

Таблица 3.27. Электрические характеристики разъемов на частоте 250 МГц

Параметр	Проект стандарта категории 6	Giga-PUNCH	S210	VisiPatch*
NEXT	>45	52	58	49,6
PS-NEXT	>42	49	55,2	44,9

Таблица 3.27. Электрические характеристики разъемов на частоте 250 МГц (окончание)

Параметр	Проект стандарта категории 6	Giga-PUNCH	S210	VisiPatch*
FEXT	>35	47	—	н/д
PS-FEXT	>32	44	—	н/д
ELFEXT	—	—	61,5	н/д
PS-ELFEXT	—	—	59,2	н/д
Затухание	<0,32	0,03	н/д	н/д
Обратные потери	>15	24	24,3	20,7

\* Для системы VisiPatch все числовые параметры получены расчетным путем по стандартной модели трека с тремя разъемами.



Рис. 3.38. Соединительные блоки разъемов: слева – системы 110 и VisiPatch, в центре – системы S210, справа – системы Giga-PUNCH

### 3.2.6. Высокочастотные разъемы для решений проекта категории 7

#### 3.2.6.1. Состояние разработок и применяемые схемы

Стандартный 8-контактный модульный разъем получил самое широкое распространение в практике построения различных подсистем СКС. Этому способствуют такие свойства, как стандартизованный интерфейс, хорошо отработанная конструкция, наличие большого числа производящих компаний и массовое применение в активном сетевом оборудовании. Основным недостатком считается применение в нем параллельного и близкого друг к другу расположения контактов с формой, неоптимальной для работы на частотах в несколько сотен мегагерц. Электрические характеристики в существующих вариантах не удовлетворяют требованиям категории 7 и приложений класса F по большинству комбинаций пар. Так, например, известные разработки компании AMP и Telegärtner позволяют передавать 600-мегагерцевые сигналы только по максимально разнесенным парам контактов 1–2 и 7–8, которые обеспечивают минимизацию переходной помехи. При этом требуемые характеристики по параметру NEXT зачастую могут быть достигнуты только при условии соединения проводников нерабочих пар с массой, что сопровождается нарушением принципа универсальности кабельной системы.

Далее рассмотрены некоторые разработки высокочастотных разъемов, доведенные до уровня серийного производства и в большем или меньшем масштабе внедренных в широкую инженерную практику. При этом будем различать однорядную и двухрядную схемы расположения контактов, которые изображены на рис. 3.39. Отметим, что на практике чаще используется двухрядная схема, которая обеспечивает несколько больший разнос отдельных пар контактов при сохранении форм-фактора традиционного модульного разъема.



Рис. 3.39  
Варианты расположения контактов отдельных пар в высокочастотных разъемах: а) двухрядный; б) однорядный

### 3.2.6.2. Решения модульного типа

Основным свойством модификаций модульного типа является обеспечение так называемой прямой и обратной совместимости с традиционными модульными разъемами. В этой области по состоянию на середину 1999 года известно два основных решения.

Первое – разъем типа GG-45/GP45, предложенный корпорацией Alcatel<sup>1</sup>. Форма корпуса вилки GP-45 (от англ. GigaPatch) и розетки GG-45 (от англ. GigaGate) этого изделия

практически копируют конструктивные решения прототипа (рис. 3.40). Основные отличия состоят в наличии двух пар дополнительных полосковых контактов, которые располагаются в углах в нижней торцевой части корпуса, и движкового переключателя с торцевым рабочим элементом. Основная идея состояла в том, чтобы при работе на высоких частотах разнести пары контактов на максимально возможное расстояние с использованием двухрядной схемы их расположения. Соблюдение принципа обратной совместимости потребовало введения механического переключателя, что является основным недостатком данной конструкции [75]. Развязка отдельных пар внутри корпуса вилки и розет-



Рис. 3.34. Розетка разъема типа GG-45 компании Alcatel

и разъема достигнута за счет применения сепаратора крестообразной формы.

Второе решение разработано фирмой AMP и в настоящее время известно как Category 7 Modular Plug & Jack Connector System. Оно основано на применении внутренних проводников печатного типа. Сама печатная плата построена таким образом, чтобы обеспечить эффективную развязку отдельных проводников за счет формирования заземленных проводящих экранов, каждый из которых окружен заземленной оболочкой. Оболочка играет

<sup>1</sup> 29 июня 1996 года в Европейской системе патентов (ЕПС) выдан патент №51 075 ЕПС разъема GP-45, GP-45-L и GP-45-H для модульных разъемов [7]. На данное изобретение распространяется лицензионное соглашение ETSI (лицензия ETSI-00000000000000000000000000000000).

роль экрана, а сам проводник фактически выполнен в форме миниатюрного коаксиального кабеля. Для достижения эффективной связи экранирующих покрытий вилки и розетки на этих элементах дополнительно к восьми информационным проводникам предусмотрены два крайних заземляющих (контакты 0 и 9). От традиционных модульных конструкций рассматриваемое решение визуально отличается заметно большей длиной корпуса (рис. 3.41), что вызывается необходимостью установки в нем печатной платы с проводниками.

Рис. 3.41

*Вилка разъема системы  
Category 7 Modular  
Plug & Jack Connector  
System компании AMP*



Большим преимуществом решения фирмы AMP является наличие широкой номенклатуры Y-адаптеров, обеспечивающих возможность передачи по одному кабелю сигналов нескольких приложений. Главным недостатком является сложность производства, обусловленная технологическими причинами.

### 3.2.6.3. Решения нетрадиционных схем

Решения рассматриваемой группы, в отличие от двух предыдущих, не обеспечивают совместимость с традиционными модульными разъемами.

Вилки и розетки этих разъемов реализуются главным образом по двухрядной схеме (из известных разработок по однорядной схеме выполнен только разъем типа CF8 немецкой фирмы Ackermann) и ориентированы на кабели типа S/STP. В качестве особого требования, предъявляемого к таким разъемам, является необходимость обеспечения полного кругового охвата проводников пары экраном на всем их протяжении. Для его реализации в конструкцию розеточной части разъема обязательно вводится крестообразный металлический сепаратор, который разделяет отдельные пары кабеля перед их подводом к контактам.

В тех ситуациях, когда нет высоких требований по верхней граничной частоте, круговой экран может быть заменен обычной металлической разделительной стенкой. Примером может служить разъем ALL-LAN® компании Montrose/CDT, обеспечивающий, в частности, величину параметра ACR не хуже 24 дБ на частоте 300 МГц.

Третьей разновидностью реализации высокочастотных разъемов с граничными частотами порядка 1 ГГц является применение симметричной схемы построения экрана. Под этим понимается, что в составе вилки и розетки имеются одинаковые открытые детали, которые образуют замкнутую камеру в собранном состоянии разъема. По этой схеме выполнен разъем MiniC компании IBM.

Контакты вилок и розеток могут выполняться как плоскими (например, разъемы TERA фирмы Siemon и 7777F фирмы INFRA+), так и штыревыми (разъем CMG фирмы Telesafe), причем в последнем случае их характеристики часто превышают требования проекта стандарта категории 7 с существенным запасом и нормируются до частот 850–1000 МГц.

Еще одной характерной особенностью разъемов рассматриваемого подкласса является достаточно широкое распространение наряду с 4-парными также двух- и однопарных их вариантов, конструктивно выполненных по схеме «половинки» и «четвертинки». За счет

этого в случае необходимости две двухшарнирные вилки могут быть установлены в гнездо одной розетки друг рядом с другом. Тракты, отвечающие требованиям проекта категории 7, часто используются в режиме cable sharing.

Сам процесс установки вилки и розетки разъема на кабель S/STP является достаточно трудоемкой операцией, что обусловлено, в первую очередь, необходимостью обеспечения малого переходного сопротивления между отдельными экранирующими деталями во всем рабочем диапазоне частот. Для его упрощения фирмой Siemon предложен универсальный инструмент, позволяющий не выполнять дополнительное кримпирование и пригодный для работы как с вилкой, так и с розеткой.

### 3.3. Коммутационное оборудование

#### 3.3.1. Коммутационные шнуры

Назначением коммутационных шнуров является ручная коммутация различных кабельных сегментов СКС друг с другом. Коммутационный шнур изготавливается из отрезка кабеля с многогриволочными проводниками, на концах которого устанавливаются два разъема (рис. 3.42). В зависимости от вида коммутационного оборудования шнуры могут быть армированы двумя вилками модульных разъемов, двумя вилками разъемов типа 110 или выполнены комбинированными с вилками модульного разъема и типа 110 на разных концах. Назначение различных видов коммутационных шнуров приводится в табл. 3.28. Кроме указанных там изделий, ограниченное распространение получили комбинированные шнуры с вилкой модульного разъема на одном конце и вилкой электрического разъема МС системы Token Ring на втором, применяемые при передаче по СКС сигналов одноименного сетевого оборудования. В состав стандартного каталожного оборудования СКС некоторых производителей включены также шнуры с вилкой модульного разъема на одном конце и двух или односторонней вилкой разъема типа 110 на втором. Эти шнуры используются для передачи сигналов высокоскоростных приложений, аппаратура которых функционирует по двухшарнирной схеме.



Рис. 3.42  
Коммутационный шнур

Коммутационные шнуры классифицируются по категориям от 3 до 5. Краткая сводка типов шнуров категории 5 различных фирм-производителей приведена в табл. 3.29.

Малая допустимая величина радиуса изгиба имеет существенное значение для коммутационных шнуров, которые часто применяются в ограниченном пространстве 19-дюймовых монтажных шкафов. Большинство из них имеют значение этого параметра в пределах 20–25 мм.

Таблица 3.28. Основные типы коммутационных шнурков СКС

Тип разъема на первом конце	Число пар на втором конце	Назначение
110	110	Подключение по одной или нескольким парам коммутационного оборудования типа 110
110	Модульный	Подключение по 2 или 4 парам коммутационного оборудования типа 110 к модульным или розеточным панелям
Модульный	Модульный	Подключение по 4 парам модульных или розеточных панелей

Таблица 3.29. Незакранированные коммутационные шнуры категории 5

Фирма-изготовитель	Тип шнура*	Типы разъемов**		Длины, м	
		на первом конце	на втором конце	мин.	макс.
Homaco	MA5-B4T-XX-S	Модульный	Модульный	0,31	10,0
Lucent Technologies	D8AU2-2	Модульный	Модульный	0,61	3,1
	110P8CAT52X	110	110	0,61	4,6
	119P8CAT5-2X	110	Модульный	0,61	4,6
Ortronics	OR-827DTP80XXDE	Модульный	Модульный	0,31	5,49
Panduit	UTPCX	Модульный	Модульный	0,61	6,1
Siemon	MC5-BT-(XX)-B(XX)	Модульный	Модульный	0,91	7,62
	S110P1-P1-(XX)	110	110	0,91	7,62
	S110P4A4-(XX)-(XX)	Модульный	Модульный	0,91	7,62
Hubbell	C504P24JXXDESN	Модульный	Модульный	0,61	7,62
ITT NS&S	195500-XXXX	Модульный	Модульный	0,3	10,0
ICC	ICPC9XXBL	Модульный	Модульный	0,91	7,62
	ICPC5XXBL	110	Модульный	0,91	3,05
	ICPCSBXXBL	110	110	0,91	3,05

\* Буквой X обозначен переменный числовый элемент.

\*\* Шнуры с модульными разъемами, указанные в таблице, имеют разводку по схеме 568B.

Название шнура представляет собой буквенно-цифровой индекс (часто достаточно сложный: см. табл. 3.29), в котором тем или иным способом зашифрованы тип вилки разъемов на концах, длина шнура и цвет элементов кодировки, а иногда и в явном виде указано название фирмы-производителя (например, Ortronics и ICC – см. табл. 3.29). Отметим, что цветовая гамма отдельных элементов может задаваться как цифровым (например, фирма Siemon), так и 2-позиционным буквенным индексом (например, BL – синий, BK – черный и т.д.).

В СКС рекомендуется использовать коммутационные шнуры с модульными разъемами, разведенными по схеме T568B. Число пар в шнуре с двумя разъемами типа 110 определяется конкретным приложением, для обслуживания которого предназначена СКС. Экранированный вариант возможен только в коммутационных шнурах с двумя модульными разъемами.

Для упрощения процесса администрирования кабельной системы производители предлагают шнуры различной длины. Обычно используется ряд дискретных значений с некоторым футовым или дециметровым шагом, который зависит от производителя. Следует отметить, что стандарт TIA/EIA-568-A не рекомендует использовать коммутационные шнуры длиной свыше 6,1 м (20 футов).

После соединения коммутируемых портов избыток длины кабеля коммутационного шнура укладывается в штатный или дополнительный организатор коммутационной панели.



Рис. 3.43. Устройство Perfect Patch

Одной из проблем, возникающих при выполнении данной операции, является использование на практике из соображений удобства подключения шнуров с длиной, существенно большей по сравнению с требуемой, что затрудняет укладку кабеля шнура в организатор и приводит к образованию многочисленных петель. Для устранения этого недостатка фирмой Perfect Patch предложено устройство с аналогичным названием (рис. 3.43), которое выполнено в виде мягкого зажима и полностью соответствует требованиям стандарта TIA/EIA-568-A. После подключения вилок разъемов избыток длины кабеля складывается несколько раз, и на концы сложенного участка устанавливается зажим. Таким образом, устройство Perfect Patch эффективно выполняет функции плавного регулятора длины шнура.

Коммутационные шнуры могут быть изготовлены в производственных условиях или непосредственно на объекте в процессе монтажа СКС. Рекомендуется употреблять фабричные шнуры с потенциально более высокими электрическими характеристиками и эксплуатационной надежностью.

Для выполнения цветовой маркировки шнуров используется два различных подхода. Первый из них основан на применении для изготовления шнуров кабелей и/или хвостовиков вилок с различной окраской. При этом не исключается, хотя и встречается на практике достаточно редко (например, в некоторых шнурах серии MC5 и MC6 компании Siemens), дополнительная маркировка вилок разъемов небольшими цветными иконками овальной формы. Подход второго вида продвигается компанией ITT NS&S, которая предполагает применение цветной манжеты в виде защелки, надеваемой на заднюю часть корпуса вилки модульного разъема на заводе-изготовителе или непосредственно на объекте в процессе монтажа. В настоящее время стандартизовано 6 типов манжет, которые поставляются упаковками по 50 штук. Аналогичное решение используется компанией IBM, однако для увеличения надежности крепления манжеты предусматривается дополнительный фиксирующий ремешок. Для рассматриваемой разновидности допущена также маркировка сменными надписями, для чего в манжете шнуров серии OR-827DTP800(X)DE фирмы Ortronics дополнительно существуетплощадка для этикетки, закрываемая прозрачной крышкой.

### 3.3.2. Коммутационные панели

Коммутационные панели монтируются в кроссовых и аппаратных, предназначаются для подключения к ним кабелей различных подсистем СКС и для ручного соединения отдельных сегментов кабельной системы друг с другом коммутационными шнурами или перемычками. Коммутационная панель любого типа как элемент СКС должна отвечать следующим основным требованиям:

- обладать максимально высокой плотностью портов, то есть числом розеток модульных разъемов, линеек типа 110 и т.д., на единицу высоты;
- обеспечивать простоту процесса переключения коммутационными шнурами и/или перемычками;
- предоставлять возможность применения эффективной символьной и цветовой маркировки как отдельных портов, так и всей панели целиком;
- давать возможность ввода кабелей с соблюдением действующих норм по величине изгиба, растягивающим усилиям и т.д.;
- иметь средства крепления в 19-дюймовом конструктиве непосредственно или через штатный адаптер;
- обеспечивать простоту монтажа как отдельного порта, так и панели целиком.

На панели для подключения экранированных кабелей дополнительно накладываются требования обеспечения полного кругового охвата экрана кабелей и низкого переходного сопротивления.

Подключение кабелей к панели выполняется с помощью IDC-контактов. Для подключения коммутационных шнуров могут быть использованы разъемы типа 110 или модульные разъемы, коммутация перемычками выполняется на разъемах типа 110 или на панелях типа 66.

В процессе разработки коммутационных панелей наряду с конструктивными решениями, принятыми в сетевой компьютерной технике, широко применялись наработки из области телефонии. Результатом явилось появление большого числа разнообразных конструкций. Вся совокупность этих изделий может быть разбита на три основные группы:

- коммутационные панели типа 110;
- коммутационные панели типа 66;
- коммутационные панели с модульными разъемами.

Здесь мы не будем рассматривать коммутационные панели с разъемами Krone, которые применяются в основном при построении телефонных кроссов в неструктурированных кабельных системах и пока не получили широкого распространения в СКС. После принятия новых редакций стандартов и официального признания категории 6 следует ожидать появления других типов панелей, в частности, с упомянутыми в разделе 3.2.5.2 разъемами типа S210.

Имеются также отдельные образцы коммутационных панелей, изготавливаемые только одним или ограниченной группой производителей и которые не получили широкого распространения, по крайней мере, в нашей стране. В качестве примера укажем на описанную в монографии [1] коммутационную панель BIX компании NORDX/CDT, а также панели с розетками разъемов серии DB, популярные в некоторых европейских странах.

### 3.3.2.1. Коммутационные панели типа 110

Коммутационная панель типа 110 (рис. 3.44) образована совокупностью одноименных разъемов, рассмотренных в разделе 3.2.3. Основным преимуществом этого изделия как элемента коммутации является возможность переключения каждой отдельно взятой пары, что обеспечивает очень высокую гибкость СКС. Недостатками коммутационных панелей классической конструкции считаются необходимость более глубоких знаний администратора СКС в области принципов ее организации и менее эстетичный внешний вид.



Рис. 3.44  
Коммутационная панель типа 110  
для настенного монтажа

Большинство панелей типа 110 обеспечивает характеристики категории 5. В качестве примера изделий с более высокой пропускной способностью укажем панели PAN-PUNCH компании Panduit (категория 5e) и 110 Patch Panels компании Lucent Technologies.

Основными элементами панели типа 110 являются:

- коммутационный блок;
- соединительные блоки;
- маркировочные полосы;
- организаторы кроссовых шнурков;
- элементы крепления.

**Коммутационный блок** является базовым конструктивным элементом коммутационной панели типа 110. Он представляет собой пластиковое основание, на котором сформированы выступающие вперед контактные полосы. На каждой контактной полосе выполнено 50 пазов, в которые в процессе выполнения операций оконцевания кабелей укладываются проводники и входят IDC-контакты соединительных блоков разъемов типа 110. Емкость линейки выбрана из расчета разделки на ней одного 25-парного пучка магистрального кабеля или шести горизонтальных кабелей. Из этих же соображений определены ширина паза, разделяющего две соседние контактные полосы, и высота контактных полос. Ввод многопарного кабеля в разделительный паз между линейками осуществляется обычно через несколько продольговых отверстий с формой, близкой к овальной, которые выполнены в левой и правой частях паза. Некоторые разновидности панелей типа 110 имеют дополнительные отверстия в центре паза, наличие которых облегчает ввод и подключение горизонтальных кабелей. В большинстве конструкций предполагается, что оболочки подключаемого кабеля удаляются на такую длину, чтобы пазу проходили только отдельные

витые пары. Наиболее известными в нашей стране исключениями из этого правила являются панели компаний Panduit и ICC, в которых оболочка 4-парных кабелей удаляется только с части, которая непосредственно разводится на контактной полосе.

Для облегчения работы монтажника контактные пары линейки коммутационных блоков некоторых производителей оборудования дополнительно грушируются по три, четыре или пять, причем торцевая часть выступа, разделяющего назы одной пары, маркируется цветом второго провода витой пары. Наибольшее распространение получили 100-парные коммутационные блоки в четырьмя контактными полосами, имеются также 50-парные конструкции половинной высоты с двумя контактными полосами.

Обязательным элементом коммутационного блока являются пластмассовые выступы с квадратной площадкой на конце, которые расположены по обоим краям каждой контактной полосы. Площадка служит для маркировки, причем маркировка может быть выполнена как фабричным способом в виде цифр от 1 до 12, так и произведена непосредственно на объекте в процессе монтажа СКС с помощью различных наклеек или маркера.

Особенности коммутационных блоков панелей нетрадиционных конструктивных схем, появившихся в конце 90-х годов, рассмотрены в разделе 3.2.5.

*Соединительные блоки* подробно рассмотрены в разделе 3.2.3. Дополнительно отметим, что они изготавливаются в вариантах на две (110C-2), три (110C-3), четыре (110C-4) и пять (110C-5) пар.

Одно из требований, предъявляемых к коммутационным панелям типа 110, состоит в том, что даже в случае частичного заполнения 25-контактной полосы все ее назы должны быть закрыты соединительными блоками, то есть при работе с 25-парной контактной полосой слева устанавливается, например, пять блоков 110C-4, а самым правым будет блок 110C-5.

*Маркировочные полосы* реализуют на практике маркировку сменными надписями (см. далее раздел 13.1.4) представляют собой полосы бумаги, которые с помощью прозрачной крышки закрепляются между контактными полосами коммутационного блока и служат для идентификации канала передачи сигнала.

*Организаторы* предназначены для укладки избытка длины коммутационных и оконечных шнурков, что позволяет избежать путаницы и образования петель, а также обеспечивает хорошую видимость маркировочных полос. Организаторы дополнительно предохраняют кабель шнуров от прорывания под действием собственной тяжести, что грозит ухудшением электрических характеристик контактов в разъеме. Для построения кабельных линий категории 5 применение организаторов является обязательным условием. Эти элементы имеют разную емкость и ориентацию в рабочем положении. Организаторы большой емкости для панелей типа 110 имеют вертикальное рабочее положение и в известных СКС представляют собой отдельную позицию в списке оборудования, более подробно они рассмотрены в разделе 5.1.4. Горизонтальными организаторами малой емкости разделяются между собой 100-парные блоки кроссовых башен, а сами они являются штатными элементами конструкции. Емкость штатного организатора коммутационных панелей типа 110 рассчитывается на укладку в него всех коммутационных шнурков, которые включаются в соседние коммутационные блоки (то есть четыре линейки). Для увеличения надежности фиксации шнуров и придания панели эстетичного внешнего вида некоторые типы этих элементов снабжаются съемными декоративными пластиковыми кожухами.

*Элементы крепления* предназначены для монтажа отдельного коммутационного блока или их совокупности в составе панели на стене или в 19-дюймовом конструктиве.

Для крепления в 19-дюймовом конструктиве чаще всего применяются металлические пластины различной высоты с отверстиями под 19-дюймовый растя, на которых с помощью

фиксаторов цангового типа (rivet) или обычных винтов в две вертикальные колонны монтируются отдельные 100-парные коммутационные блоки и организаторы.

Универсальным монтажным конструктивным элементом являются металлические рамы-основания П-образной формы из анодированной стали черного цвета с отверстиями для крепежных винтов, выштамповками под стяжки для фиксации отдельных кабелей и их связок и другими вспомогательными элементами. В системе VisiPatch компании Lucent Technologies вместо металлической использована пластмассовая рама, которая собирается из двух отдельных деталей. Данное исполнение позволяет получить значительно большее удобство транспортировки. Необходимый уровень прочности такого изделия обеспечивается заметным увеличением толщины пластмассы по сравнению со сталью. Для создания психологического комфорта у монтажников и пользователей окраска пластмассы выполнена в темный цвет «под металл». Кроме обеспечения гальванической развязки, в рассматриваемой конструкции гарантирована также легкость наращивания высоты основания, к которому новые секции просто пристыковываются.

При установке коммутационных блоков с разделяющими организаторами на таком основании вся конструкция достаточно часто называется кроссовой башней. Основание может быть смонтировано на стене, для установки в 19-дюймовый монтажный конструктив используются монтажные скобы с близкой к П-образной формой. Обычно одна пара таких скоб позволяет смонтировать рядом друг с другом две кроссовые башни.

Емкость панелей с монтажным основанием может достигать 900 пар (типовые значения 300 и 900 пар) – см. табл. 3.30.

*Таблица 3.30. Кроссовые башни типа 110 с четырехпарной разводкой*

Компания	Тип панели	Количество пар
Lucent Technologies	110PB2-300FT	300
	110PB2-900FT	900
Ortronics	OR-806003522	300
	OR-806003525	900
Panduit	P110KT3004	300
	P110KT9004	900
Siemon	S110MB2-300FT	300
	S110MB2-400FT	400
	S110MB2-500FT	500

Панели для настенного монтажа отличаются наличием установочных пластмассовых ножек с отверстиями под шурупы и имеют типовую емкость 100 и 300 пар, хотя иногда встречаются и другие значения этого параметра (табл. 3.31). Установочные ножки могут быть как интегральной составной частью конструкции панели, так и являться отдельным элементом, который устанавливается на коммутационный блок в случае необходимости.

В качестве разновидностей элементов настенного крепления отметим следующие два решения. Компанией Molex выпускается рамка типа 36.C0010 емкостью семь блоков, которая является функциональным аналогом металлической пластины в случае настенного монтажа и отличается от нее только монтажком коммутационных блоков и организаторов в одну колонну. Компанией Lucent Technologies предлагается монтажный элемент типа 110A1 Hanger Bracket, представляющий собой планку длиной 110,5 см с отверстиями под крепежные винты и фиксирующими отгибными лапками. Пара таких планок после монтажа

на стене на соответствующем расстоянии друг от друга по вертикали позволяет навешивать на них до пяти кроссовых башен типа 1210 в 300- и 900-парном вариантах.

Основная масса панелей типа 110 предназначена для монтажа в горизонтальном положении. Известны также единичные образцы панелей с вертикальным расположением контактных полос главным образом для настенного монтажа. При этом используется настенная рамка панели типа 66 (см. далее раздел 3.3.2), а емкость панелей ограничена 50 парами.

Большинство панелей типа 110 в варианте кроссовых башен снабжаются кроссовыми блоками одного типа. Ограничение распространение получили также кроссовые башни, которые собраны из кроссовых блоков, рассчитанных на различное число пар, чаще всего 4-парных и 3-парных. Данный вариант панели удобен для использования в тех сетях, в которых существует заранее известное и жесткое разделение функциональных секций коммутационного оборудования на компьютерное и телефонное.

*Таблица 3.31. Коммутационные панели типа 110 с четырехпарной разводкой для настенной установки*

Компания	Марка панели	Количество пар
Panduit	P110KB1004	100
	P110KB3004	300
Ortronics	OR-30200006	100
	OR-30200007	300
Lucent Technologies	110AB2-100FT	100
	110AB2-300FT	300
AMP	588841-1	50
	588842-1	100
	588843-1	300
Siemon	S110AW1-50	50
	S110AW1-100	100
	S110AW1-200	200
	S110AW1-300	300
BICC	CAT5-S110-AW1-50	50
	CAT5-S110-AW1-100	100
	CAT5-S110-AW1-300	300
ICC	IC110WF050	50
	IC110WF100	100
	IC110WF300	300

В случае необходимости защиты от несанкционированного доступа, а также от воздействия огня, влаги, солнечных лучей и других вредных факторов кроссовое оборудование типа 110 может быть закрыто в металлическом защитном шкафу. Достаточно широкая номенклатура изделий этого типа выпускается заводами по производству телекоммуникационного оборудования, в том числе и российскими предприятиями. В качестве примера импортного оборудования отметим ЗА Cable Terminal Section компании Lucent Technologies.

Классическая конструкция панелей 110 рассчитана на коммутацию шнурами с вилками разъемов 110. Это создает некоторые неудобства в небольших сетях, так как неизбежно приводит к расширению номенклатуры шнуров. Для устранения данного недостатка

разработаны комбинированные панели, в которых контакты линейки включены параллельно с соответствующими контактами гнезда модульного разъема, что позволяет обойтись только шнурами с вилками модульных разъемов. Такое решение несколько снижает плотность портов коммутационного устройства, что, однако, не играет существенной роли в сетях с малым количеством рабочих мест (не свыше 100). Еще одним преимуществом является возможность существенного уменьшения монтажной глубины, так как кабели заводятся на разъемы типа 110. Розетки модульных разъемов в подобных комбинированных панелях могут располагаться как в соседнем ряду с линейками разъемов 110 (S100DB1-24RJPA фирмы Siemon), так и быть сгруппированы в отдельный блок, который размещается сбоку от линеек (MJWC5-8-39TB компании Nortaco). В последнем случае линейки разъемов 110 закрываются декоративной защитной крышкой.

Существует также ограниченная номенклатура панелей типа 110, в которых по внутренним токоведущим дорожкам печатной платы зааррелливаются одноименные контакты линеек двух разъемов. На дорожке предусматривается также нормальнозамкнутый контакт. Контакт может быть разомкнут с помощью специального адаптера, что бывает необходимым при подключении к линии тестирующего оборудования. Наличие подобного интерфейса является особенно важным в случае использования панели для передачи телефонных сигналов. Панель рассматриваемого типа также весьма удобна для организации точек перехода. Примером данного оборудования может служить панель типа S110T(X)1 производства компании Siemon.

Как отмечено выше, одним из недостатков панели типа 110 являются плохие эстетические характеристики. Эти показатели заметно улучшаются в том случае, если штатные горизонтальные организаторы панели закрываются съемными крышками (решение компании Siemon). Еще лучшими эстетическими показателями обладает панель серии Visipatch компании Lucent Technologies (см. раздел 3.2.5.1), что достигается за счет применения пластмассовых блоков для разводки (wiring block), которые в собранном состоянии закрывают крышками, а также вилок шнуров специального вида с обратной ориентацией контактных пластин.

### 3.3.2.2. Коммутационные панели типа 66

Коммутационные панели типа 66 известны уже в течение нескольких десятилетий и отличаются от рассмотренных выше изделий аналогичного назначения тем, что в них не используются коммутационные шнуры. Коммутация каналов в этих панелях осуществляется с помощью перемычек, для подключения кабелей и перемычек применяются IDC-контакты S66 (рис. 3.45). Из-за отсутствия разъемного соединителя панели типа 66 ориентированы, в первую очередь, для работы с такими приложениями, которые не требуют частой перекоммутации. Поэтому основной областью их применения считаются телефонные системы.

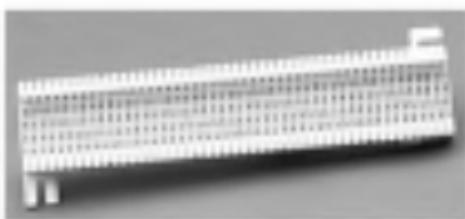


Рис. 3.45. Коммутационная панель типа 66

По состоянию на середину 2001 года многие производители СКС исключают панели типа 66 из состава штатного оборудования своего продукта, а некоторые оставляют их в официальном каталоге скорее «по инерции».

Типовая конструкция панели типа 66 включает в себя следующие компоненты:

- коммутационный блок;
- маркировочные элементы;
- организаторы;
- элементы крепления.

**Коммутационный блок** является базовым конструктивным элементом коммутационной панели типа 66. Он образован пластиковым основанием, которое может иметь различную высоту, и установленными на нем линейками IDC-контактов типа 66 с разной емкостью. Последние ориентированы в первую очередь на разводку проводов 25-парного пучка магистрального кабеля. Вполне возможна разводка кабелей другой емкости с монолитными проводниками. Использование кабелей с мно-

гоградиентными проводниками не рекомендуется. Имеются также коммутационные блоки с четырьмя полюсными контактами в линейке. Сами контакты бывают одиночными, двух-, четырех- и восьмисекционными и иногда снабжаются лапкой для пайки или накрутки проводника внутреннего межсоединения (рис. 3.46). Для облегчения разводки некоторые типы контактов имеют перед режущими кромками направляющую щель. Верхняя часть одного из рабочих элементов снабжается выступом в виде носика, который препятствует выскакиванию провода во время установки.

Некоторые конструкции коммутационных блоков предусматривают штатную защитную крышку, устанавливаемую после завершения процесса разводки проводников кабелей и перемычек. Крышка может просто надеваться на корпус блока или снабжаться петлями. Последние монтируются на пазы организатора перемычек. При этом для обозначения функциональных секций различного назначения вполне возможна окраска крышек в различные цвета. Так, например, компания Siemens предлагает для производимых ею панелей крышки девяти различных цветов.

**Функции маркировочных элементов** выполняет полоса бумаги, которая обычно укладывается под прозрачную часть защитной крышки панели и служит для идентификации канала передачи сигнала.

**Организаторы** обеспечивают аккуратную укладку перемычек в процессе соединения контактов коммутационного блока и в большинстве известных конструкций выполнены в виде пазов в планках, обрамляющих длинную сторону коммутационного поля. Эти пазы обеспечивают только позиционирование перемычек и не создают фиксирующего или ослабляющего натяжения действия.

**Элементы крепления панели** предназначены для ее монтажа на стене или в 19-дюймовом конструктиве.

Для установки на стену одиночного блока применяется пластиковая рамка с фиксирующими защелками, которая является штатным крепежным элементом панелей рассматриваемого типа. Правильная ориентация в рабочем положении задается маркирующей надписью «**Тор**» (верх), иногда дополняемой стрелкой. Эти же рамки выполняют функции основания при монтаже нескольких панелей рядом друг с другом на металлическую настенную раму большого размера. При необходимости установки в помещениях с доступом посторонних



Рис. 3.46. Контакты панелей типа 66:  
а) односекционный; б) двухсекционный;  
в) четырехсекционный; г) восьмисекционный

лиц используются специальные металлические шкафчики. Имеются также шкафчики из пласти массы с прозрачной крышкой, предназначенные для организации консолидационных точек. Монтаж в 19-дюймовых конструктивах используется на практике достаточно редко.

Основными преимуществами коммутационных панелей типа 66 считаются:

- высокая плотность контактов и хорошие массогабаритные показатели перемычек как элементов коммутации;
- возможность подключения к каждому контакту более одной пары кабелей и более одной перемычки, что позволяет получить очень гибкую конфигурацию СКС;
- эстетичный внешний вид панели, обеспечиваемый отсутствием пучков коммутационных шнуров.

К их недостаткам в сравнении с другими видами коммутационного оборудования можно отнести требование к более глубокому знакомству администратора со структурой СКС и не вполне удобный процесс самой коммутации с помощью перемычек. Большая длина развития пары перед подключением к контакту типа 66, а также внушительные габариты самих контактов не позволяют получить в большинстве случаев электрические характеристики коммутационной панели типа 66 выше категории 3, поэтому наибольшее применение они нашли для телефонных систем. Имеется также ограниченная номенклатура панелей типа 66, частотные характеристики которых улучшены, главным образом, по параметру NEXT за счет уменьшения габаритных размеров контактных элементов S66M1-50 и увеличения расстояния между ними. Так, в частности, высота контактного элемента уменьшена с 25,7 мм (1,01 дюйма) до 19,7 мм (0,775 дюйма). Это позволяет использовать их в системах категорий 4, 5 и даже 5e [76].

### **3.3.2.3. Коммутационные панели с розетками модульных разъемов**

#### **Основные элементы конструкции**

Главным отличительным признаком коммутационных панелей рассматриваемого класса (patch panels) являются розетки 8-контактных модульных разъемов, расположенные на лицевой стороне и предназначенные для подключения к ним вилок соответствующих коммутационных шнуров (рис. 3.47).



*Рис. 3.47  
Коммутационная панель  
с модульными розетками*

Коммутационная панель состоит из следующих компонентов:

- коммутационного блока;
- элементов маркировки;
- организаторов кабеля;
- элементов крепления.

**Коммутационный блок** является базовым конструктивным элементом коммутационной панели с модульными розетками. Он представляет собой пластинчатое основание с установленными на нем тем или иным способом розетками модульных разъемов соответствующей категории. Основным материалом основания является анодированный алюминий. Пластина основания дополнительно выполняет функции лицевой панели, поэтому имеет соответствующий дизайн и эстетические характеристики. В частности, большинство производителей оборудования для СКС размещают в левой части панели свой фирменный логотип, а в правой части указывают наименование изделия и его категорию.

Основная масса коммутационных панелей предполагает горизонтальное расположение розеток модульных разъемов в один (до 24 портов включительно) или несколько (максимум пять в известных конструкциях) рядов. При этом рекомендуемая минимальная плотность портов составляет 16 на 1U высоты и 48 на 3U высоты [77]. Имеется также достаточно ограниченное количество типов панелей с вертикальной ориентацией линейных сборок розеточных модулей. Такие сборки имеют по 4 или 5 розеток, а решения на их основе предлагаются, например, фирмами Reichle & De-Massari и Ackermann.

Лицевая поверхность панели обычно окрашивается в черный цвет. Не исключается возможность применения цветовой кодировки, облегчающей отнесение панели к той или иной функциональной секции. Так, например, компания ITT NS&S предлагает панели категории 3 черного, красного и зеленого цветов.

Коммутационные блоки делятся на неразборные, разборные<sup>1</sup> и выполненные по промежуточному варианту (рис. 3.48).

Отметим также, что в отличие от информационных розеток (см. далее раздел 3.3.3) подавляющее большинство панелей рассматриваемого вида имеют прямую установку розеточных модулей. Известны лишь единичные образцы панелей с угловой установкой розеток, например, изделия серии 4224 норвежской компании Telesafe. В обоснование такого решения приводятся соображения несколько большего удобства коммутации и чтения маркировки при большей площади последней.



Рис. 3.48. Варианты реализации коммутационных блоков панелей с розетками модульных разъемов

<sup>1</sup> Иногда их называют розеточными коммутационными панелями.

Рассматриваемые в данном разделе панели имеют наиболее развитую среди функциональных аналогов номенклатуру *маркирующих элементов*. Для маркировки отдельных розеток коммутационных панелей кроме их нумерации обычно снизу предусматриваются маркировочные поля прямоугольной формы для записи условных обозначений. Поля могут быть как индивидуальными для каждой розетки, так и непрерывными на целую группу розеток. Запись производится мягким карандашом или специальным маркером типа фломастера. Варианты, основанные на применении маркировки сменимыми надписями, когда на лицевой панели модульной розетки предусматривается окончко для этикетки со съемной прозрачной крышкой, фиксируемой на защелках, широкого распространения не получили. В панелях серии ALPNA компании Elgadphon цифровое обозначение порта и маркирующее поле совмещены за счет скоса левого верхнего угла окошка для маркировки. Не исключается возможность использования двойной маркировки портов, когда в дополнение к маркирующему полю предусматривается гнездо для установки цветной вставки с кодирующей иконкой. При этом иконка может вставляться как в гнездо на пластине лицевой панели коммутационного блока, так и в соответствующий установочный элемент гнезда розетки модульного разъема. Это решение реализовано в некоторых типах панелей, выпуск которых компанией Orlgonics.

*Организаторы кабеля* предназначены для обеспечения возможности аккуратной укладки горизонтальных и магистральных кабелей, а также коммутационных шнуров. В подавляющем большинстве случаев организаторы коммутационных шнуров выполняются в виде отдельного элемента и более подробно рассматриваются в разделе 5.1.4. Имеются варианты панелей рассматриваемого класса с интегральными элементами этого типа в основном в виде нескольких разрезных колец, установленных на лицевой панели под розетками модульных разъемов. Организаторы кабелей, которые разделяются на панели, в большинстве случаев для уменьшения габаритов упаковки во время хранения и транспортировки, выполняются в форме съемной скобы. Данная скоба крепится к корпусу полки установкой в специальные пазы или на винтах.

*Элементы крепления панели* используются для ее монтажа на стене или в 19-дюймовом конструктиве. В большинстве случаев применяется второй вариант. Для обеспечения возможности монтажа в 23-дюймовый конструктив некоторые изготовители включают в состав панели штатные адаптеры.

Обычно на задней поверхности панели располагаются только IDC-контакты различной модификации. В некоторых панелях серии SMART израильской компании RIT Technologies и панелях фирмы Elgadphon IDC-контакты нижнего ряда модульных розеток передней панели заменены гнездами модульных разъемов, то есть вместо традиционных розеток смонтированы фактически так называемые проходные адаптеры (см. далее раздел 3.4.2). Такое техническое решение позволяет использовать обычные коммутационные

шнуры с вилками модульных разъемов как функциональный аналог монтажных шнуров (рис. 3.49). За счет подключения вилки с задней стороны панели происходит существенная «разгрузка» лицевой поверхности от кабелей шнуров, что улучшает эстетические характеристики и удобство чтения маркировки. В так называемых интеллектуальных панелях компании RIT Technologies сзади находится также дополнительный разъем для подключения ленточным кабелем к сканеру системы PatchView (более подробно – см. раздел 13.1.3).

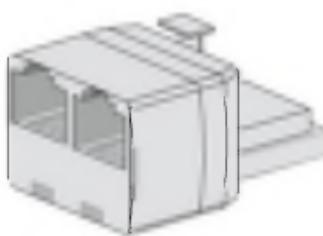


Рис. 3.49. Y-адаптер



## **Варианты конструктивного исполнения коммутационных блоков панелей с модульными разъемами**

**Неразборные блоки** (рис. 3.48) имеют модульные розетки, установленные в заводских условиях. Такое решение обеспечивает очень высокую плотность размещения розеток и соответственно возможность разводки на одной панели большого количества кабелей. Передача сигналов от IDC-контактов к информационным розеткам осуществляется по проводникам печатной платы. Сборки розеток модульных разъемов и оконцевателей, расположенные на одной печатной плате, могут иметь различную емкость. Наибольшую популярность на практике получили 6- и 8-портовые варианты исполнения подобных сборок.

Из-за использования метода печатного монтажа разводка панелей рассматриваемого типа производства некоторых фирм осуществляется только однопроводным ударным инструментом. Применение 5-шарнирного инструмента запрещается из-за опасности повреждения платы при сильном ударе во время установки проводника в IDC-контакт.

Основная масса неразборных блоков устанавливается по фиксированной схеме, что вызывает определенные неудобства в процессе монтажа. Для устранения этого недостатка применяются поворотные (распределительные) модули.

**Разборные блоки** позволяют монтировать на них розеточные модули непосредственно на объекте монтажа. В тех случаях, когда монтаж осуществляется напрямую, говорят о наборных панелях. Такие панели рассчитываются на один конкретный тип модуля. Их основным преимуществом является высокая плотность портов, которая не уступает панелям с неразборными блоками (то есть 24 на 1U высоты).

В модульных панелях коммутационные блоки всегда устанавливаются через адаптеры, причем эти блоки могут быть унифицированы с блоками информационных розеток на рабочих местах пользователей. Это намного увеличивает функциональную гибкость устройства за счет возможности установки в него тех модулей и в том количестве, которые необходимы в данном месте в конкретный момент. Разработчики подобных панелей в качестве еще одного их достоинства отмечают легкость перехода от электрических решений к оптическим, в том числе и в процессе текущей эксплуатации и развития системы. На основании этого некоторые производители даже называют такие панели Mix-and-Match-Panels.

Оставшиеся свободными проемы в панелях обеих разновидностей данных подгруппы закрываются съемными заглушками для улучшения внешнего вида и могут быть использованы при необходимости расширения сети. Поставка разборных блоков может производиться в двух вариантах. Наиболее часто панель и розеточные модули поставляются отдельно и собираются только на объекте монтажа, иногда панель приходит с завода-изготовителя с уже установленными в проемы розеточными модулями.

Подавляющее большинство панелей на основе разборных блоков рассчитаны на «нормальную» установку в них розеточных модулей, то есть контактами сверху и выемкой для входа рычага защелки снизу. Решение, основанное на «боковой» установке гнезд, встречается очень редко и в тех ситуациях, когда использование вертикальной установки невозможно из-за особенностей конструктивного исполнения задней части розетки разъема. Примером такого подхода могут служить некоторые типы панелей французской фирмы Quante.

Из-за особенностей конструктивного исполнения массовое применение коммутационных панелей с разборными блоками в крупных сетях оказывается обычно мало целесообразным, так как они проигрывают неразборным вариантам как по стоимости, так и по плотности портов (неизбежное следствие универсальности и высокой функциональной гибкости). Так, например, 96-портовые панели HD5-96 (неразборный вариант) и CT-PLN-96-ID (разборный вариант) производства компании Siemon имеют высоту соответственно

4U и 7U. Считается, что их преимущества проявляются при построении кабельных систем небольшого размера или же при потребности постоянного внесения изменений в кабельную проводку СКС.

Панели, сконструированные по промежуточному варианту, объединяют в себе основные черты неразборной и разборной схем установки розеток с креном в ту или иную сторону в зависимости от реализации. В соответствии с этим известны две основные модификации их конструктивного исполнения. В первой из них, которая продвигается компанией AMP (панели системы NetConnect), кабель подключается к контактам панели, а модуль снабжен коммутационной вставкой с печатными проводниками. Применение подобного варианта, получившего название Edge Connector, обеспечивает возможность очень гибкого изменения типа интерфейса (гнезда 8- и 6-контактных модульных разъемов, розетки электрических разъемов МИС системы Token Ring и т.д.) в зависимости от конкретной ситуации, хотя и сопровождается, как и любое модульное исполнение, заметным увеличением стоимости готового изделия. Таким образом, данное решение более тяготеет к схеме неразборного блока.

Разборные блоки смогут также выполнятся в виде сборок по несколько штук (например, панели СРР компании Panduit). Они устанавливаются в корпусе панели по мере необходимости. Для улучшения внешнего вида панели незанятые проемы обычно закрываются заглушками, в панелях серии ALPNA компании Elgadphon на торцевой поверхности заглушки (8-module blind cover) дополнительно изображены гнезда розеточных модулей.

### **Области применения и варианты исполнения**

Коммутационные панели с модульными розетками наиболее эффективны в той части СКС, которая используется для обслуживания приложений ЛВС. В этом случае вполне достаточно администрировать полными 4-парными каналами передачи данных. Смонтированные панели, по мнению авторов, обладают наилучшими эстетическими характеристиками среди изделий аналогичного назначения и отличаются простотой и легкостью процесса коммутации. В то же время, при необходимости администрирования каждой отдельно взятой парой, они заметно повышают стоимость СКС, что в наибольшей степени сказывается в магистральных подсистемах. Поэтому основной областью применения коммутационных панелей с модульными разъемами считается горизонтальная подсистема.

Типовые значения емкости коммутационной панели составляют 12, 16, 24, 32, 48, 64, 96 и 120 розеток (портов). В зависимости от конкретного производителя те или иные значения из этого ряда пропускаются. Применение панелей с большим количеством портов нецелесообразно, так как это затрудняет управление коммутационными шнурами. Максимальная емкость панели высотой 1 U в подавляющем большинстве случаев не превышает 24 порта, известны также единичные образцы одноюнитовых панелей с 48 портами (компания Molex). Панели с большим количеством портов имеют увеличенную высоту.

Большинство производителей панелей рассматриваемого класса выпускают их в двух вариантах – с разводкой 568A и 568B. При монтаже панели рекомендуется пользоваться схемой T568B подключения горизонтальных кабелей к модульным розеткам.

Общие сведения о панелях некоторых изготовителей оборудования для СКС приводятся в табл. 3.32.

В коммутационных панелях серии SMART израильской компании RiT каждое гнездо розетки дополнительно снабжается красным индикаторным светодиодом, наличие которого увеличивает удобство текущей эксплуатации кабельной системы. Поскольку необходима передача управляющих сигналов, то для коммутации применяются специальные 9-проводные шнуры. Более подробно эти панели рассмотрены в разделе 13.1.3.

Таблица 3.32. Коммутационные панели с модульными розетками категории 5 и разводкой 568B

Компания	Марка панели	Число портов	Высота
Siemon	HD5-16A4	16	1U
	HD5-24A4	24	1U
	HD5-32A4	32	2U
	HD5-48A4	48	2U
Lucent Technologies	1100AA1-24	24	1U
	1100AA11-48	48	2U
Alcatel	ACS-503.124	48	3U
MOD-TAP	IDC-KATTIU-24xRJ45 cat 5	24	1U
	IDC-KATTIU-48xRJ45 cat 5	48	2U
Homaco	MJPC5-B-37TB	24	1U
	MJPC5-B-35TB	48	2U
Hubbell	MCC5802110A19	16	1U
	MCC5806110A19	48	2U
	MCC5812110A19	96	4U
	MCC5815110A19	120	5U
ICC	ICMPPOXXSB	24	1U

### Подключение кабелей к коммутационным панелям

IDC-контакты розеток модульных разъемов коммутационных панелей рассматриваемого вида выполняются в вариантах 110 или Krone. При этом американские производители тяготеют к применению контактов типа 110, а в Европе относительно большей популярностью пользуются контакты типа LSA+ фирмы Krone. Иногда некоторые фирмы предлагают на выбор два варианта панелей с различными типами контактов разъемов. Контакты, как правило, располагаются с задней стороны панели в один или два ряда, что вызывает определенные неудобства в процессе выполнения разводки. Для устранения этого недостатка разработаны следующие конструктивные решения (рис. 3.50):

- применяются реализации 19-дюймового конструктива, которые позволяют тем или иным способом с помощью различных петель или шарниров откинуть монтируемую панель вбок или вперед под углом, близким к 180°. Это обеспечивает удобный доступ к IDC-контактам на ее задней поверхности (рис. 3.50а);
- компанией RIT Technologies предложены монтажные кронштейны, которые навешиваются на рельсы 19-дюймового конструктива и служат для установки на них панели с поворотом примерно на 135° относительно нормального рабочего положения. После подключения всех кабелей панель снимается с кронштейнов, сами кронштейны удаляются и на их место в рабочем положении устанавливается панель (рис. 3.50б);
- модульная панель типа PATCHMAX компании Lucent Technologies содержит 4 или 8 (в зависимости от варианта) шестипортовых так называемых распределительных модулей DM2150. Эти модули вставляются в корпус панели на защелках и при необходимости выполнения монтажа кабелей поворачиваются вокруг горизонтальной оси почти на 180°. При этом открывается удобный доступ к IDC-контактам 110 на задней поверхности печатной платы модуля;

- известны конструкции с развернутыми на 180° и выведенными на переднюю панель линейками IDC-контактов, которые располагаются рядом с розетками модульных разъемов. После разделки кабелей контакты закрываются откидной или накладной декоративной заслонкой. Удобство монтажа таких панелей имеет своим следствием некоторое снижение плотности портов, так как линейки IDC-контактов в конструкциях рассматриваемого вида занимают примерно 0,5U высоты на каждый ряд розеток модульных разъемов. В панелях компании Reichele & De-Massari уменьшения плотности портов по сравнению с традиционными конструкциями практически не происходит за счет того, что IDC-контакты после разводки закрываются откидными крышками с маркировочными полями;
- в так называемых Front Access Modular to 110 панелях компании Ortronics, которые могут рассматриваться как разновидность предшествующего решения, установка розеток модульных разъемов выполнена на выступающем из лицевой панели основании. За счет этого кабели к гребенкам типа 110 можно подводить без доступа к задней поверхности. Этот вариант не позволяет получить высокие эстетические характеристики, однако очень эффективен в случае установки дополнительных панелей в сильно загруженный другим оборудованием монтажный шкаф;
- достаточно редко применяется конструкция панели в виде выдвижной полки, которая в переднем положении дополнительно отклоняется вниз на угол примерно 30° (предложение компаний Alcatel, Ackermann и некоторых других, рис. 3.50в);

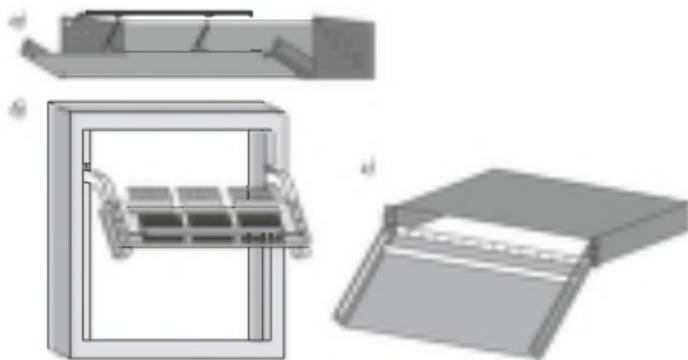


Рис. 3.50. Технические решения по облегчению процесса разводки панелей с модульными разъемами:  
а) откидная панель; б) монтажные кронштейны; в) выдвижной корпус

В некоторых конструкциях для подключения многопарных кабелей к модульным панелям используют разъемы TELCO (табл. 3.33), причем часто одновременно выпускается два варианта этой панели с вилкой и розеткой разъема TELCO. Для обозначения рассмотренных вариантов панелей в англоязычной технической литературе достаточно широко распространены термины «патч-панель типа 110» и «патч-панель типа TELCO».

Таблица 3.33. Коммутационные панели с разъемами TELCO и розетками модульных разъемов

Компания	Марка панели	Число портов	Категория
Lucent Technologies	2500Cat5 Modular Jack Panel	24, 48	5
Mod-Tap	27.6E.241.B004G	24	—
Ortronics	OR-808004926	24	3
	OR-808004927		
Siemon	CT-PNL-XX-XX-01	16–96	3
Telesafe	4145-0000	24	5
	4143-0000	24	3

Кроме традиционного применения в технических помещениях с установкой в различных монтажных конструкциях, некоторые производители СКС рекомендуют использовать панели с разъемами TELCO в качестве основного элемента консолидационной точки.

#### Особенности коммутационных панелей для экранированных кабелей

Коммутационные панели для экранированного кабеля S-STP отличаются от незакранированного варианта применением экранированных розеточных модулей и наличием средств заземления кабельного экрана. Панели для кабелей S-UTP имеют только общий экранирующий кожух, который полностью закрывает розеточные модули. Крепление такого кожуха может выполняться как на винтах, так и на защелках, причем последний вариант считается более предпочтительным. Заземление в большинстве конструкций с фиксированной конфигурацией выполняется с помощью съемной или интегральной П-образной скобы с зажимами (grounding bracket), которые монтируются в задней части панели. Иногда встречается установка зажимов на отогнутой назад полке корпуса панели. Скоба попутно выполняет функции организатора кабелей. В конструкциях с разборными блоками низкое переходное сопротивление с шиной заземления иногда обеспечивается только за счет прямого контакта экранирующего кожуха розеточного модуля с установочным гнездом панели.

Низкое переходное сопротивление между корпусом коммутационного блока и контуром защитного или телекоммуникационного заземления обеспечивается при установке панели в 19-дюймовый конструктив при затяжке крепежных винтов. Наличие остатков краски и лака иногда не позволяет получить требуемое значение этого параметра. Поэтому в комплектацию экранированной панели обязательно входит заземляющий кабель.

Из-за необходимости применения средств экранирования и заземления плотность портов в экранированной панели обычно оказывается ниже по сравнению с незакранированным аналогом такой же емкости. Как правило, на 1U высоты устанавливается 16 розеток вместо обычных 24 для незакранированных панелей. Исключений из этого правила среди серийных моделей известно достаточно немного. 24 экранированных порта на 1U высоты имеет, например, панель типа 502 компании АйТи.

#### Панели для настенного монтажа

Панели для настенного монтажа применяются обычно при построении небольших СКС с особо жесткими требованиями заказчиков в отношении суммарной стоимости создаваемой

кабельной разводки. Известно несколько способов решения этой задачи. В данном случае ограничимся рассмотрением только специализированных панелей, ориентированных на настенный монтаж еще на этапе конструктивной проработки.

При монтаже на стене панель, как правило, устанавливается в горизонтальном положении с использованием различных вариантов стандартного 19-дюймового конструктива. Достаточно широкое распространение получили также конструкции на небольшое число портов (как правило, 12), которые монтируются вертикально (например, 558260 компании AMP, HD5-89D-12 фирмы Siemon). Эти изделия иногда называются мини-панелями (mini patch panels). Их установка выполняется с использованием пластиковой рамки типа S89, аналогичной панелям типа 66.

Панели с вертикальной ориентацией, как правило, изготавливаются по фиксированной схеме на основе двух 6-портовых сборок, аналогичных по своей конструкции панелям для установки 19-дюймовый конструктив. Принципиальный недостаток подобного решения, который заключается в том, что гнезда розеток повернуты на 90°, считается несущественным. Тем не менее известны единичные серийные изделия, которые реализованы по наборной схеме и за счет этого имеют нормальную ориентацию гнезд розеток разъемов. Пример такой продукции – изделия типа A10 (10 портов) и PP12RB (12 портов) американской компании Superior [78].

### **3.3.2.4. Претерминированные и бесшнуровые панели**

Процесс разводки коммутационной панели является сравнительно сложной и утомительной процедурой и выполняется персоналом достаточно высокой квалификации с использованием специального инструмента и дорогостоящего контрольного оборудования. Стремление избавить конечного пользователя от решения связанных с этим проблем привело к появлению ряда технических решений, которые могут быть разбиты на две группы. В изделиях первой группы разводка уже выполнена на предприятии-изготовителе, решения второй группы не требуют разводки вообще.

Подход первого типа реализуют так называемые претерминированные или предразведенные панели, которые предназначены, главным образом, для облегчения процесса подключения к СКС телефонных станций. Это изделие в большинстве случаев представляет собой один или несколько блоков 110 или 66, на которых уже разделано соответствующее количество многопарных кабелей. Конструкции рассматриваемого вида с розетками модульных разъемов распространены существенно меньше. На втором конце кабель снабжается вилкой или розеткой разъема TELCO. Максимальная емкость претерминированных панелей типа 110 может достигать 900 пар. Разводка некоторых вариантов панелей типа 66 осуществляется кроссировочным проводом. В этом случае наряду с розетками TELCO применяются также розетки модульных разъемов, причем оба этих варианта розеток монтируются непосредственно на корпусе панели на ее задней или боковой поверхности и применяются на одной панели как по отдельности, так и вместе. К претерминированным панелям можно условно отнести также панели с модульными разъемами, выходы которых соединены с соответствующими контактами разъемов TELCO.

Подавляющее большинство претерминированных панелей предназначено для установки в кроссых и используется для подключения сетевого оборудования коллективного пользования. Известны также единичные образцы изделий этого класса, которые ориентированы на применение в качестве многопользовательских розеток MUTO в открытых офисах. В качестве примера отметим панели OR-60950092 и OR-85404481 компаний Ortronics.

Принцип устранения разводки использован в так называемых бесшнуровых панелях, которые содержат большее или меньшее количество пар модульных разъемов с короткими внутренними соединениями между ними по токоведущим дорожкам печатной платы. Разводка розеток может быть выполнена по различной схеме и требует обязательного согласования с типом подключаемого к ним шнура. Как пример укажем изделие *Cordless patch*<sup>®</sup> компании *Siemon*.

Развитие принципа бесшнуровой разводки может быть реализовано на основе широко применяемого в телефонных системах различного назначения принципа разъемного соединения двух заводимых в одну ячейку проводников и используется в панелях серии SMART израильской компании RIT Technologies. Некоторые модели этой серии, называемые иногда *switching patch panel*, снабжены модульными разъемами, которые彼此 соединены между собой по токоведущим дорожкам внутренней печатной платы. Такое же решение применено в панелях компании Elgadphon. Основным отличием данных изделий от аналогов является наличие дополнительного движкового переключателя, который позволяет разорвать это соединение (рис. 3.51). В данном случае разработчики воспользовались запретом стандартов СКС на параллельное подключение какого-либо оборудования к тракту

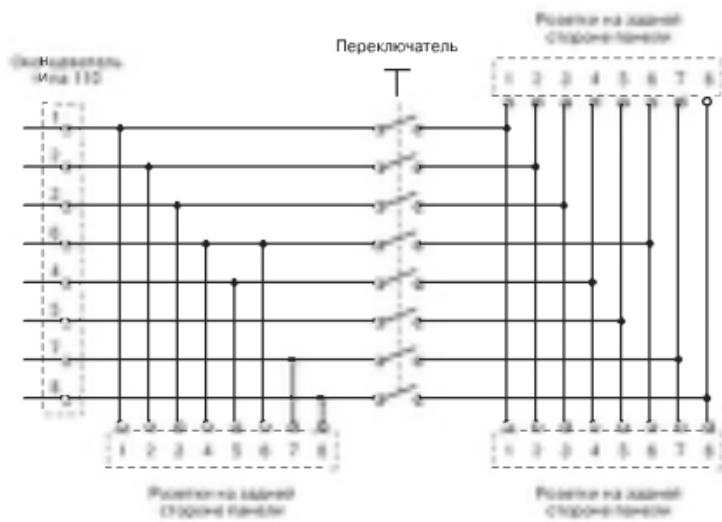


Рис. 3.51. Принципиальная схема разводки модулей панелей с встроенным переключателем

передачи сигнала. Это делает ненужным наличие на замыкающем паре элементе доступных с лицевой панели электрических контактов и позволяет отказаться от обычной в телефонии вставки с розеткой для параллельного подключения в пользу более удобного на практике переключателя. За счет применения этого технического решения при тщательном планировании кабельной разводки на этапе проектирования можно обойтись вообще без коммутационных шнурков (по крайней мере, на первом этапе эксплуатации).

Кроме своего основного назначения, панели с встроенными переключателями за счет наличия фактического параллельного соединения одноименных проводников двух розеток

позволяют очень эффективно подключать к локальной сети различное контрольное оборудование.

### **3.3.2.5. Прочие разновидности коммутационных панелей**

Кроме рассмотренных выше основных видов коммутационных панелей, на практике ограниченное применение находят другие изделия функционально аналогичного им назначения.

В самом конце 90-х годов некоторые производители оборудования (Hubbell, SMP), имеющие значительный объем бизнеса в Европе, начали активно предлагать своим партнерам и клиентам так называемые панели Ethernet. Изделия этого типа обеспечивают работоспособность «двуихарных» вариантов сетевых адаптеров этого популярнейшего сетевого интерфейса, за счет чего позволяют несколько уменьшить стоимость решения. Оборотной стороной является потеря универсальности кабельных трактов СКС, поэтому решение данной разновидности большого распространения в нашей стране не получило.

Подкласс специализированных изделий входят также как называемые телефонные панели, ориентированные на подключение аналоговых и цифровых телефонов. За счет применения в них 6-контактных розеток эти изделия могут иметь увеличенную плотность портов. Так, в частности, компания Molex предлагает 50-портовую телефонную панель высотой 1U.

В немецкоязычных странах достаточно широкое распространение получили ISDN-панели, розетки которых сгруппированы по 8 и соединены между собой по схеме шины S<sub>0</sub>.

Панели с балунами предназначены для использования в технических помещениях в случае обслуживания больших объемов сетевого оборудования с коаксиальным и триаксиальным интерфейсами. Обычно выпускаются в 16-портовом варианте, 32-портовые модели распространены существенно меньше. В зависимости от вида исполнения на лицевую сторону может быть выведена как розетка модульного разъема, так и коаксиальная или триаксиальная розетка. Оборудование данного класса производится, например, компаниями Hubbell и AMP.

Панели с элементами активного оборудования не относятся к стандартным изделиям СКС и получили ограниченное распространение в конце 90-х годов. Более подробные сведения об этих изделиях приведены в главе 7.

### **3.3.2.6. Распределители**

Распределители выделились в специальный подкласс в самом конце 90-х годов в связи с быстрым ростом числа структурированных кабельных систем, обслуживающих потребности небольших офисов и домашних сетей (сектор SOHO). Функционально этот элемент представляет собой коммутационное устройство, изначально предназначеннное для монтажа без использования монтажных конструктивов и вне технических помещений. Распределитель выполняется в виде пластикового корпуса, в котором предусматривается от 4 до 6 розеточных модулей модульных разъемов. Внешне элемент похож на многопортовую информационную розетку (см. раздел 3.3.3) и отличается тем, что розетки модульных разъемов располагаются только на одной узкой стороне корпуса.

Распределители конструируются таким образом, чтобы их можно было легко монтировать на стене, на декоративном коробе и даже на рабочем столе пользователя. В случае необходимости несколько распределителей могут быть установлены друг над другом с помощью крепежного хомута или рядом друг с другом. Конструкция корпуса предусматривает ввод кабеля как со стороны задней и доковой стенок, так и со стороны днища. Сам корпус обычно изготавливается из термоэластичной пластмассы с низким содержанием

галогенов, возможно применение металлических корпусов. На декоративной крышке корпуса выделяются специальные поля и окошки для нанесения соответствующих маркирующих надписей и установки иконок.

В качестве дополнительных сервисных возможностей предусматривается использование ножек с накладками из антишроскальзывающего материала и применение магнитов для монтажа на стальных поверхностях. Примером распределителя, входящего в состав СКС на правах серийного продукта, являются изделия серии MPD немецкой компании Telegartner [79].

### 3.3.3. Информационные розетки

#### 3.3.3.1. Традиционные конструкции

Информационные розетки устанавливаются на рабочих местах и предназначены для подключения горизонтального кабеля. Электрический модуль розетки является составной частью горизонтальной подсистемы, сама розетка конструктивно состоит из корпуса и одного или нескольких (максимум 12) розеточных модулей 8-контактных модульных разъемов. Согласно стандарту ISO/IEC 11801 одна информационная розетка должна обслуживать примерно 10 м<sup>2</sup> рабочей площади и обеспечить следующую минимальную конфигурацию розеточных модулей:

- один модуль категории 3 или выше;
- один модуль категории 5 или оптический разъем.

В случае применения двухпарных кабелей их розеточные модули должны быть соответствующим образом промаркированы.

Корпус информационной розетки обычно изготавливается из пласти массы и в зависимости от способа своего крепления может иметь различную конструкцию. Наиболее широкое применение находят корпуса для крепления на стене и на декоративном коробе, проложенном по стене офисного помещения, а также в напольной коробке. Общая классификация корпусов информационных розеток представлена на рис. 3.52. По аналогии с обычными бытовыми электрическими розетками такие корпуса будем называть в дальнейшем соответственно внешними (рис. 3.53а) и внутренними (рис. 3.53б–г).



Рис. 3.52. Варианты конструктивной реализации информационных розеток

Внутренний и внешний корпуса имеют весьма близкую конструкцию и отличаются только тем, что внешний корпус закрывает розеточный модуль со всех сторон, тогда как

внутренний корпус выполнен в виде декоративной лицевой панели или иного монтажного основания и оставляет открытой остальную часть розеточного модуля. Дизайн и элементы крепления панели разрабатываются с учетом национального и регионального использования. Так, например, известны панели итальянского, французского, немецкого, скandinавского и других стилей, отличающиеся друг от друга главным образом внешними габаритами и габаритами установочного окна для розеточных модулей (табл. 3.34). Панель оставляет открытой остальную часть розеточного модуля, которая защищается от механических воздействий и попадания пыли другими конструктивными элементами.

Таблица 3.34. Габаритные размеры установочных окон для розеточных модулей

Стандарт	Габаритные размеры, мм
6CE	50x25
6C	21,3x36,7
Mosaic 45	45x45
6A	24x17,5

Перечень основных требований, которым должен удовлетворять корпус, включает:

- эстетичный внешний вид;
- наличие места для нанесения маркировки;
- устойчивость к механическим воздействиям при неумышленном задевании частями тела, оборудованием или другими посторонними предметами (для обеспечения продолжительной службы все открытые элементы со свободным доступом должны обладать повышенной прочностью);
- желательно, чтобы разборка розеток без использования отвертки или другого аналогичного инструмента была невозможной или, по крайней мере, вызывала определенные сложности (защита от любопытных).

Для крепления корпуса внешней розетки применяют:

- шурупы с дюбелем или другие аналогичные элементы;
- двухстороннюю липкую ленту;
- магнитные фиксаторы. Компанией Molex по специальному заказу поставляются корпуса внешних информационных розеток с магнитными фиксаторами для крепления на стальных перегородках и столах. Аналогичное решение используется Lucent Technologies для корпусов емкостью не менее четырех модулей. В отличие от предыдущего варианта магнитный фиксатор выполнен съемным, причем для крепления корпусов на четыре модуля используется один фиксатор, тогда как для корпусов на шесть и двенадцать модулей – четыре.

Корпуса внутренней розетки устанавливаются на свое штатное место, как правило, с помощью защелок. Крепление на винтах встречается значительно реже и, главным образом, в экранированных конструкциях со значительно большей массой.

Для защиты контактного гнезда розеток от попадания в нее пыли и посторонних предметов при неподключенной вилке оконечного шнура достаточно часто применяют сдвижные или откидные подпружиненные крышки, причем последние могут откидываться как вверх, так и вниз. Сдвижная крышка является элементом корпуса розетки, тогда как откидная крышка нередко представляет собой деталь розеточной части модульного разъема.

и иногда выполняется в виде съемного адаптера. Для облегчения открывания крышки они часто снабжаются несколько выступающими за габарит корпуса ланкой в откидном варианте или выступом в сдвижном исполнении. Подавляющее большинство розеточных модулей имеет индивидуальные защитные крышки. На практике иногда встречаются защитные крышки, закрывающие одновременно пару розеток сдвоенного розеточного модуля (некоторые типы розеток кабельной системы ICCS фирмы Corning).

Еще один вариант реализации функции защиты гнезда розеточного модуля – применение так называемых скрытых розеток (hideout outlet). Эти розетки реализуются по внешней схеме и отличаются от аналогов тем, что содержат общую крышку с вырезами под кабели для шнурков. После подключения шнуров крышка устанавливается на свое штатное место и эффективно защищает как вилки разъемов от механических повреждений, так и незадействованные гнезда от загрязнений.

Конструкции розеточных модулей различаются по способу крепления к ним корпусов информационной розетки и по способу крепления горизонтального кабеля. Контактное гнездо модульной розетки обычно крепится с использованием пластмассовых защелок, изредка встречается также крепление на винтах через лицевую металлическую панель или просто фиксация лицевой декоративной пластмассовой накладкой за счет усилия прижатия. Во всех случаях, перечисленных выше, гнездо должно располагаться перпендикулярно корпусу (рис. 3.53а, б) или под углом вниз (рис. 3.53в, г), причем для обеспечения угловой установки гнезда применяют как корпуса с угловым выступом, так и с выемкой. Угол установки в подавляющем большинстве случаев составляет 45°, иногда встречаются другие значения этого параметра (15°, 75° и т.д.). Система с выемкой (рис. 3.53г) имеет меньшие внешние габариты, вариант с выступом (рис. 3.53в) естественным образом обеспечивает большее удобство чтения маркировки. Основные технические преимущества угловой установки заключаются в следующем:

- обеспечивается больший радиус изгиба оконечного шнура в месте подключения к розетке (шнур будет провисать практически вертикально). Это снижает вероятность его повреждения пользователем и улучшает электрические характеристики. Аналогичное положение справедливо и в отношении горизонтального кабеля в случае разводки его по коробам;
- при случайных рывках за соединительный шнур за счет меньшего плеча рычага розеточный модуль подвергается меньшим механическим нагрузкам;
- достигается более эффективная защита гнезда розеточного модуля от попадания в него пыли и посторонних предметов при неподключенном шнуре.

В тех случаях, когда требуется получение информационных розеток с угловой установкой с выступом, на практике используются два подхода. Первый из них основан на применении специализированного модуля для угловой установки (рис. 3.30а), который монтируется в плоскую декоративную лицевую панель. Во втором случае применяется модуль для плоской установки, а выступ формируется на панели.

Дополнительно отметим, что информационная розетка или функционально аналогичный ей элемент с угловой установкой розеточных модулей являются единственно возможными для применения в некоторых типах подиумных коробок.

Основная масса внутренних информационных розеток имеет один или два розеточных модуля, исполнения с тремя модулями встречаются по состоянию на середину 2001 года достаточно редко. При этом данные модули могут располагаться как в виде треугольника (розетки серии 4671 норвежской компании Telesafe), так и в один ряд (изделия серии MINI-COM компании Panduit) в вариантах с прямой и угловой с выступом установкой.

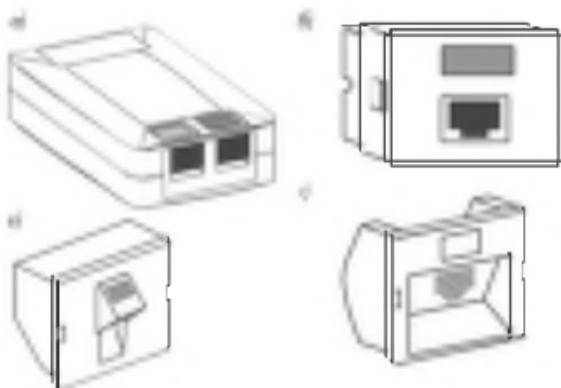


Рис. 3.53

Различные виды

информационных розеток:

- а) внешняя с прямой установкой;
- б) внутренняя с прямой установкой;
- в) внутренняя с угловой установкой и выступом;
- г) внутренняя с угловой установкой и выемкой

Решения, позволяющие выполнить адаптацию к конкретным условиям установки, распространены сравнительно мало и представлены двумя вариантами. В первом из них, продвигаемом на рынке рядом немецких фирм, верхняя часть розетки для монтажа в короб выполнена подвижной в вертикальном направлении в пределах 5,4 мм. Второе решение предлагает компания Lucent Technologies, некоторые розетки модульных разъемов которой имеют двойную защелку и, в зависимости от конкретной ситуации, могут быть установлены в лицевую пластины прямо или под углом 45°.

Известны конструкции информационных розеток, в которых предусматриваются элементы защиты сетевого оборудования от высокого напряжения и импульсных помех. Для реализации этой функции применяют газовые разрядники и различные диодные цепочки, а также соединение отдельных проводников с землей через RC-цепочки. Некоторые виды сетевого оборудования для нормального функционирования требуют применения нагрузочных резисторов, заземляющих отдельные проводники на землю или соединяющие их между собой. Установка таких резисторов как штатных элементов информационной розетки предусмотрена, к примеру, в некоторых типах модульных вставок системы NETConnect компании AMP.

Горизонтальный кабель может разводиться на розеточном модуле на линейке разъема типа 110 или на отдельных IDC-контактах различной модификации. В последнем случае контакты часто закрываются пластмассовой крышкой, которая в некоторых конструкциях играет роль установочного элемента для проводов. Для увеличения эксплуатационной надежности часто применяется дополнительная фиксация установленного в модуль кабеля пластиковой стяжкой, которая входит в комплект поставки и иногда уже продета в соответствующие отверстия.

Ввод кабеля в корпус внешней информационной розетки может производиться сзади, сбоку или снизу, для чего предусматриваются соответствующие отверстия. Для улучшения эстетических показателей просвет отверстия обычно закрывает тонкая пластмассовая перегородка, которая выlamывается при протяжке кабеля.

Розеточные модули для экранированных кабелей отличаются от незащищенного варианта в основном наличием экранирующего кожуха и проводящей вставки в гнезда розетки для обеспечения электрической непрерывности экрана. Кабельный экран в ранних конструкциях достаточно часто крепился к специальному лепестку кожуха обычной

накруткой. Поскольку такой вариант не обеспечивал полного кругового контакта экранов розетки и кабеля, то с конца 90-х годов элементы крепления выполняются в основном по схеме хомута или зажима, которые охватывают кабель и обеспечивают полный круговой контакт. Известны также зажимы разрезного типа, одна из частей которого фиксирует оболочку кабеля, а вторая накладывается на защищенный участок экрана и наряду с дополнительной фиксацией обеспечивает также гальваническую связь [80]. Конструкция кожуха зависит от вида кабеля, который заводится на розетку. При использовании кабелей S/UTP часто устанавливается общий экранирующий кожух для всех розеточных модулей. В розетках, рассчитанных в основном на кабели S/STP, экранирующим кожухом обязательно снабжается каждый модуль. Мероприятия по обеспечению надежного электрического контакта с металлизацией корпуса вилки при установленном коммутационном шнуре подробно рассмотрены в разделе 3.2.2.

По своим электрическим характеристикам розеточные модули информационные розетки делятся на категории 3, 4, 5, 5e, 6 и 7. Перечень нормируемых параметров совпадает со списком характеристик электрических разъемов, регламентируемых стандартами. Изготовители некоторых типов розеток с двумя розеточными модулями дополнительно указывают в их технических данных значения переходного затухания между отдельными парами соседних модулей.

Для маркировки розеток используют:

- цветные вставки с иконкой (изображения телефонной трубки и монитора) или надписями DATA, PHONE, LAN, VOICE и т.д. Такие вставки могут устанавливаться в гнезда на корпусе розетки или розеточного модуля, а также на защитной крышке модуля;
- защитные адаптеры и съемные откидные крышки различного цвета;
- розеточные модули с различной окраской лицевой поверхности (типовые цвета: белый, серый, черный, синий, красный и желтый);
- окошки на корпусе для нанесения маркирующих знаков и условных изображений как с помощью клеевых этикеток, так и сменных надписей;
- в корпусах с большим количеством портов (6 и 12) розетки нумеруются цифрами, сформированными в процессе изготовления;
- специальные маркеры с линкой подложкой и соответствующими надписями или изображениями, наклеиваемые на корпус розетки.

Некоторые компании предлагают для своих информационных розеток вставки, которые после установки формируют гнездо 6-контактного модульного разъема. Данная вставка, наряду с обеспечением большего удобства подключения телефонного шнура, может считаться также средством маркировки розеток.

Обычно фирмы-производители предлагают несколько возможных цветов корпуса информационной розетки, хотя наибольшее распространение получили корпуса белого цвета различных оттенков.

### **3.3.3.2. Розетки для телефонных аппаратов**

Специализированные розетки для подключения к ним телефонных аппаратов применяются на практике сравнительно редко и преимущественно в тех местах, где наличие другого сетевого оборудования представляется маловероятным (типичным примером являются посты охраны). Из-за национальных особенностей этого типа коммутационных изделий и их несовместимости со стандартными модульными разъемами (рис. 3.54) основная масса производителей СКС не включает данное оборудование в состав своих систем и не

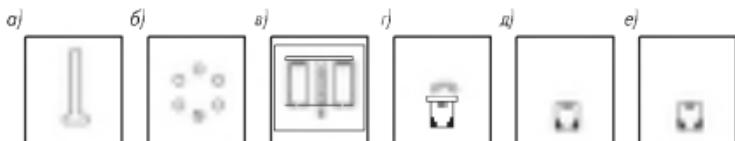


Рис. 3.54. Форма розеток для подключения телефонных аппаратов различных национальных стандартов [81]. а) французская; б) бельгийская; в) немецкая; г) португальская; д) испанская; е) международная

сертифицирует решения на их основе. Для подключения телефонных аппаратов рекомендуется применение телефонных адаптеров (см. раздел 3.4.2).

Применение специализированных решений возможно только в том случае, если они сохраняют в своем составе розетку модульного разъема. Так, в частности, известны специализированные розетки для установки настенных телефонных аппаратов, которые выполняются с прямой установкой одного розеточного модуля (плоская и keystone схема монтажа) и отличаются наличием на лицевой панели двух круглых пластмассовых выступов со штырьками, на которые за штатные крепежные отверстия навешивается телефонный аппарат. Обычно такие розетки собираются на основе лицевой пластины-адаптера, куда вставляется обычный розеточный модуль. Наряду с 8-контактными универсальными модулями в этом случае могут использоваться также 6-контактные. Примером таких изделий могут служить стальные адAPTERЫ MX-WP-SS и MX-WP-(XX)-SS для модулей серии MAX компании Siemens.

### 3.3.4. Решения для открытых офисов

#### 3.3.4.1. Розетки для монтажа в подпольных коробках

Для подключения к СКС рабочих мест, расположенных в больших залах на значительном удалении от стен, широко применяются подпольные коробки (подробнее – см. раздел 5.2.4.1). Конструкция кориусов таких коробок в большинстве случаев рассчитана на установку в них обычных внутренних информационных розеток. В некоторых случаях фирма-производитель коробок выпускает только кориус, который адаптируется под конкретное применение в зависимости от местных условий с использованием своих технических средств. Применительно к информационным розеткам функции такого технического средства выполняют так называемые напольные модули (от нем. Bodentank). Последние представляют собой кориус-адаптер под коробку конкретного производителя, в которую в заводских условиях уже установлены внутренние розетки [82].

#### 3.3.4.2. Розетки MUTO и консолидационных точек

На практике функции розеток MUTO наиболее часто выполняют информационные розетки с 6- или 12-розеточными модулями. Конструкция кориусов таких розеток рассчитана на ввод в них наряду с обычными горизонтальными также 25-парных магистральных кабелей. Большинство изделий рассматриваемой групши рассчитаны на открытую установку в офисном помещении и имеют соответствующие эстетические характеристики и дизайн. Имеются также варианты для монтажа под фальшполом с упрощенным дизайном и соответственно меньшей стоимостью.

Известны также специализированные изделия для использования в качестве розеток MUTO. Так, например, компанией AMP выпускаются 6-портовые розетки Modular Distribution Box. Их отличительной особенностью является наличие вариантов на схему разводки 568A и 568B, применение для подключения горизонтального кабеля разъема Telco и наличие мест под пластиковые иконы для маркировки портов.

Некоторые коммутационные изделия данной разновидности имеют общее конструктивное оформление, а их конкретное назначение определяет тип выходного соединителя. Так, в частности, компанией Lucent Technologies выпускаются так называемые зоновые распределительные коробки (zone wiring boxes), рассчитанные на ввод в них шести 4-парных или одного 25-парного кабеля с разделкой на контактах 110. В качестве выходных разъемов в зависимости от варианта используются шесть розеток модульных разъемов (розетка MUTO) или типа 110 (консолидационная точка). Штатные элементы крепления этого изделия предусматривают его настенную установку. В корпусе типа AHB1 этой же компании подключение 25-парного кабеля осуществляется с помощью разъема типа Telco, выходными портами служат шесть розеток модульных разъемов.

Кроме чисто электрических на рынке начинают предлагаться также оптические (см. раздел 4.3.6) и комбинированные розетки консолидационных точек. В последнем случае применяется модульный принцип построения, позволяющий адаптировать конфигурацию изделия под конкретные потребности данного офиса или его части.

Подавляющее большинство консолидационных точек реализует на практике индивидуальную схему подключения, то есть каждая информационная розетка подключается к их розеточным модулям отдельно и одиночным кабелем. Компанией Molex предложено относящееся к этому классу шестипортовое грунтовое устройство RICI (Rapid Inter-Connect Interface) – см. рис. 3.55. Устройство содержит два симметричных корпуса, на одном из которых расположены розетки DataGate, а на другой вилки WE8W, обеспечивающие электрические характеристики категории 5e. Корпуса изготовлены из высокопрочной пластмассы Lexan и без проблем соединяются друг с другом с помощью захватов. Для устройства RICI предусмотрено универсальное монтажное основание, с помощью которого эти консолидационные точки могут быть легко смонтированы как на стене, так и за фальшпотолком.

Легкость переключения штыревой части устройства в сочетании с обслуживанием сразу шести портов позволяют, по мнению разработчиков, сэкономить до 30% затрат сотрудников отдела автоматизации в процессе изменения конфигурации СКС в открытом офисе.



Рис. 3.55. Устройство RICI

### 3.4. Оконечные шнуры, адаптеры и удлинители

Рассматриваемые в этом разделе элементы применяются при подключении к СКС сетевого оборудования и формально не входят в сферу действия стандартов СКС. В силу этого действующие нормативные документы подробно их не специфицируют и дают только самые общие рекомендации по их построению и применению. Необходимость более детального ознакомления с конструктивными особенностями и функциональными возможностями этих элементов возникает по двум причинам:

- во-первых, оконечные шнуры, адаптеры и удлинители достаточно часто входят в список дополнительного оборудования, включаемого производителем СКС в свой каталог, а также поставляемого компанией системным интегратором, которая реализует СКС;
- во-вторых, удачный выбор этих элементов позволяет существенным образом расширить список приложений, которые могут использовать СКС в качестве среды передачи своих сигналов, то есть напрямую определяют технико-экономическую эффективность создаваемой кабельной системы.

### **3.4.1. Оконечные шнуры**

#### **3.4.1.1. Конструктивные особенности**

Оконечные шнуры предназначены для подключения к СКС различных видов сетевого оборудования на рабочих местах и в кроссовых. Это устройство детально не специфицируется действующими редакциями стандартов СКС, которые фактически задают только тип их разъема и определяют некоторые общие ограничения по длине. В большинстве случаев оконечный и коммутационный шнуры с вилками модульных разъемов имеют одинаковую конструкцию и при соединении длин являются взаимозаменяемыми. Для изготовления этого элемента используется отрезок кабеля для шнурков, по концам которого устанавливаются 8-контактные вилки модульных разъемов. Такие шнуры согласно стандартам классифицируются по категориям от 3 до 5, на рынке доступны также шнуры категорий 6, 6 и 7. Шнуры могут быть неэкранированными и экранированными. Последние изготавливаются из экранированного кабеля для шнурков (STP, S/UTP или S/STP) и вилок для экранированных витых пар, описанных выше.

В некоторых ситуациях экранированные системы строятся по схеме с односторонним заземлением, согласно которой экран элементов, образующих горизонтальную подсистему, соединяется с контуром рабочего (телефонной/коммуникационного) контура заземления в кроссовой. Для реализации такой схемы предназначаются экранированные шнуры, у которых экран одной из вилок гальванически развязан от экрана кабеля. Сама развязка может быть выполнена по двум схемам. Согласно первой из них экран кабеля имеет разрыв в непосредственной близи от одной из вилок. Для обеспечения правильного подключения такого шнура предусматривается специальная маркировка этой вилки. Недостатком такого подхода является вероятность неправильного подключения в процессе эксплуатации, что приводит к резкому снижению эффективности экранирования. Для его устранения норвежской компанией Telesafe предложен шнур типа SAFEGROUND®, у которого разрыв экрана выполнен примерно в середине кабеля, причем обе части экрана соединены конденсатором емкостью 150 нФ и пробивной стойкостью не менее 230 В. Такое решение гарантирует электрическую непрерывность экрана по переменному току одновременно с обеспечением гальванической развязки.

Еще одно решение данной проблемы демонстрирует швейцарская фирма Drahtek, предлагающая шнуры серии GLP. В них кабель имеет двойную экранировку, причем каждый экран связан только с одной вилкой разъема и гальванически развязан от другого.

Оконечные шнуры могут быть изготовлены в производственных условиях на специальном автоматическом или полуавтоматическом технологическом оборудовании, а также непосредственно на объекте в процессе монтажа СКС. Для изготовления шнура в полевых

условиях используется два подхода. В большинстве случаев применяется ручной обжимной инструмент. Подход второго типа реализуется, например, компанией Lucent Technologies, которой предложена вилка типа 700A8. Этот элемент по конструкции похож на обычную бытовую электрическую вилку. Ее корпус состоит из двух половин и фиксируется в собранном состоянии винтом-саморезом. Внутри одной из половин корпуса в один ряд установлено восемь IDC-контактов. Вторая половина наряду с функциями защитной крышки выполняет также роль установочного рабочего элемента. Простота конструкции и сборки дается ценой довольно значительного ухудшения электрических характеристик: согласно ТУ максимальная скорость передаваемого сигнала по этой вилке не должна превышать 10 Мбит/с.

Многие производители СКС запрещают применение в сертифицируемых системах шнуров, изготовленных не в заводских условиях. Это объясняется как меньшей надежностью последних, так и трудностями обеспечения в них параметров категории 5 и выше (особенно по величине NEXT). Производители предлагают простейшие оконечные шнуры различной длины. Обычно используется ряд дискретных значений с некоторым шагом, который зависит от производителя. Американские компании больше тяготеют к целочисленным футовым значениям этого параметра, в случае значительных объемов поставок на европейский рынок или при нахождении производства в Европе чаще используется дециметровый дискрет.

Как было отмечено выше, оконечные шнуры с вилками модульных разъемов конструктивно не отличаются от коммутационных шнуров и часто вводятся в спецификации СКС как элемент подключения рабочих станций и другого аналогичного сетевого компьютерного оборудования. Шнуры с четырехпозиционными вилками для подключения телефонных аппаратов обычно входят в комплект их поставки и поэтому в спецификации не отражаются.

В кроссовых и аппаратных оконечных шнурах соединяются порты сетевого оборудования и коммутационной панели, причем в большинстве конструкций соединение на панели выполняется на лицевой стороне (рис. 3.56а). На рис. 3.56б представлено решение, которое может быть выполнено на некоторых панелях серии SMART компании RiT Technologies. Аналогичная конструктивная схема использована также в некоторых панелях серии ALPHA фирмы Elgadphon. Ее основным преимуществом считается «разгрузка» передней части



Рис. 3.56. Варианты подключения сетевого оборудования к СКС: а) с помощью оконечного шнура; б) с помощью монтажного шнура к панели с модульными разъемами; в) с помощью оконечного шнура и панели SMART компании RiT Technologies

коммутационного поля от кабелей соединительных шнурков и улучшение, за счет этого, эстетических характеристик панели и удобства чтения маркировки. Эти же преимущества достигаются в случае использования так называемых монтажных шнурков (рис. 3.56б).

Аналогично коммутационным шнуркам для «регулировки» длины коммутационных шнурков в кроссовых и аппаратных может быть использовано устройство Perfect Patch (см. раздел 3.3.1).

### 3.4.1.2. Разновидности 4-парных оконечных шнуров

Оконечные шнуры подразделяются на *прямые, обращенные и специальные*. В прямом оконечном шнуре подключение проводников кабеля к контактам вилок выполняется таким образом, чтобы проводники соединяли контакты вилки с одинаковыми номерами (рис. 3.57а). Для подключения к СКС некоторых видов сетевого оборудования могут потребоваться обращенные шнуры. В них подключение проводников во второй вилке производится в порядке, обратном порядку в первой вилке, то есть провод с контакта 1 первой вилки соединяется с контактом 3 второй вилки, провод с контакта 2 первой вилки соединяется с контактом 6 второй вилки и т.д. (рис. 3.57б). Необходимость применения обращенных оконечных шнурков возникает достаточно редко, главным образом, при непосредственном соединении двух рабочих станций и других устройств одноранговой локальной сети, построенной без использования концентратора.

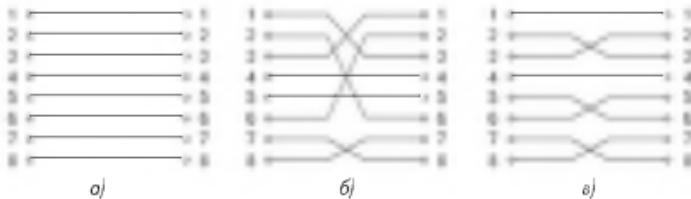


Рис. 3.57. Схема соединения контактов вилок модульных разъемов различных видов шнуров:  
а) прямой шнур; б) обращенный шнур; в) нуль-модемный шнур

Наиболее часто потребность в применения специальных шнуров возникает в случае использования для формирования горизонтальной разводки кабелей S-STP с верхней рабочей частотой 600 МГц и выше. Известно, что для получения требуемых характеристик NEXT в линиях связи на таких кабелях используются крайние пары контактов вилки модульного разъема, а провода остальных пар для увеличения помехозащищенности соединяются с землей, то есть их нельзя использовать для передачи данных. Для подключения к таким линиям аппаратуры Ethernet, Fast Ethernet и Token Ring могут быть использованы рассмотренные далее адаптеры. Несколько более удобное в эксплуатации решение позволяет получить специальные шнуры, которые за счет внутреннего перекрещивания отдельных проводников обеспечивают подключение к парам 1 и 4 розетки рабочие пары интерфейсов сетевого оборудования (табл. 3.26). В качестве примера на рис. 3.57в изображена разводка так называемого нуль-модемного шнурка, применяемого при непосредственной связи двух компьютеров через последовательный порт. Для более четкой идентификации типов таких шнуров наряду с маркирующими надписями применяется окраска оболочек их кабелей в различные цвета.

В волоконно-оптических подсистемах СКС широко используются так называемые комбинированные или гибридные шнуры, которые на разных концах снабжены вилками оптических разъемов различных типов. Их применение позволяет легко согласовать тип порта сетевого оборудования и розетки на коммутационном устройстве. Из-за существенно меньшего разнообразия типов электрических разъемов по сравнению с оптическими комбинированные шнуры в электрических подсистемах СКС распространены существенно меньше. Так, в кроссовых и ашаратных используются упомянутые в разделе 3.3.1 шнуры с вилками разъема 110 и модульного разъема, которые на практике иногда применяются в качестве оконечных.

В группу специальных шнуров также входят так называемые модульные соединительные шнуры, выпускаемые, например, немецкой компанией *Telepartner*. Эти изделия позволяют реализовать принцип cable sharing. Шнуры отличаются от обычных соответствующим скреплением пар и, в различных вариантах, рассчитаны на одновременную передачу сигналов 10Base-T (оболочка желтого цвета) и 100Base-T (оболочка зеленого цвета).

Кроме сетевого оборудования к СКС приходится подключать различные контрольные и измерительные приборы. Достаточно часто применяемые для выполнения этой операции шнуры также относятся к подклассу специальных. Первый конец снабжается вилкой модульного разъема или разъема типа 110, на втором конце такого шнура могут находиться обычные клеммы «под винт» или зажимы типа «крокодил».

Шнуры для подключения телефонных аппаратов к СКС иногда могут быть заказаны отдельной строкой. Для придания большого удобства пользователю они часто выполняются в виде упругой спирали с диаметром витков около 1,5 см. Такой шнур не позволяет получить электрические характеристики, необходимые для высокоскоростных систем передачи данных, однако очень удобен в эксплуатации, так как без растягивающей нагрузки его витки сжимаются и шнур занимает мало места на рабочем столе.

### **3.4.1.3. Монтажные шнуры и оконцованные кабели**

Электрические монтажные шнуры в основной своей массе в отличие от оптических являются коммутационными изделиями специального вида. Этот элемент представляет собой отрезок кабеля для шнуров с вилкой модульного разъема, которая установлена только на одном из его концов. Витые пары второго неоконцованных конца разводятся на контактах разъема типа 110 или модульного разъема коммутационной панели. Использование монтажных шнуров обычно предполагает прокладку их кабеля на большей части длины с обратной стороны панели, что улучшает как эстетические характеристики коммутационного поля, так и удобство чтения маркировки портов (рис. 3.56б). Таким образом, монтажные шнуры являются обязательным элементом при построении коммутационного поля по схеме cross-connect. Еще одной областью применения монтажных шнуров, популярность которой быстро растет в последнее время, является соединение коммутационных панелей консолидационных точек открытого офиса с информационными розетками.

Известные образцы монтажных шнуров выпускаются в основном в неэкранированном варианте, электрические характеристики позволяют использовать их в составе линий категории 5. Монтажные шнуры на основе экранированного кабеля распространены существенно меньше (в качестве примера укажем изделия серии 9KE020XX немецкой компании *Kerpen*), однако за счет экранирования могут работать на частотах, существенно превышающих 100 МГц.

Монтажные шнуры имеют несколько меньшую стоимость по сравнению с коммутационными, однако их применение достаточно жестко задает конфигурацию оборудования,

монтажуемого в кроссовой. Замена одного монтажного шнура на другой с отличной от первого длиной требует доступа к задней поверхности панели с модульными разъемами, что не всегда удобно или даже возможно. Указанные обстоятельства приводят к тому, что монтажные шнуры выпускает достаточно ограничения групами фирм-производителей оборудования для СКС (например, Lucent Technologies и RiT Technologies), а само техническое решение, основанное на их применении, не получило повсеместного распространения. Кроме монтажных шнурков с вилкой модульного разъема компанией Lucent Technologies предлагается также монтажный шнур с вилкой разъема M1C системы Token Ring.

Еще одной областью применения монтажных шнурков является изготовление из них комбинированных соединительных шнурков требуемого вида. Подобная необходимость возникает, если основной определенной СКС служит разъем, отличный от модульного типа.

Применение монтажного шнура непосредственно для оконцевания горизонтальных кабелей в электрических подсистемах сопровождается появлением в тракте передачи сигнала дополнительного соединения, что не допускается действующими редакциями стандартов. Кроме того, установка разъема на электрический кабель является технически существенно более простой процедурой по сравнению с оптическими кабелями. Поэтому монтажные шнуры в своем классическом варианте используются на практике очень редко и в основном для решения специфических задач. Так, например, фирма Telesafe до 2000 года выпускала так называемый WTP pig-tail. Данный продукт представляет собой короткий разветвительный шнур, устанавливаемый внутри настенной розетки и соединяющий горизонтальный кабель с отдельными розеточными модулями выходного интерфейса при реализации принципа Cable Sharing. Он работает на частотах до 862 МГц и имеет встроенный балун для перехода на коаксиальный разъем. Подключение к горизонтальному кабелю S/STP выполняется через разъем типа CMG.

В системах оптической связи достаточно широкое распространение получили так называемые претерминированные сборки (см. раздел 4.4.2), которые представляют собой отрезок кабеля большей или меньшей длины с установленными на его концах вилками разъемов. Функциональными аналогами такой сборки для построения электрических подсистем СКС является так называемые оконцованные кабели (connectorized cables). Это изделие чаще всего представляет собой 25-парный кабель категории 5, на концах которого установлены разъемы Telco. В качестве примера подобного кабеля укажем изделия серии CC525PP компании Lucent Technologies. Оконцованные 4-парные кабели встречаются значительно реже и только в тех случаях, когда основой для конкретной реализации СКС является коммутационная панель модульного типа. В данной ситуации производитель СКС предлагает пользователям определенный набор строительных длин кабелей вилоть до 90-метрового. Примером подхода подобного типа может служить кабельная система ICCS компании Corning.

### **3.4.1.4. Комбинированные и многопарные оконечные шнуры**

В процессе эксплуатации СКС достаточно широко применяются комбинированные и многопарные оконечные шнуры. В комбинированном шнуре в зависимости от приложения на втором конце шнур может быть установлен, например, 15-контактный разъем DB-15, 25-контактный DB-25 или несколько разъемов штырькового типа. Схемы разводки проводников на втором конце оконечного шнура также зависят от конкретного приложения.

Наиболее часто встречающийся на практике многопарный шнур имеет стандартную длину до 3,05 м (10 футов) и разъемы TELCO (RJ-45). Коммутационная часть этого соединителя реализована на основе двух полос по 25 контактов на каждой. Вилка и розетка

разъема имеют практически одинаковые конструкции и массогабаритные показатели и могут быть без особых затруднений смонтированы на многошарнирном кабеле. Ранее эти разъемы имели категорию не выше третьей. В последнее время ряд производителей, например Lucent Technologies и AMP, наладили выпуск разъемов TELCO, отвечающих по своим параметрам категории 5. Разъем TELCO устанавливается на одном или обоих концах кабеля. Кабель с одним разъемом вторым своим концом разводится на IDC контактах коммутационного оборудования в кроссовых. Оконечный шнур с вилкой или розеткой разъема TELCO на обоих концах часто используется для подключения УАТС к СКС.

Интересной особенностью шнуров рассматриваемого вида являются то, что на сегодняшний день они являются единственным электрическим коммутационным изделием массового применения, контактные элементы разъема которого во внерабочем состоянии должны обязательно закрываться защитными колпачками (обычно синий для розетки и красный для вилки).

Разветвительный шнур, или шнур типа «гидра» (hydra), – см. рис. 3.58 – применяется при необходимости подключения многошарнирного оборудования к модульным панелям. Он представляет собой 50-контактную вилку или розетку разъема TELCO, на которую заведено шесть 4-парных кабелей с вилками модульных разъемов на другом конце. Известны также шнуры рассматриваемого вида с 8, 12 и даже с 24 6-контактными вилками модульных разъемов, что позволяет выполнять требуемые подключения каждой отдельно взятой пары многошарнирного кабеля. Выпускаемые промышленностью образцы изделий этого типа обеспечивают электрические характеристики категории 3. Они могут изготавливаться из кабелей UTP и S/UTP. Основная масса разветвительных шнуров выпускается на базе незакрепленного кабеля. В кабельную систему Mod-Tap входят разветвительные шнуры 23A-212-816 и 23A-208-811, предназначенные для подключения к экранированному 25-парному кабелю.



Рис. 3.58. Шнур типа «гидра»

### 3.4.2. Адаптеры

Адаптеры, как и оконечные шнуры, не являются составной частью СКС и используются для подключения сетевого оборудования. Согласно стандарту TIA/EIA-568-А в эту группу объединяются те элементы, которые выполняют, по меньшей мере, одну из перечисленных ниже функций:

- подключают друг к другу разъемы несовместимых размеров или типов (переходник);
- изменяют схему разводки проводников;
- распределяют один многошарнирный кабель на несколько кабелей с меньшим числом пар (разветвитель);
- соединяют кабели друг с другом.

Сразу же отметим, что подавляющее большинство рассматриваемых далее приборов имеет пожизненную гарантию производителя. Это обеспечивается, наряду с тщательным контролем качества изготовления, также золочением контактов.

### 3.4.2.1. Переходники

**T-переходники** предназначены для изменения схемы подключения модульного разъема, например с T568A на USOC. Этот элемент обычно состоит из короткого отрезка кабеля с установленной на нем 8-контактной вилкой модульного разъема и корпуса с одной модульной розеткой. Известны также «жесткие» варианты в виде вставки типа «вилка-розетка». Внутри корпуса выполнены требуемые взаимные подключения контактов вилки и розетки. Т-переходники обеспечивают прямую способность системы не выше 10 Мбит/с. В качестве примера устройств этого типа отметим изделия серии 950 компании Hubbell.

**Переходники с модульными разъемами на интерфейс RS-232 и RS/6000** (иногда называемые модульными адаптерами) используются в случае необходимости подключения к информационным розеткам СКС устройств, имеющих разъемы DB09, DB15 или DB25 интерфейса RS-232 (V.24). Они представляют собой корпус, на котором смонтированы вилка или розетка одного из перечисленных выше разъемов серии DB и информационная модульная розетка. Выпускаются как экранированный, так и незадиорированный варианты этого устройства.

Достаточно часто переходник рассматриваемого вида может быть сконфигурирован пользователем самостоятельно под свои конкретные потребности непосредственно на объекте монтажа. Для выполнения этой операции штыревые контакты для разъемов DB соединя-

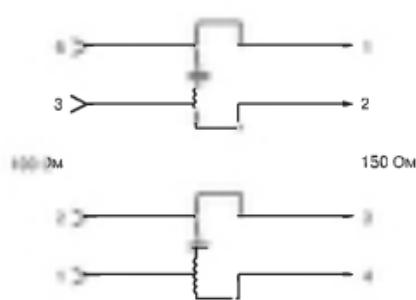


Рис. 3.59. Принципиальная схема одной из возможных реализаций согласующего адаптера

ются в экранированном и незадиорированном со стороны гнезда модульного разъема вариантах (со стороны гнезда разъема MIC экран присутствует по определению).

Их применение позволяет выполнить переход от стандартного интерфейса сетевой аппаратуры Ethernet, Fast Ethernet, CDDI и ATM, выполненного на розетке модульного разъема, на интерфейс системы Token Ring и передавать их сигналы по 150-омным кабелям STP, применяемым в кабельной системе IBM. В связи с малой популярностью СКС на 150-омных кабелях такие переходники в нашей стране практически не встречаются в инженерной практике, хотя без каких-либо проблем могут быть заказаны по каталогу как штатный аксессуар стандартной поставки (например, адаптеры 558420-1 и 558421-1 компании AMP).

ны с контактами розетки модульного разъема короткими проводниками, позволяющими переносить эти контакты из одного гнезда разъема DB в другое. Для нумерации контактов используется цветовая кодировка оболочек соединительных проводников. Процесс установки и переключения несколько облегчается в случае применения специального инструмента в виде толкателя.

**Переходники с модульными разъемами на интерфейс Token Ring** или согласующие (matching) адаптеры<sup>1</sup> конструктивно выполнены в виде корпуса, с одной стороны которого установлен разъем MIC системы Token Ring, а с другой — розетка модульного разъема с активными контактами 1, 2, 3 и 6. Содержат внутренний трансформатор для согласования сопротивлений (рис. 3.59). Выпуска-

<sup>1</sup> Такие же технологии выполнены адаптерами.

### 3.4.2.2. Разветвители

Y-адаптеры, двойники, сплиттеры (splitters) или duplex couplers применяются для разветвления пар кабеля, подключенных к контактам одной вилки модульного разъема, на две (реже три или четыре) информационных розетки. Основная масса Y-адаптеров содержит 8-контактную вилку модульного разъема и корпюс с двумя модульными розетками. Вилка может быть жестко зафиксирована на корпюсе (адаптеры 400B2 и 400K фирмы Lucent Technologies) или соединяться с ним коротким отрезком кабеля (модульный адаптер фирмы Siemon) – см. рис. 3.49. Для увеличения прочности крепления некоторые модели Y-адаптеров фирмы Quanté имеют дополнительный фиксирующий винт, головка которого снабжена накаткой и выведена на переднюю поверхность между розетками. Естественно, такой адаптер может применяться только в сочетании со специальными розетками.

Выходные гнезда модульных разъемов могут размещаться как друг рядом с другом, так и друг над другом. Основным преимуществом последнего варианта является то, что в случае двойной розетки корпюс адаптера не перекрывает второе гнездо модульного разъема в наиболее популярных конфигурациях с горизонтальной их ориентацией. В так называемом easy flex адаптере компании Reichle & De-Massari вилка модульного разъема установлена на ширине и допускает поворот в пределах 60°. Это позволяет легко подключать адаптер к розеткам с угловой установкой разъема.

Корпюс Y-адаптера после его установки в розетку обычно удерживается в рабочем положении только рычажным фиксатором его вилки. В некоторых ситуациях применяется дополнительная фиксация винтами. Необходимым условием выполнения данной операции является соответствующая конструкция розетки. Примером продукта, в котором предусмотрена такая возможность, являются адаптеры серии 75XX французской фирмы INFRA+. При этом винт завинчивается обычной шлицевой отверткой. Более удобное решение предлагает французская компания Quanté, некоторые модели Y-адаптеров которой имеют дополнительный фиксирующий винт. Головка этого винта снабжена накаткой и выведена на переднюю поверхность между розетками. Естественно, что такой адаптер может применяться только в сочетании со специальными розетками.

Как было отмечено выше, имеются также единичные образцы изделий этого класса с большим количеством розеток модульных разъемов. Например, так называемый female duplex coupler компании ICC имеет три розетки. Отличие между двумя вариантами адаптеров состоит в том, что первый из них включается в розетку и используется для работы с горизонтальным кабелем, тогда как второй предназначен для ветвления соединительных шнурков. В качестве Y-адаптера с четырьмя розетками отметим так называемый однопарный модульный адаптер (adapter for one pair modularity), обеспечивающий подключение четырех шестипозиционных модульных вилок к гнезду высокочастотного разъема фирмы AMP (подробнее см. раздел 3.2.6). Фактически данное изделие выполняет функции разветвителя (см. далее раздел 3.4.3) и отличается от него наличием интегрированного шнура с вилкой.

Внутри корпюса адаптера выполнены требуемые взаимные подключения контактов вилки и розеток. На практике Y-адаптер наиболее часто используется для разветвления 4-парного горизонтального кабеля на две группы по 2 пары. Это обеспечивает возможность подключения к одному горизонтальному кабелю двух телефонных аппаратов или одного телефонного аппарата и компьютера с установленным в нем сетевым адаптером Ethernet.

Y-адаптеры поддерживают скорость передачи информации не выше 10 Мбит/с, поэтому основная масса данных приборов выпускается в неэкранированном варианте. Экранированные изделия этого вида встречаются на практике достаточно редко [83].

В некоторых случаях функции Y-адаптеров могут выполнять оконечные розетки. Так, например, в dualport modular jack серии BRWP компании Hubbell предусматривается два шестипозиционных модульных гнезда на передней панели, тогда как в задней части расположено 8 IDC-контактов для разделки на них проводов горизонтального кабеля. Подобный вариант нарушает принцип универсальности разводки и не может быть рекомендован для широкого применения. Более удачным представляется применение модульных вставок системы NetConnect компании AMP, так как они выполнены сменными и, в случае необходимости, легко можно восстановить требуемую стандартами разводку.

*Гармонику* (*harmonic*) или *multi-line-адаптер* можно рассматривать как обобщение Y-адаптера на случай многошарнирного кабеля. Свое название элемент получил из-за внешнего сходства с губной гармоникой. Его назначение состоит в разветвлении 25-парного кабеля на несколько групп проводников емкостью по 2, 3 или 4 пары.

Известны два основных варианта конструктивного исполнения гармоник. В первом, более распространенном из них, выходы 8-контактных модульных разъемов выведены на вилку или розетку 25-парного разъема TELCO, во втором варианте использовано шесть 4-парных линеек типа 110. Количество выходных модульных розеток зависит от принятой

схемы ветвления. В случае разводки по двум направлениям число модульных розеток достигает 12. Для увеличения удобства эксплуатационного обслуживания иногда на выбор одним производителем предлагаются варианты гармоник с параллельной и перпендикулярной плоскости монтажа модульных разъемов установкой разъема TELCO. В качестве примера такого решения укажем адаптеры серии 258 компании Lucent Technologies.



Рис. 3.60. Гармоника

Гармоники могут быть выполнены в виде отдельного устройства (рис. 3.60) как модуль для установки в различные коробки, корпуса и другие аналогичные элементы, а также монтироваться в панели для установки в 19-дюймовый конструктив (так называемые *harmonic patch panel*).

Как правило, гармоники обеспечивают пропускную способность не более 10 Мбит/с.

### 3.4.2.3. Балуны

*Балун* (от англ. BALance-UNbalance – буквально «балансный-небалансный», точнее «симметричный-несимметричный») представляет собой устройство, предназначенное для обеспечения соединения витой пары и коаксиального или твинаксиального кабеля. Кроме собственно физического подключения, он осуществляет также переход от несимметричной схемы передачи к симметричной и согласование волновых сопротивлений различных сред передачи сигналов.

Существуют две основные разновидности балунов: коаксиальный и твинаксиальный. Коаксиальные балуны наиболее часто применяются при использовании кабельной разводки СКС для передачи телевизионных сигналов и в этом случае обеспечивают высокий уровень передаточных характеристик в весьма широком частотном диапазоне. Например, балун норвежской компании Telesafe в рабочем диапазоне частот от 47 до 862 МГц имеет потери не более 2 дБ при уровне обратного отражения не хуже –10 дБ. Наиболее массовой

областью использования твинаксиальных балунов является соединение через СКС терминального оборудования с большим компьютером, электрический интерфейс которого достаточно часто реализован на твинаксиальном разъеме.

Коаксиальные и твинаксиальные балуны часто имеют одинаковое конструктивное исполнение корпуса. Для их быстрой визуальной идентификации обычно используют цветовую кодировку корпуса. Так, например, балуны для подключения терминалов типа 3270 имеют корпус красного цвета (красный балун), тогда как корпус твинаксиальных компонентов для обслуживания системы AS/400 окрашивается в зеленый цвет (зеленый балун).

Балуны для твинаксиальных кабелей типа 365 компании Lucent Technologies состоят из двух элементов. 365 Balun Adapter предназначен для собственно перехода от твинаксиального кабеля к симметричному, тогда как устройство 365A Terminating Adapter обеспечивает минимизацию коэффициента обратного отражения при отключенной рабочей станции.

Конструктивно прибор рассматриваемой группы может быть оформлен в виде корпуса с интегрированными в него деталями модульного и коаксиального разъемов (так называемый миниатюрный балун). Во втором классическом варианте один или оба этих элемента монтируются на отрезках соответствующего кабеля большей или меньшей длины (например, в балуне типа 384A компании Lucent Technologies длина симметричного кабеля составляет 3,6 м).

Подавляющее большинство балунов выполнены в виде отдельного навесного устройства. Компанией AMP производится серия балунов для системы NetConnect, которые оформлены как модульная вставка для установки в универсальную розетку или панель. Основным преимуществом подобного варианта считается резкое уменьшение вероятности механического повреждения устройства в процессе текущей эксплуатации. Этой же компанией предлагается многошарнирный шнур 555540 типа hydra с 16 вилками или розетками BNC и встроенными в них согласующими трансформаторами.

Стандартный горизонтальный кабель содержит четыре витых пары с очень хорошими передаточными характеристиками. Этим фактом часто пользуются многие разработчики балунов, предназначенных для подключения к СКС различных телевизионных устройств. Так, например, известны балуны с двумя и тремя коаксиальными разъемами. В первом случае передается обычный телевизионный сигнал и сигнал звукового сопровождения, во втором – сигналы основных цветов.

Балуны, обеспечивающие передачу телевизионного сигнала в базовой полосе, иногда называются видеоадаптерами (baseband video adapter), тогда как приборы, предназначенные для работы с многопрограммным телевизионным сигналом, – широкополосными видеоадаптерами (broadband video adapter).

Выход балуна на витую пару может быть оформлен как в виде розетки на корпусе, так и в виде вилки. Во втором варианте из соображений обеспечения удобства эксплуатационного обслуживания в подавляющем большинстве случаев вилка устанавливается на отрезке обычного горизонтального кабеля большей или меньшей длины.

Компания Hubbell выпускает 16- и 32-портовые панели с установленными на них балунами. В зависимости от варианта на лицевую панель может быть выведена как розетка 8-контактного модульного разъема, так и розетка коаксиального разъема типа BNC.

Элементы модульного разъема балуна имеют экранированное или неэкранированное исполнение. В экранированном варианте экран электрически соединяется с внешним проводником разъема BNC. Выходные проводники согласующего трансформатора в розетке модульного разъема могут подключаться к различным контактам, наиболее часто к парам 1–2 и 4–5.



Рис. 3.61

Балун: а) внешний вид;  
б) принципиальная схема

Внешний вид и принципиальная схема одной из возможных реализаций балуна изображены на рис. 3.61.

### 3.4.2.4. Другие виды адаптеров

**Модульный адаптер** обеспечивает «дружественный» для пользователя интерфейс при необходимости подключения к панели типа 66 и 110. Конструктивно он представляет собой корпус, на одной из сторон которого предусмотрено гнездо модульного разъема, а на второй – элементы для непосредственного подключения к контактам этой панели. В случае подключения к панели типа 110 он может рассматриваться как альтернатива комбинированному шнуру. Иногда одной фирмой предлагаются два варианта адаптера – на три или четыре пары со стороны разъема типа 110 (изделия 1110A1-3 и 1110A1-4 компании Lucent Technologies). Основной областью применения является подключение различного измерительного оборудования к базовым линиям. Подавляющее большинство адаптеров рассматриваемого вида рассчитано на подключение к четырем парам максимум. Компанией Siemens предлагается устройство типа TAP-50, предназначение для одновременного подключения к 25 парам блока типа 66. На второй стороне может устанавливаться вилка или розетка разъема TELCO.

**Измерительный адаптер** очень схож с модульным адаптером по внешнему виду, конструктивному исполнению и функциональным возможностям. Он отличается от своего аналога тем, что устанавливается не на контакты типа 110 или 66, а на размыкающие перемычки специальных видов панелей и может снабжаться согласующими нагрузочными резисторами. В случае размыкания контролируемого тракта варианты этого адаптера различаются направлением тестирования (исполнения А и В), возможно также параллельное подключение измерительного оборудования к линии (рис. 3.62в). В последнем случае такой адаптер называется мониторным. Наиболее предпочтительной областью использования оборудования рассматриваемых типов являются консолидационные точки [31].

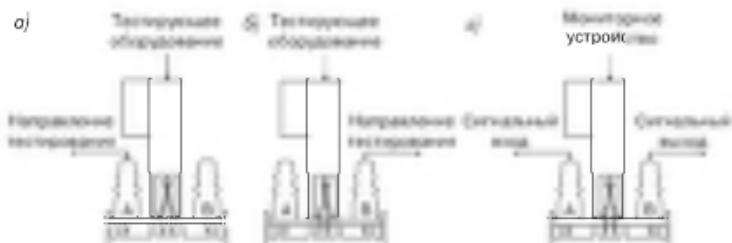


Рис. 3.62. Варианты исполнения измерительных адаптеров: а) с размыканием, вариант А;  
б) с размыканием, вариант В; в) измерительный адаптер мониторного типа

*I-адаптер.* Этот элемент также широко известен под названием проходного (in-line) адаптера и используется для увеличения длины коммутационных и оконечных шнуров с вилками модульных разъемов. Его применение неизбежно вызывает заметный рост переходных помех и отраженного сигнала (уменьшение параметров NEXT и SRL) и поэтому возможно только в СКС, где имеются достаточно большие запасы по этим параметрам.

Корпус адаптера изготавливается из пластика. Для облегчения обслуживания линий достаточно широкое распространение получила цветовая кодировка корпуса. Не исключено применение внешнего металлического кожуха, обеспечивающего непрерывность экрана экранированных шнуров.

Гнезда модульных разъемов могут располагаться как на противоположных торцевых поверхностях корпуса (прямой адаптер), так и на смежных боковых (угловой адаптер). Последний вариант облегчает прохождение поворотов.

Краткий перечень адаптеров рассматриваемого вида приводится в табл. 3.35.

Таблица 3.35. I-адаптеры

Фирма-изготовитель	Наименование	Тип	Макс. скорость передачи, Мбит/с
Lucent Technologies	451A-50	Прямой	10
	451A-60	Прямой	10
AMP	555052-1	Прямой	16
	555051-1	Угловой	16
UNICOM	ILC-U508A-XX	Прямой	100
Hubbell	BRIA4P	Прямой	16
	BRIAJF8	С фланцем	16
ICC	ICMMA3508DR	Прямой	—
Panduit	MMC	Прямой	—

Большинство приборов рассматриваемого класса рассчитано на одиночное применение. Канадская компания UNICOM выпускает панель типа PATU5-816D-RA, которая рассчитана на установку в 19-дюймовый конструктив и имеет 16 гнезд для монтажа в них проходных адаптеров.

Компания Hubbell для облегчения монтажа своих адаптеров в платах, панелях и других аналогичных конструкциях предусматривает на корпусе фланец и специальную отдельную клипсу.

*Мостовой адаптер* (bridging adapter) применяются, когда несколько рабочих станций или иных устройств используют для своей работы схему многоточки. Этот прибор содержит несколько розеток модульных разъемов с параллельными однотипными контактами. Если количество выходных розеток равно двум, адаптер называется Y-мостовым (Y-Bridge). В качестве примера классического мостового адаптера отметим устройство типа 367A компании Lucent Technologies, ориентированное на поддержку подключения семи рабочих станций к хост-компьютеру IBM System 36/38 или AS/400 через балун 365A (рис. 3.63). Из-за особенностей применения эта разновидность адаптера практически не выполняется в виде отдельного устройства, хотя это не рекомендовано действующими редакциями стандартов. На практике наиболее часто конструктивно реализуется в виде вставки в розетку или декоративный короб и должны снабжаться соответствующей маркировкой. В тех случаях, когда адаптер выполняется в виде внешнего устройства, входной порт, через который производится подключение к кабелям СКС, может быть выполнен как в виде вилки, так и розетки.

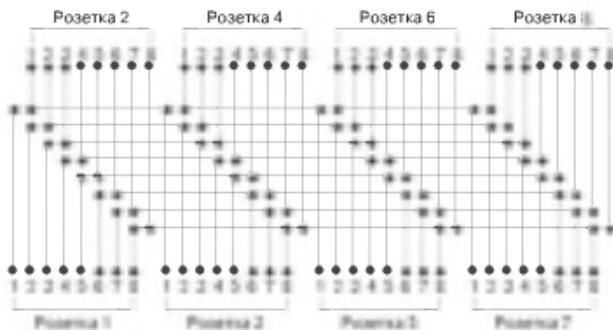


Рис. 3.6.5  
Схема внутренней  
связи модуля в насточном  
шасси типа 26/04

Функции мостового адаптера выполняет и так называемая ADS-планка немецкой компании CNZ Neubauer. Это изделие представляет собой 19-дюймовую панель с двумя независимыми группами по 9 розеток модульных разъемов в каждой. Один из разъемов выполняет функции порта входа-выхода, остальные объединены в кольцевую структуру. Особенностью конструкции розеток модульных разъемов данного изделия является то, что при отключенной вилке выполняется замыкание внутренних проводников для сохранения структуры кольца.

*ISDN-адаптеры.* Приборы данного вида используются, как следует из их названия, для подключения к кабельной системе оконечных устройств ISDN. Вилка адаптера предназначена для подключения в обычное гнездо 8-позиционного модульного разъема, розетка рассчитана на 6- или 8-позиционную вилку. Внутри корпуса прибора располагается нагрузочный резистор, обеспечивающий нормальное функционирование шины ISDN. Иногда этот адаптер выполняется по мостовой схеме и отличается наличием нескольких внутренних нагрузочных резисторов. В этом случае один корпус имеет несколько розеток и обслуживает несколько устройств ISDN.

*Телефонные адаптеры.* В некоторых странах производятся телефонные аппараты, соединительные шнуры которых имеют вилку с отличной от вилки 6-контактного модульного разъема конструкцией. Для обеспечения возможности подключения таких аппаратов к СКС предназначены телефонные адаптеры, иногда называемые также розеточными конверторами. Это изделие представляет собой корпус с гнездом соответствующей формы для подключения вилки шнура телефонного аппарата. Подключение к информационной розетке СКС выполняется с помощью вилки, которая может монтироваться жестко на корпусе адаптера или же устанавливаться на коротком отрезке кабеля. Достаточно широкая номенклатура адаптеров рассматриваемого вида выпускается компанией ITT NS&S.

*Фильтры среды.* Фильтр среды (Media filter) представляет собой фильтр нижних частот с типовым значением граничной частоты 25 МГц и крутизной частотной характеристики 60 дБ на декаду. Применение этого прибора позволяет существенно увеличить значение NEXT за счет эффективного подавления высокочастотного сигнала вне рабочей полосы сетевой аппаратуры. Его рекомендуется использовать в случае передачи по СКС сигналов сетей Token Ring. Строго говоря, фильтр среды не является адаптером, однако имеет очень схожую с ним конструкцию, принцип подключения и выполняемые функции. Он обеспечивает, в частности, эффективный интерфейс между 100-омным кабелем UTP и 150-омным разъемом системы Token Ring. Исходные спецификации оборудования Token Ring предполагали применение в качестве среды передачи экранированных витых пар типа 1 и типа 2 с достаточно эффективной защитой от внешнего мешающего электромагнитного излучения.

и высокой степенью подавления собственных помех. Применение фильтра среды позволяет существенно уменьшить уровень паразитного излучения при передаче сигналов Token Ring по обычному кабелю UTP за счет дополнительной симметризации сигнала на его выходе. Устройство обеспечивает наибольшую эффективность для 4-мегабитного варианта сети Token Ring, в случае скорости передачи 16 Мбит/с его положительный эффект проявляется существенно слабее [84]. Еще одним положительным эффектом от применения рассматриваемого устройства является уменьшение уровня помехи на входе приемника, так как обмотка фильтра выполняет функции зазиравшей катушки.

Устройство выполняется в виде пластмассового корпуса (с внешним металлическим кожухом в экранированном варианте). На одной из торцевых поверхностей корпуса устанавливается розетка DB9, а на противоположной может располагаться гнездо 8-позиционного (иногда 6-позиционного) модульного разъема или ввод шнура длиной до 8,6 м также с 6- или 8-позиционной вилкой модульного разъема. В качестве такого примера отметим изделия 558280 и 558281 компании AMP.

### 3.4.3. Удлинители

Удлинители (Line Extension) выполняют в СКС те же самые функции, что и обычные бытовые удлинители в сети силового электропитания. Применяются в тех случаях, когда отсутствуют оконечные шнуры необходимой длины, а подключаемое к кабельной системе сетевое оборудование не предъявляет высоких требований к ширине полосы пропускания тракта передачи сигнала.

Практически аналогично бытовым аналогам удлинители СКС конструктивно могут оформляться по двум различным вариантам. В первом из них соединительный шнур с вилкой модульного разъема является составной частью прибора. На втором конце шнура устанавливается корпус с розеткой. Оборудование данного вида выпускается немецкой компанией Deutsche Electraplan (изделие типа 687 521 860 с 8-позиционной розеткой и 687 602 810 с 6-позиционной розеткой).

Второй вариант удлинителя иногда называется распределителем (distributor) и предполагает применение для подключения к розетке СКС обычного оконечного шнура. Конструктивно это устройство представляет собой корпус с пятью розетками модульных разъемов, одна из которых используется для соединения с розеткой СКС. Таким образом, распределитель в отличие от классического удлинителя представляет собой многопортовое устройство. Распределитель может быть выполнен для обслуживания как одинаковых, так и различных устройств. Примером изделия первого вида может служить распределитель швейцарской компании Reichle & De-Massari, который предназначен для подключения четырех аналоговых телефонных аппаратов. В отличие от него устройство MCS, предлагаемое швейцарской компанией Telena, в зависимости от конструктивного исполнения позволяет подключать как аналоговые телефонные аппараты, так и рабочие станции и другие аналогичные устройства сети Ethernet.

Отметим, что функции однопортового удлинителя может выполнять также обычный оконечный шнур с одетым на него I-адаптером (см. раздел 3.4.2).

## 3.5. Дополнительное оборудование для построения трактов передачи информации СКС

Ниже рассматриваются некоторые варианты оборудования, не получившие широкого распространения в практике создания СКС и выпускаемые ограниченным кругом компаний.

Большинство из этих изделий формально выходит по тем или иным признакам за область действия стандартов, однако их применение позволяет в определенных пределах (часто весьма значительных) расширить функциональные возможности кабельной системы.

### 3.5.1. Комплекты и наборы для установки кабельной системы

Для быстрого развертывания небольших кабельных систем ряд компаний (Molex, Lucent Technologies, Alcatel и др.) выпускают специальные комплексы компонентов и расходных материалов (табл. 3.36). Комплект состоит из более или менее полного набора элементов, с помощью которых можно создать небольшую СКС, ориентированную, в первую очередь, на поддержку функционирования ЛВС. Обязательными элементами комплектации наборов являются абонентские розетки, коммутационные и оконечные шнуры заводского изготовления и коммутационные панели. Эти элементы могут дополняться кабелем, монтажным шкафом, тестирующим оборудованием, инструментом для монтажа и т.д. Помощь пользователю при установке оказывает подробная инструкция по монтажу и даже видеокассета (фирма Molex). При необходимости увеличения числа портов можно использовать несколько комплектов или же специальный комплект расширения (решение Molex). Создаваемая кабельная система достаточно часто обеспечивает характеристики не выше категории 3.

Таблица 3.36. Комплекты для установки кабельной системы

Фирма	Наимено- вание	Кабель	Коммути- ционная панель	Информа- ционные розетки	Коммути- ционные шнуры	Шкаф	Категория
Alcatel	OffiSys	UTP или FTP	2×10	10 двойных	20	12U	5
Lucent Technologies	Systipack	UTP, 305 м	12-портовая розетка	12 одинарных	24	-	3
Ackermann	Net-Bundle- 12/-24/-48	н/д	1–4×24 порта	12, 24 или 48 двойных	24 – 96	6U или 12U	5
Molex	28.D0030	UTP, 120 м	Флэш-пан- елью	8 двойных	8	-	3

Для расширения функциональных возможностей в состав комплекта немецкой компании Ackermann введены также настенный шкаф и концентратор Ethernet. Эти комплексы, называемые по фирменной терминологии бандлами (bundle), выпускаются на 12, 24 и 48 портов и ориентированы, в первую очередь, на создание инфраструктуры, обеспечивающей подключение отдельных рабочих групп к серверу, а также на обеспечение этих мест телефонной связью. Последнее гарантируется наличием в составе комплекта 2-портовых абонентских розеток [85].

Развитие идеи применения активного оборудования в составе комплекта компонентов предложено компанией Allied Telesyn, которая является одним из ведущих мировых производителей сетевого оборудования ЛВС нижнего уровня. В марте 2001 года этой фирмой предложен так называемый предразведенный сетевой центр (Pre-configured networking center). В состав этого набора, продвигаемого на рынке под торговой маркой EncloseNet, входит небольшой 19-дюймовый настенный шкаф с установленными в него кабельным организатором, 24-портовой коммутационной панелью и коммутатором Ethernet. К потребителю изделие поступает с портами панели и коммутатора, которые уже соединены

уложенными в организатор коммутационными шнурами. Для обеспечения быстроты развертывания системы подключение кабелей СКС производится с передней стороны панели [86].

Кроме производителей СКС «классические» комплекты для установки кабельной системы в секторе SOHO (Small Office and Home Office), собранные из OEM-продуктов третьих компаний, предлагают также фирмы-производители сетевого оборудования нижнего уровня. В качестве примера укажем систему Wiring System тайваньской компании Micronet. От продуктов производителей СКС они отличаются в первую очередь наличием очень широкого спектра сетевых адаптеров, модемов, миниконцентраторов и других аналогичных изделий, предлагаемых в качестве дополнительных приборов.

*Наборы для установки кабельной системы* выпускают производители декоративных кабельных коробов. В состав набора включается розеточный модуль какого-либо известного производителя СКС, компоненты для его монтажа в короб конкретного типа вместе с декоративной накладкой и подробная инструкция по установке. Использование наборов обеспечивает очень высокие эстетические показатели кабельной проводки, смонтированной в рабочих помещениях пользователей в сочетании с возможностью ее сертификации у производителя СКС за счет включения в состав компонентов модуля, выпускаемого этими производителями. Примером могут служить так называемые полные комплекты для быстрого монтажа шведской фирмы Thorsman [87].

### **3.5.2. Соединительные модули**

Соединительные модули предназначены для сращивания двух концов горизонтальных кабелей. Их применение позволяет удлинить 4-парный кабель или срастить концы поврежденного кабеля без прокладки нового сегмента, то есть модуль играет роль неразъемного соединителя. Это устройство может использоваться при ремонтных работах для быстрого восстановления связи и в виде элемента для организации точки перехода. Содержит корпус с фиксаторами для крепления сращиваемых кабелей и два набора врезных контактов, которые соединены между собой по токоведущим дорожкам печатной платы и на которых осуществляется разделка проводников кабелей. Для защиты от внешнего электромагнитного излучения корпус может иметь внутренний экранирующий кожух.

Технической основой для применения соединительных модулей является возможность введения в состав горизонтальной проводки дополнительного неразъемного соединителя точки перехода или ее аналога. На основании этого появление в тракте нередачи соединительного модуля не приводит к снижению его качественных характеристик в смысле уменьшения категории. Однако действующими редакциями стандартов СКС запрещается применение каких-либо элементов сращивания горизонтальных кабелей. Поэтому изделия рассматриваемого вида выпускаются в ограниченном количестве небольшим числом фирм и не получили широкого распространения. В качестве примера подобного прибора укажем модуль VM 8-8 немецкой компании Telegartner, который позволяет сращивать кабели с внешним диаметром до 10 мм. Модуль реализован на основе IDC-контактов LSA-Plus фирмы Klope и сертифицирован для работы на частотах до 600 МГц. Аналогичными характеристиками обладает соединительный модуль типа 4732-100 норвежской компании Tellesafe.

### **3.5.3. Автоматические кроссы**

Автоматические кроссы (automatic distributors) представляют собой устройство с несколькими входами и выходами, соединение между которыми устанавливается при подаче задающего сигнала на управляющий вход. Применение такого кросса позволяет выполнять [23]:

- разъединение цепей;
- транзитное включение цепей;
- подключение дополнительной аппаратуры;
- измерение параметров линий;
- изменение конфигурации сети.

Все переключения производятся на физическом уровне, то есть обеспечивается независимость от приложений и, в частности, возможна коммутация сигналов аналоговых телефонных станций, отличающихся высокими напряжениями вызывных токов.

Емкость кроссов может достигать 49 (98 портов, время переключения составляет 4,5 мс, электрические характеристики соответствуют требованиям категории 3. Определенную независимость от состояния электропитающей сети обеспечивается применением в конструкции устройства бистабильных электромеханических реле.

Автоматические кроссы находят ограниченное применение при построении СКС с большим количеством телефонных линий. Достаточно широкую номенклатуру устройств этого типа серии FSA-Plus предлагает немецкая компания Krone.

### **3.5.4. Демонстрационное оборудование**

Демонстрационное оборудование, как это следует из его названия, используется во время различных презентаций, выставок и в учебном процессе во время подготовки сертифицированных специалистов. Это оборудование включает в себя наиболее типичные и интересные с точки зрения производителя СКС компоненты. Часть элементов может выполнятьсь с прозрачными корпусами или в виде макетов с увеличенными габаритами, наглядно демонстрирующими взаимодействие отдельных деталей в процессе работы.

Как элемент СКС, имеющий свой каталожный номер, демонстрационное оборудование известно в двух основных разновидностях. Демонстрационные стойки (demo rack) выполняются в 19-дюймовом формате и относятся к стационарному оборудованию. В стойку монтируются электрические и оптические панели, организаторы, плинты и другие элементы, применяемые, главным образом, в технических помещениях. В отличие от этого чемоданы (sample case) содержат в себе в основном розетки, разъемы и аналогичную «мелочевку», применяемую преимущественно на рабочих местах или же посвященную какой-либо конкретной технологии. На практике подобные чемоданы очень часто берутся инструкторами на различного рода выездные занятия, семинары и аналогичные мероприятия. В некоторых случаях они используются продавцами в процессе проведения маркетинговых мероприятий.

Следует отметить, что некоторые производители СКС ставят условием подписания с системными интеграторами партнерского соглашения закупки демонстрационного оборудования.

## **3.6. Выводы**

Наличие широкой гаммы серийных электрических кабельных и коммутационных изделий различного назначения, а также соответствующих аксессуаров для них позволяет стандартными средствами и с использованием типовых методик решать все виды задач, возникающих при создании СКС емкостью до нескольких десятков тысяч портов.

Основная масса кабельных и коммутационных изделий СКС имеет волновое сопротивление 100 Ом и поэтому именно их рекомендуется применять для построения кабельных

систем. Несмотря на заметно лучшие передаточные параметры, кабели с волновым сопротивлением 120 Ом являются менее предпочтительными из-за заметно меньшего объема предложения на отечественном рынке.

Характеристики неэкранированных кабелей СКС обеспечивают выполнение требуемых стандартами параметров со значительными запасами. Экранированные конструкции из-за сложностей монтажа и повышенной стоимости эффективны для построения СКС только в случаях значительного уровня помех или при наличии особых требований по защищенности от несанкционированного доступа к передаваемой информации.

Горизонтальные четырехпарные кабели образуют основную массу кабельных изделий СКС. Наличие ряда конструктивных разновидностей и вариантов исполнения этой продукции позволяет существенно улучшить технико-экономические параметры и увеличить эксплуатационную гибкость кабельной системы в условиях многообразия архитектурно-планировочных решений современных офисных зданий.

Наиболее совершенные серийные образцы экранированных кабелей имеют параметры, нормируемые на частотах вплоть до 1,4 ГГц. Нормировка параметров высокочастотных неэкранированных кабелей выполняется до частот 600 МГц. Наличие такого задела открывает перспективы создания высокопроизводительных перспективных кабельных систем категории 6 и выше.

Основным видом разъема в СКС (вплоть до проекта категории 6 включительно) является модульный, при необходимости администрирования отдельными парами эффективно применение разъемов типа 110. Разъемы перспективной категории 7 могут реализовываться по схеме модульного разъема или же иметь несовместимый с ними интерфейс.

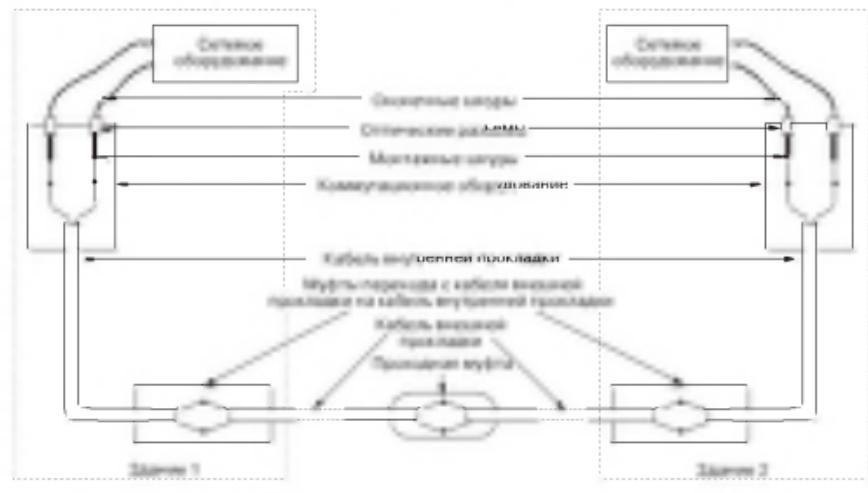
Коммутационное оборудование СКС строится по модульной, наборной или фиксированной схеме и имеет типовую емкость от 100 до 900 пар в одном устройстве. Штатные технические средства позволяют одинаково легко устанавливать коммутационные панели как в 19-дюймовом конструктиве, так и на стене помещения. Это позволяет создавать все виды коммутационных узлов как в технических помещениях, так и в помещениях открытых офисов.

Наличие развитой номенклатуры переходников и адаптеров дает возможность использовать инфраструктуру СКС для поддержки нормального функционирования сетевой аппаратуры с коаксиальным и триаксиальным интерфейсом, а также выполнения необходимых измерений различных видов. Функциональная гибкость и удобство эксплуатационного обслуживания СКС в некоторых случаях определенным образом возрастает при применении дополнительного пассивного оборудования, которое не входит в область действия стандартов СКС.

# Глава IV

## Волоконно-оптические компоненты СКС

Линии волоконно-оптической связи используются в основном для организации магистральных подсистем СКС. Структурная схема линии связи, применяемой для создания внешней магистралей, изображена на рис. 4.1. На схеме показаны основные элементы этой линии, подробно они рассмотрены ниже.



\* Муфты-переводчики не показаны в масштабе

Рис. 4.1. Схема организации линии волоконно-оптической связи внешней магистральной подсистемы

### 4.1. Оптические кабели

#### 4.1.1. Области применения и классификация

Волоконно-оптические кабели, применяемые в СКС, предназначены для передачи оптических сигналов внутри зданий и между ними. На их основе могут быть реализованы все три подсистемы СКС, хотя в горизонтальной подсистеме волоконная оптика пока находит ограниченное применение для обеспечения функционирования ЛВС. В подсистеме внутренних магистралей оптические кабели применяются одинаково часто с кабелями из витых пар,

а в подсистеме внешних магистралей они играют доминирующую роль. В зависимости от основной области применения волоконно-оптические кабели подразделяются на три основных вида:

- кабели внешней прокладки (outdoor cables);
- кабели внутренней прокладки (indoor cables);
- кабели для шнурков.

Кабели внешней прокладки используются при создании подсистемы внешних магистралей и связывают между собой отдельные здания. Основной областью использования кабелей внутренней прокладки является организация внутренней магистрали здания, тогда как кабели для шнурков предназначены в основном для изготовления соединительных и коммутационных шнуров, а также для выполнения горизонтальной разводки при реализации проектов класса fiber to the desk (волокно до рабочего места) и fiber to the room (волокно до комнаты). Общую классификацию оптических кабелей СКС можно представить в виде схемы рис. 4.2.



Рис. 4.2. Классификация оптических кабелей СКС

#### **4.1.2. Конструктивные особенности и оптические параметры оптических кабелей**

Основой волоконно-оптического кабеля являются волоконные световоды из кварцевого стекла. Кварцевое стекло отличается весьма низкой механической прочностью и устойчивостью к внешним атмосферным воздействиям. Поэтому все остальные элементы конструкции оптических кабелей предназначены для обеспечения защиты волокон от внешних механических воздействий и влаги в тех условиях эксплуатации, на которые рассчитан оптический кабель.

Типовая конструкция волоконного световода показана на рис. 4.3. Световод имеет цилиндрическую форму и состоит из ряда концентрических слоев, основными из которых являются сердцевина и оболочка. Сердцевина одномодовых световодов, согласно стандарту IEC-793 и рекомендации G.652 Международного союза электросвязи (ITU), имеет диаметр  $9,3 \pm 0,5$  мкм, некоторые изготовители волокон используют другие диаметры в пределах 7–10 мкм при тех же самых допусках. Диаметр сердцевины многомодовых световодов, согласно IEC-793 и G.651, составляет 50 или 62,5 мкм при допустимом разбросе  $\pm 3$  мкм.

В оптических кабелях СКС, согласно действующим нормативным документам, возможно использование волокон всех трех указанных выше типов. Отметим только, что многомодовое волокно типа 50/125 в международном стандарте ISO/IEC 11801 рассматривается как альтернативное (дополнительное), тогда как американский стандарт TIA/EIA-568-A в действующей редакции его применение не разрешает. По сравнению с волокнами 62,5/125 световод 50/125 имеет заметно лучшие частотные свойства, что является особенно важным в случае передачи сигналов аппаратуры Fiber Channel и



Рис. 4.3. Конструкция волоконного световода

Gigabit Ethernet. Поэтому популярность многомодовых оптических кабелей с волокнами этого типа значительно возросла в конце 90-х годов во всем мире, включая и США.

Внешний диаметр оболочки у многомодовых и одномодовых световодов из соображений унификации выбран равным  $125 \pm 2$  мкм. На оболочку наносится слой лака толщиной 2–3 мкм, который входит в номинальную толщину оболочки. Основным назначением этого покрытия является защита кварцевого стекла от воздействия атмосферной влаги и связанной с ней коррозии. Необходимую для работы гибкость волокна обеспечивает первичное защитное покрытие из эпоксиакрилата внешним диаметром  $245 \pm 15$  мкм. В 1999 году ряд производителей волоконных световодов для телекоммуникационных кабелей ужесточил допуск по этому параметру до  $\pm 10$  и даже  $\pm 5$  мкм. Световод в таком покрытии считается недостаточно защищенным от механических воздействий, поэтому его обязательно снабжают дополнительными упрочняющими элементами, которые рассмотрены ниже в разделе 4.1.3.

Кроме указанных выше параметров, нормируются также некруглость сердцевины (не более 5%) и оболочки (максимум 2%), а также эксцентрикситет сердцевина-оболочка (не более 3 мкм).

С целью облегчения идентификации волокон с обоих концов кабеля производители часто окрашивают внешнее защитное покрытие в различные цвета согласно табл. 3.17. Эта окраска не влияет на оптические характеристики световодов.

Оптический кабель может содержать только многомодовые или только одномодовые, или те и другие волокна одновременно. Информация о комбинированных (композитных) кабелях в явном виде приводится в каталогах производителей достаточно редко, зато изготовление этих кабелей без каких-либо сложностей можно заказать. Данные по количеству одномодовых и многомодовых волокон в типовых композитных кабелях приводятся в табл. 4.1.

Таблица 4.1. Число световодов композитных кабелей [88]

Общее	Количество световодов	
	Одномодовые	Многомодовые
18	6	12
24	6	18
24	12	12
30	6	24
36	12	24
60	12	48

Многомодовые оптические кабели в некоторых случаях применяются при создании горизонтальной подсистемы СКС (обычно в рамках реализации проектов fiber to the desk). Основой подсистемы внутренних магистралей достаточно часто являются многомодовые кабели, однако в дополнение к ним могут быть использованы и одномодовые. В подсистеме внешних магистралей в зависимости от требуемого расстояния и полосы частот прокладываются кабели с многомодовыми или с одномодовыми волокнами.

В табл. 4.2 приводятся предельно допустимые значения затухания и коэффициента широкополосности многомодовых оптических кабелей, используемых в СКС. Анализ приведенных данных показывает, что международный стандарт предъявляет к оптическим

кабелям СКС несколько более жесткие требования по сравнению со стандартом американским. Отметим также, что стандарт ISO/IEC 11801 в редакции 2000 года допускает применение стандартных по TIA/EIA-568-А многомодовых кабелей, имеющих коэффициент широкополосности 160 МГц·км на длине волны 850 нм, но при этом ограничивает максимальную длину линии на их основе значением 1,6 км.

*Таблица 4.2. Предельно допустимые затухание и коэффициент широкополосности многомодовых оптических кабелей СКС*

Длина волны, нм	850		1300	
Стандарт	TIA/EIA-568-А	ISO/IEC 11801	TIA/EIA-568-А	ISO/IEC 11801
Коэффициент затухания, дБ/км	3,75	3,5	1,05	1,0
Коэффициент широкополосности, МГц·км	160	200	400	500

*Таблица 4.3. Требование стандарта IEC-793 к многомодовым световодам*

Длина волны, нм	850		1300	
Тип волокна	62,5/125	50/125	62,5/125	50/125
Коэффициент затухания, дБ/км	3,2	2,8	0,9	0,8
Коэффициент широкополосности, МГц·км	200	400	500	1000

Кроме стандартов на СКС требования к оптическим кабелям содержатся в других широко распространенных нормативных документах. Так, в частности, требования к многомодовым световодам, выдвигаемые стандартом IEC 793 (G.651), приведены в табл. 4.3. Из соображений экономической целесообразности в СКС и сетях связи общего пользования применяется однотипная кабельная продукция. Поэтому сравнение табл. 4.2 и 4.3 показывает, что на практике величины затуханий и коэффициента широкополосности будут иметь заметно лучшие значения по сравнению с требованиями стандартов СКС. Данное положение отражается также в фирменных спецификациях производителей этого вида продукции. Так, многомодовые кабели фирмы BICC имеют гарантированный коэффициент широкополосности 900 МГц·км вместо требуемых стандартами СКС 500 МГц·км, кабели компании Mohawk обеспечивают затухание 0,8 дБ/км вместо 1 дБ/км и т.д. (все значения даны для длины волны 1300 нм и волокон типа 62,5/125).

Отметим, что сетевое оборудование, используемое для построения локальных и корпоративных сетей связи и работающее по многомодовому оптическому кабелю, одинаково часто использует окна прозрачности 850 и 1300 нм. Поэтому применяемые в СКС кабели имеют характеристики затухания и полосы пропускания, оптимизированные именно для этих диапазонов.

Характеристики одномодовых оптических кабелей СКС наиболее полно задает стандарт TIA/EIA-568-А. Приведенные в нем требования основаны на спецификации TIA/EIA-492BAAA, которая определяет одномодовое волокно без смещения дисперсии. Коэффициент затухания не должен превышать значений, приведенных в табл. 4.4. Там же для сравнения представлены требования к коэффициенту затухания и дисперсии, которые выдвигает стандарт IEC-793 (G.652). Из анализа приведенных данных следует, что, аналогично многомодовым кабелям, реальные значения затухания оказываются существенно более низкими, тогда как нормативные значения максимально допустимой дисперсии

были взяты разработчиками стандарта TIA/EIA-568-A из исходной спецификации без каких-либо изменений.

Стандарт TIA/EIA-568-A нормирует также:

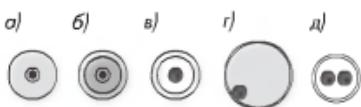
- длину волны нулевой хроматической дисперсии одномодовых оптических кабелей, которая должна находиться в интервале от 1300 до 1324 нм при крутизне (наклоне) характеристики дисперсии не выше  $0,093 \text{ нс}/\text{км} \times \text{нм}^2$ ;
- диаметр модового ядра<sup>1</sup> на длине волны 1310 нм должен составлять от 8,7 до 10 мкм;
- длина волны отсечки<sup>2</sup> не должна превышать 1270 нм (международный стандарт дает для этого параметра значение 1280 нм).

**Таблица 4.4. Предельно допустимые затухание и дисперсия одномодовых оптических кабелей по TIA/EIA-568-A и IEC-793**

Длина волны, нм	Затухание, дБ/км	Дисперсия, пс/ $\text{нм} \times \text{км}$
1310	$\leq 1,0/0,5$	$\leq 3,5$
1550	$\leq 1,0/0,3$	$\leq 18$

#### 4.1.3. Вторичные защитные покрытия волоконных световодов

На кабельные заводы, где осуществляется изготовление оптических кабелей для СКС, волокно всех трех основных видов поступает в первичном буферном покрытии с внешним диаметром 0,25 мм. Волокно в таком покрытии считается недостаточно защищенным от внешних механических воздействий, которые могут воздействовать на него в процессе прокладки и эксплуатации. Поэтому его обязательно снабжают дополнительными трубчатыми защитными элементами, объединенными общепринятым понятием вторичных защитных покрытий.



**Рис. 4.4. Варианты конструктивного исполнения защитных покрытий волоконных световодов:**

- а)** вторичное буферное покрытие 0,9 мм;
- б)** двухслойное защитное покрытие с внешним диаметром 0,9 мм;
- в)** микромодульная конструкция;
- г)** модульная конструкция;
- д)** конструкция типа *mini-breakout*

В настоящее время при конструировании оптических кабелей применяются три основных вида вторичных защитных покрытий.

В магистральных кабелях внешней прокладки в массовом масштабе используются так называемые модули (рис. 4.4г). Модуль представляет собой трубку из пластика различной жесткости диаметром порядка 2–3 мм, в котором свободно уложены один или несколько световодов (максимум 12 в известных серийных образцах кабеля). В конструкции рассматриваемого вида отсутствует прямая механическая связь между волокном и защитным покрытием, что обеспечивает очень малую чувствительность затухания

<sup>1</sup> В одномодовых системах, как это часто имеет место, распространяются волны низкого порядка, поэтому диаметр ядра определяется и отдаляемым. Волокно для высокоскоростных систем может удаляться от диаметра излучающей волны. Это означает, что диаметр ядра может равняться единичному радиусу излучения от него волны до той степени, где изменение номинального радиуса в 2,72 раза будет соответствовать изменившемуся радиусу излучения.

<sup>2</sup> Ограничение предполагает собой длину волны, за которой волна (лучик), попавшая в нее, работает в однородном режиме.

к температурным колебаниям и растягивающим усилиям. Свободное внутреннее пространство трубок модуля заполняется гидрофобным гелем. Этот состав предназначен для защиты волокна от воздействия влаги в случае повреждения внешних оболочек и изготавливается с использованием нефтепродуктов, что существенно снижает пожаростойкость кабельных изделий. Большие внешние габариты трубы модулей вынуждают использовать специальные меры по ее герметизации в оконечных и промежуточных муфтах и затрудняют установку вилок оптических разъемов.

В кабелях внутренней прокладки широко применяется вторичное буферное покрытие внешним диаметром 0,9 мм (*tight buffer*), которое без зазора уложено на первичное защитное покрытие диаметром 0,25 мм (рис. 4.4а). Небольшой внешний диаметр в сочетании с высокой гибкостью и отсутствием внутреннего гидрофобного заполнителя обеспечивает простоту монтажа вилок разъемных оптических соединителей. Главным недостатком такого покрытия считается плохая защита волокна от воздействия влаги, ухудшение массогабаритных характеристик кабеля и некоторый рост затухания за счет потерь на микроизгиба, вызванных механической деформацией поверхности волокна внешним покрытием.

Стремление к объединению основных достоинств рассмотренных выше решений привело к появлению так называемых квазивторичных покрытий (*semi tight buffer*). В настоящее время известны два основных вида таких покрытий. Первый из них получил название микромодульной конструкции, которая представляет собой трубку внешним диаметром 0,9 мм со свободной внутренней укладкой одного световода (рис. 4.4в). Оставшееся свободным внутреннее пространство заполнено гидрофобным гелем. Во втором случае вторичные покрытия изготавливаются двухслойным, причем материалом второго внутреннего слоя, имеющего обычно диаметр порядка 400–500 мкм, служит мягкий силикон (рис. 4.4б). Как следует из изложенного, оба этих варианта обеспечивают достаточно эффективную механическую связь внешнего слоя и поверхности волокна, что значительно уменьшает потери от микроизгибов. Дополнительным следствием применения рассматриваемой структуры является определенное улучшение влагостойкости. Поэтому кабели, в которых используются такие световоды, могут применяться для соединения зданий на внешних трассах при их протяженности до нескольких сотен метров.

Общим недостатком вторичных буферных покрытий диаметром 0,9 мм являются их значительные внешние габариты, вызывающие заметный рост внешнего диаметра кабеля. Для устранения этого недостатка предложено решение типа *mini-breakout*, которое можно рассматривать как распространение модульного принципа на область кабелей для внутренней прокладки. Конструкция рассматриваемого типа реализована на основе тонкостенной трубы внешним диаметром 0,9 мм, внутри которой без гелевого заполнения свободно расположены два световода в первичном защитном покрытии (рис. 4.4д). Применение этого варианта наиболее целесообразно в случае установки некоторых типов разъемов с увеличенной плотностью монтажа (см. далее раздел 4.2.6) и позволяет, в частности, вдвое улучшить массогабаритные показатели кабеля для шнуров [88].

#### 4.1.4. Широколосные многомодовые световоды

Параметры световодов стандартных оптических кабелей, предназначенных для применения в СКС, определены в известных нормативно-технических документах. Анализ нормируемых ими характеристик показывает, что они фактически фиксируют уровень техники конца 80-х – начала 90-х годов, когда волоконно-оптический тракт любой локальной сети считался

средой, которая не накладывает ограничений технического характера на пропускную способность канала связи. Данная ситуация радикальным образом изменилась в течение одного только 1998 года в связи с началом массового использования при построении информационно-вычислительных систем сетевых интерфейсов Gigabit Ethernet. При этом выяснилось, что оптические кабели, параметры которых полностью соответствуют действующим редакциям стандартов СКС, не позволяют гарантировать в некоторых случаях (окно прозрачности 850 нм) дальность связи выше 220–275 м. Данные значения явно недостаточны для удовлетворения тех технических требований к волоконно-оптическому тракту, которые могут возникнуть в процессе строительства структурированных кабельных систем. В частности, столь жесткие ограничения существенно ограничивают свободу проектировщика как в области реализации подсистемы внутренних магистралей, так и при построении системы с централизованной оптической архитектурой в соответствии с TSB-72.

С точки зрения оптических трактов СКС оборудование Gigabit Ethernet имеет следующие основные особенности, радикальным образом отличающие его от менее скоростных аналогов этого же стандарта:

- в качестве излучателя используется полупроводниковый лазер, так как современные светодиоды не обладают быстродействием, необходимым для рассматриваемой области применения;
- официальные документы спецификации 802.3z задают параметры оптического интерфейса в первом и втором окнах прозрачности, однако в целях получения хороших стоимостных показателей предпочтительным является использование первого окна прозрачности (850 нм или SX-диапазон).

Прокомментируем эти положения более подробно. Основная масса передающих блоков оптических интерфейсов 1000Base-X создана на основе лазеров со структурой VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Laser), которые работают в диапазоне 850 нм. Сравнение излучателя этого типа со светодиодом приведено в табл. 4.5 и ясно показывает техническое превосходство лазера по всей совокупности основных параметров. Основное преимущество над лазерными источниками излучения LX-диапазона (1300 нм) заключается в возможности достижения значительно меньшей стоимости элементной базы. Так, по данным концерна Alcatel, соотношение стоимости лазеров LX-диапазона и структуры VCSEL в середине 1998 года составляло 5:1. Величину абсолютного выигрыша иллюстрируем

*Таблица 4.5. Технические параметры светодиодов и лазеров структуры VCSEL для применения в сетевых интерфейсах*

Излучатель	Длина волны, нм	Спектральная ширина, нм	Ток модуляции, мА	Выходная мощность, дБм	Максимальная скорость передачи данных, Мбит/с
Светодиод	850	50	60	-15	125
Лазер со структурой VCSEL	850	0,5	10	0	2000

данными компании АйТи, согласно которым по состоянию на конец 1999 года средняя по девяти ведущим фирмам-производителям сетевого оборудования разница в рекомендованной изготовителями стоимости функционально аналогичных трансиверов LX- и SX-диапазонов превышала 1000 долларов на один интерфейс. Примерно те же самые значения приводятся в работе [89].

Таким образом, практическая потребность адаптации параметров тракта передачи оптического сигнала к техническим особенностям излучателя данного вида обусловила необходимость создания новых типов волокон. В процессе разработки решались следующие основные задачи:

- оптимизация характеристик для работы в диапазоне 850 нм, где в наиболее сильной степени проявляются дисперсионные искажения;
- подавление эффекта дифференциальной модовой задержки, возникающего в части стандартных по TIA/EIA-568-А и ISO/IEC-11801 световодах в случае использования в оптических передатчиках лазерных излучателей.

Оптимизация характеристик световода как среды передачи информации осуществляется следующим образом. Известно, что спектральная характеристика коэффициента широкополосности DF многомодового оптического волокна носит экстремальный характер. При этом координаты максимума зависят от профиля показателя преломления, концентрации легирующих добавок и т.д. На скоростях до 100–155 Мбит/с в передатчиках экономически выгодно использование светодиодных источников, которые обеспечивают наилучшие характеристики тракта в диапазоне 1300 нм, где широкополосность стандартных волокон из-за минимума хроматической дисперсии естественным образом достигает своего максимума. В процессе производства новых типов волокон координату максимума данной характеристики технологическими приемами несколько сдвигают в область коротких волн (рис. 4.5). Как следствие, наблюдается улучшение частотных свойств световода в окне прозрачности 850 нм и выравнивание значений параметра DF в SX- и LX-диапазонах (последнее свойство важно с точки зрения обеспечения универсальности кабельного тракта). При этом не исключен вариант предложения двух разновидностей волокна, отличающихся друг от друга степенью выравнивания характеристик пропускной способности в разных окнах прозрачности. Именно такой стратегии придерживается нидерландская компания Plasma Optical Fiber, которая выпускает широкополосное волокно HiCap в двух вариантах: стандартное (standard) и двухоконное (dual window). В последнем случае гарантированная дальность действия интерфейсов Gigabit Ethernet в обоих окнах прозрачности совпадает.

Явление дифференциальной модовой задержки возникает из-за того, что лазерный источник излучения возбуждает в многомодовом волокне относительно небольшое количество мод, лучи которых распространяются вблизи оси сердцевины волокна (так называемые моды низкого порядка). В случае наличия в осевой части волокна небольшого дефекта в виде провала характеристики профиля показателя преломления, вызванного технологией изготовления, часть излучения начинает интенсивно преобразовываться в моды высокого порядка, которые распространяются вблизи оболочки и несут заметную часть мощности оптического сигнала. Из-за различных скоростей распространения этих мод, начиная с определенной длины световода, происходит дробление импульса, что сопровождается

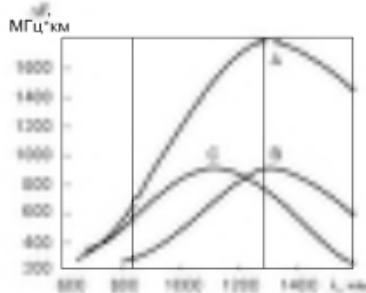


Рис. 4.5. Спектральная характеристика коэффициента широкополосности многомодовых световодов:

A – стандартное волокно 50/125;  
B – стандартное волокно 62,5/125;  
C – широкополосное волокно 62,5/125

ошибкой на приеме и эквивалентно уменьшению ширины полосы пропускания. Из изложенного механизма возникновения дифференциальной модовой задержки ясны пути борьбы с этим нежелательным явлением: создание специальных условий ввода излучения в сердцевину и устранение самой причины модовой конверсии за счет совершенствования процесса изготовления волокна. Первый путь заключается в небольшом смещении точки ввода излучения от оси волокна, что осуществляется с помощью специального MCP-шнура (от англ. mode condition patch-cord). Данный способ предпочтителен при работе с волокнами старых типов. В волокнах новых типов, специально оптимизированных для работы с высокоскоростными приложениями, функция, описывающая профиль показателя преломления, специальными технологическими приемами выполняется гладкой и не имеет центрального провала (рис. 4.6).

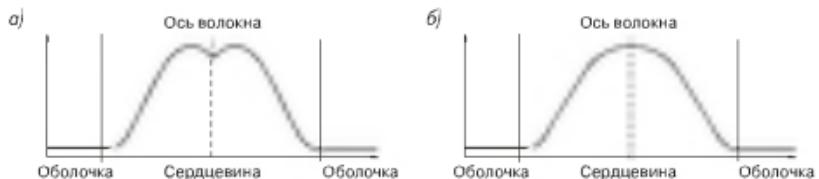


Рис. 4.6. Профиль показателя преломления многомодовых световодов: а) стандартное волокно;  
б) широкополосное волокно

Коэффициент широкополосности многомодовых световодов определяется в основном межмодовой дисперсией, интенсивность которой в первом приближении пропорциональна количеству направляемых мод в данном конкретном типе волокна. Из-за значительно меньшего количества направляемых мод в волокне типа 50/125 значительно проще добиться больших по сравнению с волокном типа 62,5/125 значений коэффициента  $\Delta E$ . С учетом этого обстоятельства большое количество производителей структурированных кабельных систем из США начинают вводить кабели с волокном этого типа в состав поставляемого ими оборудования, даже несмотря на то, что они не допускаются для использования действующей редакцией американского стандарта TIA/EIA-568-A (табл. 4.6). Отметим,

Таблица 4.6. Многомодовое оптическое волокно с улучшенными частотными свойствами

Фирма	Название	Тип волокна	Коэффициент затухания, дБ/км на длине волны 850/1300 нм	Коэффициент затухания, дБ/км на длине волны 850/1300 нм	Гарантированная дальность действия, м, для системы Gigabit Ethernet на длине волны 850/1300 нм
Alcatel	GigaLite	62,5/125	3,2/0,9	500/500	550/-
Alcatel	GigaLite	50/125	2,4/0,7	700/1200	750/-
Corning	Corning 1000	62,5/125	3,0/0,7	-	500/1000
Corning	Corning 2000	50/125	2,5/0,8	-	600/2000
Lumex Technologies	LazrSpeed	50/125	-	-	600/600

на przykład, таких известных производителей СКС, как AMP и Siemon. Дополнительным плюсом в пользу применения данной продукции является ее меньшая стоимость (примерно на 5%).

Сверхвысокочастотные оптические интерфейсы типов Gigabit Ethernet, Fiber Channel и ATM, которые используют оптические тракты для передачи своих сигналов, обладают заметно меньшим энергетическим потенциалом по сравнению с аппаратурой, работающей на скоростях не более 100–155 Мбит/с (порядка 7 дБ против 11). С учетом этого обстоятельства в новых типах волокон гарантируется несколько меньшие значения коэффициента затухания по сравнению со стандартными, что позволяет создать в тракте определенные запасы по помехоустойчивости.

Технологии изготовления стандартных по TIA/EIA-568-A и ISO/IEC-11801 волокон обеспечивают выполнение заложенных в эти нормативные документы норм по широкополосности. Для получения параметров, требуемых для поддержания функционирования систем Gigabit Ethernet и аналогичных им, возникает необходимость в разработке новых методов производства. В частности, при производстве заготовок, используемых в процессе выпуска волокон серии Infinicore, компания Corning применяет технологию OVD (Outside Vapour Deposition). Компания Alcatel при изготовлении волокон типа GigaLite использует технологию APVD (Advanced Plasma and Vapour Deposition).

Разработчики новых типов волокон особо подчеркивают их полную идентичность со стандартными типами световодов по оптическим и механическим параметрам. Иногда, чтобы подчеркнуть новизну этой продукции и с учетом особенностей их использования, такие волокна называют световодами для лазерных сетевых интерфейсов, оставляя за волокнами традиционной конструкции обозначение «световоды для светодиодных оптических передатчиков».

Особенности области использования также накладывают определенную специфику на перечень параметров, нормируемых фирменными техническими условиями, тем более что каких-либо стандартов или же общепризнанных рекомендаций в этой области из-за молодости самого технического направления пока просто не существует. В частности, компания Corning просто гарантирует для своих световодов серии Infinicore достижение стандартным интерфейсом Gigabit Ethernet определенной дальности связи без указания коэффициента широкополосности. Такой подход разработчики объясняют сильной зависимостью этого параметра от условий измерений. Интересно отметить, что производители кабелей с волокном этой серии приводят в технических данных своей продукции значение параметра широкополосности, по-видимому, из соображений единобразия и поддержания традиций.

Основная масса световодов, рассматриваемых в данном разделе, ориентирована на поддержку работы приложений с максимальной скоростью передачи информации 1 Гбит/с. Волокна LazrSpeed и системы Blolite английской компании BICC Brand-Rex, согласно фирменным техническим условиям, могут поддерживать скорость передачи 10 Гбит/с при условии применения принципа спектрального уплотнения на четырех длинах волн (задел под перспективную технологию 10 Gigabit Ethernet). Несложный расчет показывает, что их коэффициент широкополосности должен составлять не менее 2,2 ГГц×км.

#### **4.1.5. Разновидности оптических кабелей СКС**

##### **4.1.5.1. Кабели внешней прокладки**

###### **Конструктивные особенности различных видов кабелей**

Кабели внешней, или наружной, прокладки используются для построения подсистемы внешних магистралей СКС. Основным требованием к их конструкции, наряду с малым затуханием и большой широкополосностью, является высокая механическая прочность

к растягивающим и сдавливающим усилиям, а также влагостойкость и широкий диапазон рабочих температур. Немаловажное значение имеют также хорошие массогабаритные показатели. Необходимый для практической эксплуатации уровень этих параметров может быть достигнут несколькими различными способами, каждому из которых отвечает своя каноническая конструкция кабелей.

В настоящее время известно большое количество конструкций оптических кабелей внешней прокладки, полную совокупность которых можно условно разделить на четыре группы (рис. 4.7).



Рис. 4.7. Типовые конструкции сердечников оптических кабелей: а) с профицированным сердечником; в) модульная; г) с центральной трубкой; д) ленточная

Основой кабеля с профицированным сердечником (рис. 4.7а, б) является фигурный элемент, в пазах или внутренних полостях которого укладываются волоконные световоды. Данная конструкция была достаточно широко распространена в 80-х годах. Из-за ограниченной емкости (обычно не более 16 волокон) в настоящее время применяется сравнительно редко.

Кабели так называемой модульной, или многомодульной [90], конструкции (рис. 4.7в) имеют традиционную повивиную скрутку<sup>1</sup>, причем каждый повив набирается из модулей диаметром около 2 мм (см. раздел 4.1.3). В модуле может размещаться от 1 до 12 волокон. В процессе производства кабеля обеспечивается свободная укладка волокон в трубку модуля. Поэтому в обычном состоянии кабеля световоды слегка скручиваются по спирали, располагаясь вдоль внутренней поверхности трубки. Это обеспечивает возможность небольшого упругого растяжения и сгибания кабеля во время прокладки без каких-либо ухудшений его оптических характеристик. Основная масса кабелей рассматриваемой разновидности, предлагаемых в настоящее время на рынке, имеет одноповивиную конструкцию. Наибольшее распространение получили шестимодульные конструкции, несколько реже применяются восьмимодульные варианты. При необходимости увеличения емкости модули располагают в двух повивах или используют центральный силовой элемент увеличенного диаметра, вокруг которого размещается большее количество модулей. Некоторые зарубежные фирмы называют рассматриваемую конструкцию multi tube cable; в отечественной литературе употребляется буквальный эквивалент этого термина – «многотрубочный кабель».

В качестве основы сердечника может быть использована также одна трубка большого диаметра, которая расположена по оси кабеля (рис. 4.7г). Такой вариант кабеля более удобен в разделке, а за счет максимального удаления волокон от внешней поверхности оболочки обеспечивается наилучшая защита от сдавливающих усилий, однако трубка несколько уступает традиционной многомодульной конструкции по рабочему диапазону температур и устойчивости к растяжению. Для дополнительного улучшения условий защиты волокон финская фирма NK Cables (бывшая Nokia) применила в трубчатых элементах Spiral Space

<sup>1</sup>Каждый стоп пропитывается в специальном теплофикационном кабеле (изоляция из поливинилхлорида и оболочка из нейлонового волокна-тканевый). Затем трубки можно бы легко соединять с помощью спиральной скрутки.

канал спиральной формы. В отечественной технической литературе эту разновидность кабелей иногда называют однотрубочной или одномодульной конструкцией.

Основная масса кабелей модульной конструкции в тех или иных вариантах практической реализации имеет емкость не более 144 волокон. В настоящее время они занимают доминирующее положение в общем объеме выпуска кабелей внешней прокладки. Это объясняется хорошей защитой волокон от механических и климатических воздействий, а также простотой и удобством разделки и монтажа.

На рынке в ограниченном количестве представлены и кабельные изделия, объединяющие в себе основные черты кабелей с профилированным сердечником и модульной конструкцией. В качестве основы их сердечника использован профилированный элемент, на внешней поверхности которого в пазы уложены трубы модулей с волоконными световодами. Наличие профилированного сердечника обеспечивает высокую устойчивость к давлевающим усилиям (например, у кабелей серии GNSLWLV фирмы Ericsson на спортная величина этого параметра составляет 6 кН вместо обычных 1,5 кН у традиционной модульной конструкции [91]), а наличие трубок модулей – удобство работы и повышенную продольную герметичность.

Ленточные кабели (рис. 4.7д) за счет очень плотной компоновки обеспечивают преимущество над конструкциями других типов при большом (несколько сотен и более) количестве волокон и поэтому используются, главным образом, при создании основных магистралей крупных городских телекоммуникационных сетей. Применение этих кабелей для построения СКС в настоящее время нецелесообразно, так как высокая емкость, на которой начинают проявляться их преимущества, в рассматриваемой области пока не требуется, а из-за особенностей конструкции работа по установке разъемов и изготовлению неразъемных соединителей требует сложного и дорогостоящего технологического оборудования и более высокой квалификации монтажников.

Кабели внешней прокладки (рис. 4.8) подразделяются на следующие виды:

- кабели, содержащие металлические упрочняющие элементы и/или электрические проводники;
- полностью диэлектрические кабели.

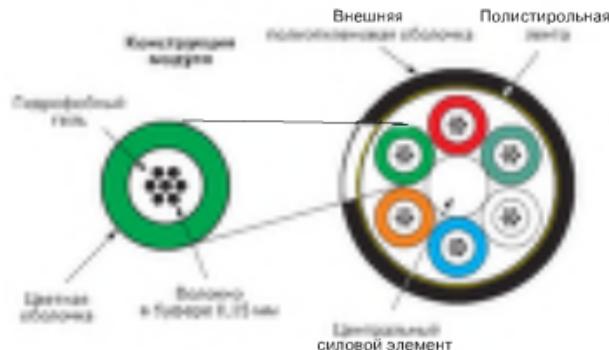


Рис. 4.8  
Пример конструкции кабеля  
внешней прокладки

В сравнении с полностью диэлектрическими конструкциями кабели с металлическими упрочняющими элементами обладают большей механической прочностью к сдавливающим и растягивающим усилиям, их световоды не повреждаются грызунами и при равной разрывной прочности имеют несколько меньший внешний диаметр. Их главным

недостатком считается то, что они не обеспечивают полную гальваническую развязку соединяемых пунктов.

Стандартный рабочий температурный диапазон волоконно-оптических кабелей внешней прокладки широкого применения составляет от  $-40$  до  $+70$  °C. Существуют специальные морозостойкие конструкции, нормально функционирующие при температурах до  $-60$  °C. Последнее значение задается жесткостью полизиэтилена (этот материал становится хрупким при температурах порядка  $-70$  °C), из которого изготавливаются внешние оболочки, и температурой застывания гидрофобного геля. Верхняя граничная рабочая температура определяется в основном характеристиками полизиэтилена. Так, точка плавления этого материала составляет около  $120$  °C. С учетом этой особенности некоторые производители гарантируют сохранение параметров своей продукции при кратковременном нагревании кабеля до  $90$  °C при условии отсутствия механических нагрузок. Дальнейшее увеличение рабочей температуры достигается в специальных конструкциях, предназначенных для применения в нефтехранилищах, на нефтепромыслах и других аналогичных объектах. За счет применения термостойких материалов они выдерживают нагрев до нескольких сотен градусов на протяжении нескольких часов [7].

### Упрочняющие покрытия и элементы

Оптические кабели выдвигают к механической прочности более жесткие требования по сравнению с симметричными электрическими. Это связано с меньшей пластичностью стекла по сравнению с медью и алюминием, которое допускает относительное удлинение под действием растягивающих усилий не более 2–3% по сравнению с 5–6% для медного проводника. Необходимую механическую прочность кабелю придает применение в его конструкции упрочняющих стеклоопластиковых и/или металлических элементов, которые воспринимают деформирующие усилия при прокладке и эксплуатации.

Работающие на растяжение упрочняющие элементы кабелей могут являться интегральной составной частью конструкции его сердечника и/или располагаться вне его в толще внешних оболочек. Наиболее часто в сердечнике используется центральный силовой элемент (стеклоопластиковый пруток, стальной трос в полимерном шланге или обычная проволока), в кабелях модульной конструкции некоторые модули могут заменяться работающими на растяжение прутками (filler). Внешние по отношению к сердечнику силовые элементы представлены в основном кевларовыми оплетками, проволоками или стеклоопластиковыми прутками в толще внешнего шланга (пример в схематическом виде изображен на рис. 4.7г) и броневыми покровами из стальной проволоки различного диаметра.

В случае применения стальной проволоки типовое максимальное растягивающее усилие составляет 10000 Н (в конструкциях с двухслойной броней оно достигает 20000 Н и более), при других видах брони – 2500–3500 Н. Последнее объясняется тем, что стальная проволока в отличие от ленты и оплетки хорошо работает на растяжение.

Броневые покровы кабеля придают ему дополнительную разрывную прочность и защищают его от сдавливающих усилий. В качестве брони могут быть использованы редкая или плотная металлическая оплетка, гофрированная стальная лента и круглая оцинкованная стальная проволока различного диаметра.

Броня из стальной ленты толщиной в несколько десятых миллиметра бывает двух разновидностей. Наиболее часто шов ленты располагается параллельно оси кабеля. В этом случае лента обязательно выполняется с небольшими гофрами, что позволяет добиться высокой гибкости кабеля. Броня на основе обмотки стальной лентой (оси ленты и кабельного сердечника располагаются в этом случае под определенным углом) используется

значительно реже. Во втором случае поверхность ленты делают гладкой, что несколько уменьшает внешний диаметр кабеля. Поверхность ленты в современных конструкциях часто снабжается полимерным покрытием для предотвращения коррозии.

Броня из стальной проволоки различного диаметра применяется при работе в тяжелых условиях и возможности воздействия значительных растягивающих усилий. При необходимости на кабель накладывается два слоя проволоки, причем оси проволок образуют небольшой угол с осью кабеля, а направления намотки слоев выбираются различными. Броня в виде плотной оплетки из проволоки диаметром в несколько десятых долей миллиметра выгодно отличается от стальной гофрированной ленты меньшей высотой и большей гибкостью, однако из-за малой производительности моточных станков для ее изготовления имеет очень ограниченное распространение.

Главные броневые покровы часто дополняются оплетками из стеклоцеллюлозных нитей, иногда ленточная броня дополнительно усиливается двумя или четырьмя стальными проволоками в толще шланга внешней оболочки (конструкция, применяемая, например, Lucent Technologies и Siemens). Последний вариант придает кабелю стойкость к растягивающим усилиям, близкую к стойкости кабеля с обычной проволочной броней, при этом масса и внешний диаметр увеличиваются незначительно.

Отметим, что по классификации некоторых производителей кабельной продукции (в частности, Siemens) броневыми покровами считаются только слои их круглой стальной проволоки. Остальные усиливающие компоненты относятся к элементам защиты от грызунов.

Функции элементов защиты от раздавливающих усилий выполняют в основном различные покровы и оболочки, которые обеспечивают защиту от усилия 1000 Н и более, приложенного к 1 см длины кабеля [92]. Заметное увеличение устойчивости к раздавливающим усилиям обеспечивается применением в качестве основы сердечника профилированного элемента. Известно также решение компании Ericsson, использованное в кабелях GNSLLDV и основанное на применении так называемого амортизационного слоя из терморасширяющейся ленты. Лента обычно расположена между двумя внешними оболочками и играет роль подушки, воспринимающей раздавливающие усилия.

Типовые механические характеристики современных серийных кабелей внешней прокладки приводятся в табл. 4.7.

*Таблица 4.7. Типовые механические и эксплуатационные характеристики современных кабелей внешней прокладки*

Параметр	Значение
Число волокон	4–144
Внешний диаметр кабеля, мм	10–20
Рабочий температурный диапазон:	
• монтаж	-10...+50 °C
• эксплуатация*	-40...+60 °C
Минимальный радиус изгиба:	
• прокладка	20 внешних диаметров
• эксплуатация	15 внешних диаметров
Максимально допустимое усилие на растяжение во время монтажа	2500–10000 Н
Максимально допустимое усилие на сдавливание, Н/см	2000–4000

\* Существуют специальные морозостойкие кабели, нижняя рабочая температура которых достигает -60 °C.

### Элементы обеспечения влагостойкости

Влагостойкость кабеля определяется наличием в его конструкции элементов, обеспечивающих продольную и поперечную герметизацию.

Основным средством обеспечения продольной герметизации является гидрофобный гель, который заполняет пустоты кабельного сердечника и свободное от световодов пространство внутри модулей. Материал гидрофобного геля выбирается таким образом, чтобы он:

- не терял водоотталкивающих свойств во всем рабочем диапазоне температур кабеля;
- не затвердевал при низких температурах;
- имел такую вязкость, чтобы не препятствовать перемещению световодов внутри трубы модуля и не вытекать из нее в процессе разделки и эксплуатации кабеля;
- был химически нейтральным, в том числе в отношении материала первичного буферного покрытия световода, и нетоксичным.

В последнее время в Западной Европе большую популярность начинает приобретать прокладка кабеля внутри труб различных городских служб, в том числе в водопроводных трубах. В кабелях, ориентированных на такие приложения, гидрофобный гель дополнительно должен отвечать требованию абсолютной нейтральности по отношению к питьевой воде.

Наиболее часто в качестве гидрофобного геля используются компаунды на основе высокомолекулярных соединений углеводородов. Как правило, свободное пространство внутри модуля и прочие пустоты кабельного сердечника заполняются одинаковым гелем. Известны также конструкции, где для этого применяется гель разного состава.

Поперечная герметизация кабеля задается наружными оболочками. В качестве материала наружной оболочки наиболее часто используются различные модификации полизитиленов. При этом для обеспечения высокой стойкости к воздействию ультрафиолетового излучения оболочка имеет черный цвет. В некоторых современных конструкциях дополнительно применяется слой целлюлозной бумаги, которая при попадании на нее влаги разбухает и герметизирует небольшие проколы оболочки.

Известно, что полимерные материалы, используемые в кабельной технике, имеют ограниченную стойкость к воздействию влаги, которая с течением времени просачивается через различные пластиковые оболочки. Высокую степень защиты от диффундирующих молекул воды обеспечивает гидрофобный гель. Считается поэтому, что при использовании кабеля в обычных, влажных и сырых условиях применение специальных мер по защите от влаги не требуется. При эксплуатации кабелей в условиях так называемой предельной влажности, то есть при постоянном нахождении его в воде, наиболее эффективным средством защиты от влаги является тонкая металлическая оболочка, которая является абсолютно непроницаемой для влаги. Последняя изготавливается из алюминия или меди.

Поперечную герметизацию кабеля увеличивают также некоторые типы броневых покровов. Наиболее эффективной из них является броня из стальной гофрированной ленты при условии дополнительной проклейки продольного шва влагостойким kleem или его сварки.

### Дополнительные элементы конструкции кабелей внешней прокладки

Кроме рассмотренных выше основных элементов, в конструкции кабелей внешней прокладки более или менее широко используется ряд дополнительных компонентов, улучшающих те или иные его свойства, а также облегчающие работу с этим изделием.

Для облегчения разделки кабелей под каждую внешнюю оболочку закладывается прочная разрывная нить (rip-cord), которая при вытягивании делает на оболочке продольный

разрез, открывая доступ к элементам кабельного сердечника. В некоторых кабелях такая нить используется также для вскрытия клеевого шва броневого покрова из стальной гофрированной ленты.

Одной из проблем, возникающих в процессе эксплуатации оптических кабелей, является обеспечение их защиты от грызунов. Известен ряд способов решения данной задачи вплоть до добавления ядовитых и отпугивающих компонентов в материал внешней оболочки. Наиболее эффективным и в то же время недорогим средством решения данной проблемы является использование бронированных кабелей. При необходимости обеспечения гальванической развязки используются неметаллические элементы. В этой области известны решения как на основе оплеток из стеклонапластиковых нитей, так и монолитных трубок, причем данные элементы располагаются непосредственно под шлангом внешней оболочки.

#### 4.1.5.2. Кабели внутренней прокладки

Волоконно-оптические кабели внутренней прокладки (indoor cables), иногда называемые кабелями внутриобъектовой прокладки, используются для построения горизонтальной подсистемы и подсистемы внутренних магистралей СКС. От кабелей внешней прокладки они отличаются по двум основным параметрам:

- меньшим внешним диаметром и массой в сочетании с более высокой гибкостью за счет отсутствия гидрофобного заполнителя<sup>4</sup> и применения облегченных упрочняющих покрытий без броневых покровов;
- лучшими характеристиками пожарной безопасности.

Как и кабели на основе витых пар, волоконно-оптические кабели внутренней прокладки, применяемые в СКС, должны соответствовать требованиям пожарной безопасности. Свойства кабеля с точки зрения пожарной безопасности определяются материалом диэлектриков, используемых в его конструкции (главным образом, материалом внешней оболочки). Производители в своих каталогах обычно подразделяют кабели внутренней прокладки на Plenum и Riser. Более подробно аспекты пожарной безопасности СКС рассмотрены в главе 8.

Световоды кабелей рассматриваемой группы обязательно снабжаются вторичным защитным полимерным покрытием диаметром 900 мкм, которое без зазора уложено на первичное покрытие диаметром 250 мкм. Волокно в таком покрытии допускает непосредственную установку вилки оптического разъема без применения каких-либо дополнительных элементов. Удобство монтажа разъема достигается ценой некоторого увеличения коэффициента затухания по сравнению с кабелями внешней прокладки. Это, однако, не имеет существенного значения, так как согласно стандартам длина кабеля подсистемы внутренних магистралей не превышает 500 м.

Для защиты кабельного сердечника от механических воздействий в кабелях внутренней прокладки используется слой кевларовых нитей, который расположен непосредственно под шлангом внешней оболочки. В отличие от кабелей внешней прокладки здесь наблюдается свободная укладка этих нитей без сплетения в оплетку.

Кабели внутренней прокладки известны в двух основных конструктивных разновидностях. Изделия первой группы называются распределительными кабелями (distribution) и содержат световоды в буферном покрытии 0,9 мм, которые вместе с кевларовыми упрочняющими нитями помещены в общую защитную оболочку. Их разделка осуществляется в коммутационных устройствах (см. раздел 4.3). В так называемых breakout-кабелях каждый

<sup>4</sup> Данные оптические кабели могут быть упакованы в фольгу, которая предотвращает проникновение влаги в кабель в том положении, когда кабель не имеет определенной изгибающей силы.

световод дополнительном помещен в защитный шланг внешним диаметром 2–3 мм. Таким образом, данное изделие может рассматриваться как конструктивный аналог многозлементного электрического многошарнирного кабеля. Такие конструкции обладают большим внешним диаметром и механической прочностью, что определяется как наличием центрального силового элемента, так и дополнительным слоем кевларовых нитей под каждым индивидуальным защитным шлангом. Они ориентированы, в первую очередь, на изготовление претерминированных сборок (см. раздел 4.4.2) и, как это следует из названия (breakout по-английски означает место отвода из многожильного кабеля), выполнение отводов отдельных световодов без использования разветвительных муфт. Не исключается, хотя и редко применяется на практике, возможность изготовления многоволоконных соединительных шнурков.

Пример конструкции кабелей внутренней прокладки показан на рис. 4.9, а в табл. 4.8 приводятся типовые механические характеристики современных серийных изделий этого типа.



Рис. 4.9. Кабели внутриобъектовой прокладки фирмы Mohawk: слева – distribution, справа – breakout

Таблица 4.8. Типовые механические характеристики современных кабелей внутренней прокладки

Параметр	Значение
Число волокон	2–36
Внешний диаметр кабеля, мм	5–15
Рабочий температурный диапазон:	
• прокладка	0..+30 °C
• эксплуатация	-20..+70 °C
Минимальный радиус изгиба:	
• прокладка	15 внешних диаметров
• эксплуатация	10 внешних диаметров
Максимально допустимое усилие на растяжение во время монтажа, Н	400–3000
Максимально допустимое усилие на сдавливание, Н/см	1500–2000

Типовое максимальное значение емкости кабелей внутренней прокладки не превышает 12 волокон. В основной своей массе такие кабели не имеют центрального силового элемента, а их механическая прочность обеспечивается только слоем кевларовых нитей. Только

некоторые фирмы, например Ericsson, используют в качестве основы распределительных кабелей профилированный сердечник (конструкция типа GNSLBDV), выполняющий функции силовой основы.

В случае необходимости увеличения емкости применяют конструкцию, аналогичную кабелям внешней прокладки модульной конструкции: вокруг центрального элемента, выполняющего функции силовой основы, укладывается несколько (в большинстве случаев шесть, реже двенадцать) обычных кабелей. После этого полученный сердечник закрывается общей внешней защитной оболочкой. Такой прием позволяет увеличить емкость до 144 волокон. При необходимости получения в рассматриваемой конструкции меньшей емкости некоторые из таких «модулей» заменяются упрощающими прутками и/или заполнителями. Кабели подобной конструкции обычно изготавливаются на заказ.

Наличие дополнительных оболочек световода в сочетании с меньшей плотностью укладки вызывает также довольно значительный рост габаритов сердечника кабеля внутренней прокладки. Особенно ярко это проявляется в конструкциях типа breakout. В целом, из-за отсутствия брони и применения облегченных упрощающих покрытий внешний диаметр кабелей рассматриваемой группы и особенно их масса оказываются заметно меньшими по сравнению с кабелями внешней прокладки такой же емкости.

Для уменьшения внешних габаритов кабелей рассматриваемой разновидности иногда применяют ленточную конструкцию. Пример такого решения с четырехволоконной лентой изображен на рис. 4.10.

Рабочая температура кабелей внутренней прокладки составляет обычно от  $-20$  до  $+70$  °С.

#### **4.1.5.3. Кабели для соединения зданий**

Кабели рассматриваемой в этом разделе разновидности занимают промежуточное положение между кабелями внутренней и внешней прокладки. Достаточно массовое их появление в широкой коммерческой продаже в конце 90-х годов было стимулировано быстрым ростом масштабов локальных сетей и увеличением относительной доли внешних подсистем в процессе реализации СКС. Основой конструкции таких изделий является кабель внутренней прокладки, однако, за счет применения специальных конструктивных мероприятий, их устойчивость к воздействию факторов окружающей среды повышена настолько, что они могут использоваться для соединения отдельных зданий при общей длине трассы до нескольких сотен метров. Тем более, по цене эти кабели заметно превосходят обычные кабели внешней прокладки.

Вот главные отличительные черты кабелей для соединения зданий:

- применение в их конструкциях материалов, обеспечивающих возможность работы при температурах от  $-30...-40$  до  $+70...+80$  °С (то есть имеющих расширенный рабочий температурный диапазон);
- наличие дополнительных элементов, увеличивающих их влагостойкость;
- использование в некоторых конструкциях полимерных элементов защиты от грызунов (пример – Qline фирмы Leonis).

Наибольшей популярностью в этой области пользуются варианты, основанные на двухслойной внешней оболочке. Внешний слой изготавливается из малодымного безгалогенного материала и обеспечивает пожароустойчивость, требуемую стандартами для



Рис. 4.10. Кабель внутренней прокладки типа GAXLBD фирмы Ericsson

прокладки внутри зданий. Вторая внутренняя оболочка создает необходимую влагостойкость. Некоторое улучшение прочностных характеристик достигается в данной конструкции применением второго слоя кевларовых нитей, размещаемого между оболочками. Такие кабели иногда называются кабелями с усиленной оболочкой или просто усиленными (*reinforced*). Второе решение используется в некоторых кабелях фирмы Ericsson, где под внешнюю оболочку закладывается влагонепроницаемая лента. Такая лента дополнитель но разбухает под воздействием влаги и герметизирует небольшие проколы внешней оболочки.

Применение кабелей рассматриваемой разновидности позволяет отказаться от установки на входе в здание дорогостоящих переходных муфт, наличие которых, кроме того, снижает эксплуатационную надежность линий связи.

Отметим также, что, согласно фирменным рекомендациям некоторых производителей СКС, в тех случаях, когда кабель внутренней прокладки нормально функционирует при температурах от  $-40$  до  $+80$  °C, его можно применять для организации внешних магистралей небольшой протяженности. Единственное ограничение – необходимость защиты от попадания влаги (обычно она обеспечивается за счет использования прокладки внутри трубы).

#### 4.1.5.4. Кабели для шнуров

Кабель для шнуров, который достаточно часто называется миникабелем, предназначен для изготовления из него коммутационных и оконечных шнурков. Его можно использовать для реализации горизонтальной проводки при реализации проектов fiber to the desk и fiber to the room. Иногда этот тип кабеля применяется для локальной разводки в помещениях аппаратных и кроссовых.

Эта разновидность кабельных изделий фактически представляет собой кабель внутренней прокладки с одним или двумя световодами в буферном покрытии диаметром 0,9 мм, однако из-за массовой распространенности кабели для шнуров выделяются в отдельную группу.

Сразу же отметим, что в кабелях для шнурков, как, впрочем, и в кабелях внутренней прокладки, практически не используется волокно в буферном покрытии диаметром 0,25 мм. Примерно до середины 1996 года на российском рынке часто встречались шнуры из кабеля типа ОКГ производства московского завода «Электропровод», где было использовано такое решение, однако из-за сложностей установки вилок оптических разъемов выпуск данной продукции в настоящее время прекратился.

Конструкции кабелей для шнурков показаны на рис. 4.11. Кабели первого поколения делились на одинарные (рис. 4.11а) и двойные. Последние изготавливались без дополнительной

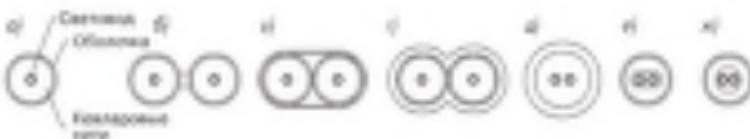


Рис. 4.11. Конструкции кабелей для шнурков: а) одинарный (*simplex*); б) двойной типа *zip-cord* (*zip-cord duplex*); в) двойной типа *dual subunit duplex* или *heavy duty duplex*; г) кабель *Duplex+* швейцарской фирмы Brugg; д) *round duplex*; е) с двойной лентой; ж) типа *mini-breakout*

общей оболочки (рис. 4.11б) или с общей оболочкой различной формы и толщины (рис. 4.11в–д). Обычные двойные кабели без оболочки наиболее часто называются zip-cord или zip-cord-duplex, кабели с общей внешней оболочкой носят название heavy duty duplex. Немецкая фирма Kerpel обозначает двойные кабели без оболочки, которые применяются в кабельной системе FLine, как duplex figure 8, а с оболочкой – duplex figure 0. Корпорация Alcatel применяет для обозначения конструкции последнего типа термин «овальный кабель» (dual fiber oval cable), а израильская компания Teldor – flat duplex («плоский дуплексный»).

Кабели группы heavy duty duplex известны в двух разновидностях. В первой из них, получившей более широкое распространение, оболочка имеет небольшую толщину и просто охватывает защитные шланги отдельных волокон (конструкции типа M9X080 и M9X081 фирмы Mohawk, тип 1861 компании Lucent Technologies – рис. 4.11в). Во втором варианте оболочка имеет большую толщину и частично входит в зазор между шлангами (кабель Duplex+ швейцарской компании Brugg, рис. 4.11г). Общей отличительной чертой кабелей рассматриваемой группы является то, что они фактически состоят из двух simplex-кабелей, шланги которых не имеют специальных элементов крепления друг к другу и фиксируются только общей оболочкой. Считается, что кабели с общей оболочкой обеспечивает лучшую защиту от механических воздействий и более удобны в эксплуатации, однако конструкции типа zip-cord имеют несколько меньшую стоимость, что определяет их широкую популярность в практике построения СКС.

Как и в кабелях внутренней прокладки, в кабеле для шнурков в целях защиты волоконных световодов используется полимерное покрытие диаметром 900 мкм. Необходимую механическую прочность таким кабелям придает слой кевларовых нитей, который расположен под внешней оболочкой и окружает световод в буферном покрытии 0,9 мм.

Иногда на рынке встречаются изделия, ориентированные, в первую очередь, на конкретные применения. В качестве примера укажем двойные кабели типа DX серии Ultra-Fox американской компании Optical Cable Corporation с гибкой поливинилхлоридной оболочкой. Внешние габариты этого изделия оптимизированы для установки вилок оптических разъемов M1C.

На рис. 4.11е,ж изображены две конструкции, популярность которых в технике СКС в последнее время быстро растет. Их отличительной чертой является наличие общей защитной оболочки стандартного для одинарного кабеля диаметром 2,5–3 мм, под которой находятся два световода. Волокна могут быть объединены в ленту (рис. 4.11е) или уложены в тонкостенную трубку диаметром 0,9 мм (конструкция типа mini-breakout – рис. 4.11ж). В последнем случае, естественно, световоды имеют только первичное защитное покрытие внешним диаметром 0,25 мм. Такие кабели предназначены, в первую очередь, для изготовления соединительных шнурков на основе разъемов с увеличенной плотностью установки (см. далее раздел 4.2.6).

Типовые механические характеристики современных кабелей для шнурков приводятся в табл. 4.9.

Важной особенностью волоконно-оптических кабелей для шнурков, существенно отличающих их от электрических симметричных кабелей аналогичного назначения, является то, что несмотря на повышенную гибкость, их основные передаточные параметры (затухание и коэффициент широкополосности) полностью эквивалентны передаточным параметрам магистральных кабелей. Это позволяет в существенно более широких пределах варьировать длины соединительных и коммутационных шнурков, в том числе увеличивать их длину более чем на 30 м за счет соответствующего уменьшения длин магистральных кабелей.

Таблица 4.9. Типовые механические характеристики кабелей для шнуров

Параметр	Значение
Число волокон	1–2
Диаметр защитного полимерного покрытия волокна, мкм	900
Внешний диаметр защитной оболочки каждого волокна, мм	3,5±0,0
Рабочий температурный диапазон, °С :	
• прокладка	0...+30
• эксплуатация	-20...+70
Минимальный радиус изгиба внешних диаметров:	
• прокладка	15
• эксплуатация	10
Максимально допустимое усилие на растяжение во время прокладки, Н:	
• для одинарных:	350
• для двойных:	700
Максимально допустимое усилие на сдавливание, Н/см	200

#### 4.1.6. Цветовая кодировка и маркировка оптических кабелей

Цветовая маркировка оптических кабельных изделий строится преимущественно по принципу маркировки электрических кабелей. В основные маркирующие цвета окрашиваются внешние покрытия отдельных световодов, трубы модулей и элементы грушировки волокон в пучки (ленточки и нити). При этом имеются следующие особенности:

- маркирующие цвета не делятся на цвета для обозначения отдельных волокон и их групп;
- практически не применяются элементы, облегчающие парную грушировку волокон. Известны лишь единичные образцы кабелей, в которых два световода имеют одинаковый цвет внешнего покрытия, причем на втором волокне пары через 20–30 мм ставится кольцевая метка. Формально данная метка означает принадлежность волокна к следующей группе, но на практике в случае ее наличия волокна одного цвета подключаются к одной паре розеток;
- в оптических кабелях импортного производства существенно чаще по сравнению с электрическими кабелями используется цветовая кодировка, отличная от приведенной в табл. 3.17 (см. примеры в табл. 4.10).

Таблица 4.10. Цветовая кодировка волокон и модулей европейских производителей оптических кабелей

Фирма-изготовитель	1	2	3	4	5	6
Brugg, Швейцария*	Красный	Зеленый	Желтый	Синий	Белый	Фиолетовый
Draka Norsk Kabel, Норвегия	Черный	Коричневый	Красный	Оранжевый	Желтый	Зеленый
Siemens, Германия**	Красный	Зеленый	Синий	Желтый	Бесцветный	—
Ericsson, Швеция	Красный	Синий	Белый	Зеленый	Желтый	Серый
Fabryka Kabli Oszarow, Польша	Красный	Зеленый	Синий	Белый	Фиолетовый	Оранжевый
Helkama, Финляндия	Синий	Белый	Желтый	Зеленый	Серый	Красный

Таблица 4.10. Цветовая кодировка волокон и модулей европейских производителей оптических кабелей (окончание)

Фирма-изготовитель	7	8	9	10	11	12
Brugg, Швейцария*	Оранжевый	Черный	Серый	Коричневый	Розовый	Бирюзовый
ABB, Норвегия	Синий	Фиолетовый	Серый	Белый	-	-
Siemens, Германия**	-	-	-	-	-	-
Ericsson, Швеция	Коричневый	Черный	Оранжевый	Фиолетовый	Розовый	Бирюзовый
Fabryka Kabli Oszarow, Польша	Серый	Желтый	Коричневый	Розовый	Черный	Бирюзовый
Helkama, Финляндия	-	-	-	-	-	-

\* Этот же принцип цветовой кодировки принят в швейцарском стандарте PTT CH 840.05.02.

\*\* Этот же принцип цветовой кодировки принят в стандартах DIN 47002 и IEC-304.

Кроме обычной цветовой кодировки трубок модулей кабелей внешней прокладки, в Российской Федерации и некоторых европейских странах достаточно широко используется ее разновидность, которую можно назвать ключевой схемой кодирования. Принцип такого кодирования состоит в том, что в каждом новиве имеется всего два окрашенных модуля разных цветов, которые могут располагаться необязательно друг рядом с другом. Модулю одного из цветов, например красному, присваивается первый номер (ключевой модуль), далее модули нумеруются в порядке возрастания от первого цветного в сторону второго (онорный модуль).

При ключевой схеме маркировки различного рода трубчатые заполнители и упрочняющие элементы, располагаемые в структуре сердечника, окрашиваются в черный цвет.

В немецкоязычных странах тип кабеля задается по DIN VDE 0888, благодаря чему кабельная продукция различных заводов и одной конструкции имеет одинаковую марку. Для определения предприятия-изготовителя под внешнюю оболочку закладывают цветную опознавательную ленту. Так, например, в кабелях фирмы Siemens используются две белых, красная и зеленая нити, тогда как в кабелях компании Siecor (Siemens и Corning) – две красных, зеленая и черная нитки [93].

Применение цветовой маркировки наружных оболочек кабелей внутренней прокладки и кабелей для шнуров не нормируется действующими редакциями стандартов СКС. На практике она отличается большим разнообразием и определяется в основном внутриfirmенными стандартами производителя. Отметим только достаточно широкое использование оранжевой окраски оболочек, изготовленных из негорючих малодымных материалов (аналогично электрическим кабелям), и практически повсеместную окраску оболочек однодомовых кабелей для шнуров в желтый цвет.

Производители кабельной продукции придерживаются индивидуальной системы маркировки оптических кабелей, основанной на рекомендации МЭК-794-1. Обычно марка представляет собой буквенно-цифровой индекс, в котором с большей или меньшей степенью детализации зашифрованы основные сведения о конструкции и назначении кабеля, а также о его оптических характеристиках. К индексу, который наносится на внешнюю оболочку, обязательно добавляются футовые или метровые метки длины. Маркировка оптических кабелей внешней прокладки выполняется краской или термическим способом. Последний вариант обеспечивает большую износостойкость и лучше сохраняется после протяжки, например, в кабельной канализации. Из дополнительных маркирующих элементов, иногда наносимых на внешнюю оболочку, отметим знак волны или двойной синусоиды (оптический кабель) и телефонной трубы (кабель связи) – рис. 4.12.

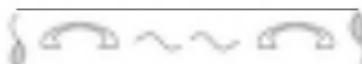


Рис. 4.12. Маркировка оптических кабелей внешней прокладки по DIN 0888

На российских кабельных заводах распространено использование термической маркировки без заполнения знаков краской, что существенно снижает удобство работы с кабелем, особенно при его складском хранении.

## 4.2. Оптические разъемы

Одной из основных проблем, которую приходится решать при создании любой линии оптической связи, является необходимость сращивания волоконных световодов друг с другом. В общем случае данная задача может быть решена двумя принципиально различными способами: с помощью разъемных или неразъемных оптических соединителей (рис. 4.13). Неразъемные соединители, которые иногда называются спротками, широко применяются при создании линий связи большой протяженности (например, сетей связи общего пользования масштаба города и более). Специфика построения оптических трактов СКС, связанная с их небольшой протяженностью, приводит к тому, что на них для сращивания световодов используются в основном разъемные соединители или просто разъемы, подробно рассматриваемые ниже.



Рис. 4.13  
Основные разновидности  
оптических соединителей

### 4.2.1. Назначение оптических разъемов и основные требования к ним

Оптические разъемы, которые иногда называются разъемными соединителями, предназначены для обеспечения разъемного подключения соединительных и оконечных шнуров к коммутационному оборудованию в кроссовых, информационным розеткам рабочих мест и к сетевому оборудованию.

В перечень основных функций оптического разъема входит:

- обеспечение ввода волокна в точку сращивания с заданным радиусом изгиба;
- защита волокна от внешних механических и климатических воздействий;
- фиксация волокна в центрирующей системе.

Изделия, рассматриваемые в этом разделе, должны отвечать следующим основным техническим требованиям:

- внесение минимального затухания в сочетании с получением высокого затухания обратного рассеяния;
- обеспечение долговременной стабильности и воспроизводимости параметров;
- высокая механическая прочность при минимальных габаритах и массе;
- простота установки на кабель;

- простота процесса подключения и отключения;
- наличие у наконечников вышуковых торцевых поверхностей;
- предварительная специальная обработка наконечников.

Требования стандартов к оптическим разъемам содержатся в обоих основных нормативных документах (TIA/EIA-568-A и ISO/IEC-11801). Стандарты нормируют только самые общие положения и задают:

- тип разъемов, допустимых для применения в оптических подсистемах СКС;
- основные передаточные параметры разъемов различных типов;
- требования к долговечности разъемов;
- правила подключения оптических разъемов.

Требования стандартов к предельным значениям затухания, потерю на отражение и долговечности оптических разъемов СКС приведены в табл. 4.11.

Таблица 4.11. Основные характеристики оптических разъемов СКС по ISO/IEC 11801

Параметр	Многомодовые	Одномодовые
Затухание, дБ	≤0,5	≤0,5
Коэффициент обратного отражения, дБ	≤-20	≤-26
Количество циклов соединения-разъединения	500	500

В СКС, согласно действующим редакциям стандартов, можно использовать оптические разъемы только двух типов – SC и ST. Во всех вновь создаваемых СКС должны применяться только разъемы типа SC. В существующих СКС с разъемами типа ST их можно продолжать использовать, при расширении таких СКС тоже можно применять ST разъемы. Для подключения к СКС сетевого оборудования с разъемами других типов предлагается использовать оконечные шнуры, с одной стороны которого установлены вилки разъема SC, а с другой – вилки разъема другого типа. Не исключается также применение адаптеров (переходников) с разъемами SC на разъемы другого типа, которые рассмотрены далее в разделе 4.5.

Разъем должен снабжаться символичной маркировкой в виде букв А и В. Вилку с маркировкой А всегда необходимо подключать к розетке с такой же маркировкой, и наоборот. Двойная вилка SC разъема по стандарту должна иметь разную маркировку своих половин, причем, если смотреть на нее со стороны наконечников так, чтобы ключи были сверху, то левая вилка всегда маркирована буквой А, а правая – буквой В. Маркировка проходной розетки имеет одну особенность. По разным своим сторонам она имеет разную маркировку (рис. 4.16). Смысл маркировки вилок и розеток разъема SC 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 оптического приемника, а с маркировкой В выходом оптического передатчика.

В настоящее время большинство разъемов рассчитано на соединение двух световодов. Существуют конструкции, получившие название групповых (или многоканальных) разъемов, которые обеспечивают одновременное спрямление двух или более пар волоконных световодов. При этом доля таких конструкций в общем объеме растет очень быстрыми темпами. Для применения в специальных условиях эксплуатации (повышенная влажность, пары агрессивных материалов и т.д.) используются герметичные разъемы. Известны и конструк-

ции так называемых гибридных разъемов, позволяющих одновременно сращивать как световоды, так и электрические проводники.

Существуют линзовье и контактные варианты исполнения оптических разъемов. Разъемы линзового типа (рис. 4.14) были широко распространены на ранних этапах развития техники оптической связи и предполагают использование линз или их аналогов. С помощью данного элемента свет, выходящий из передающего световода, сначала преобразуется в параллельный пучок большого диаметра, а затем с помощью второго элемента фокусируется на сердцевину принимающего волокна. Основным преимуществом данного варианта является меньшая чувствительность к осевым и боковым смещениям сращиваемых волокон.



Рис. 4.14  
Оптический разъем линзового типа

Разъемы контактного типа (рис. 4.15) предполагают соединение световодовстык, причем дополнительно контролируется параллельность их осей друг другу и минимально возможное расстояние между торцами. За счет такой конструкции соединители контактного типа позволяют 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 разъемов реализуют контактную схему соединения.

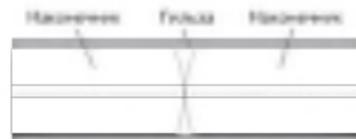


Рис. 4.15. Оптический разъем контактного типа

Основой большинства конструкций разъемов контактного типа является штекерный наконечник. Этот наконечник вставляется в юстирующий элемент в виде втулки, а сам разъем содержит два основных компонента: вилку (коннектор) и розетку (coupler).

Основная масса разъемов, выпускаемых промышленностью, реализована по так называемой симметричной схеме, то есть оба сращиваемых световода армируются одинаковыми вилками, которые затем с двух сторон вставляются в соединительную розетку, снабженную специальным центратором. Существует также достаточно немногочисленная группа оптических разъемов, которые содержат всего два элемента: вилку и розетку. Такие соединители получили название несимметричных.

Для фиксации вилки, установленной в розетку, может использоваться байonetный элемент (так называемый разъем типа ST), защелка, причем данный элемент может быть выполнен как внутренним (разъем типа SC), так и внешним рычажного типа (разъемы LC, E-2000), а также многогранная или круглая с накатанной поверхностью накид-

ная гайка (разъемы типов FC и SMA). Аналогичным образом производится подключение к оптическому кабелю оконечного активного оборудования, интерфейс которого снабжен ответной частью розетки оптического разъема.

Разъемы изготавливаются как в многомодовом, так и в одномодовом варианте, причем последний конструктивно оформляется аналогично многомодовому разъему и отличается в основном более жесткими допусками на геометрические размеры наконечника вилки и центрирующих элементов розетки, позволяющими удержать потери при сращивании одномодовых световодов в приемлемых 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 разъемы имеют вилки нескольких разновидностей, рассчитанные для установки на волокно с различным диаметром оболочки (125, 140, 280 мкм и т.д.). Конструктивно они отличаются друг от друга только диаметром отверстия наконечника.

Рабочий температурный диапазон большинства конструкций оптических разъемов составляет от  $-40$  до  $+85$  °С, то есть совпадает с рабочим температурным диапазоном большинства конструкций кабелей внешней прокладки.

Основные параметры некоторых типов оптических разъемов приводятся в табл. 4.12, а схема подключения представлена на рис. 4.16.

Таблица 4.12. Основные параметры оптических разъемов

Тип разъема	Материал наконечника	Фиксатор	Среднее затухание, дБ, на длине волны 1300 нм	
			многомодовый	одномодовый
FC	Керамика	Накидная гайка	0,2	0,3
MIC	Керамика	Защелка	0,3	0,4
SC	Керамика	Защелка	0,2	0,25
SMA	Сталь	Накидная гайка	1,0	—
ST	Керамика	Байонетный	0,25	0,3
E-2000	Мельхиор	Защелка	0,2	0,25

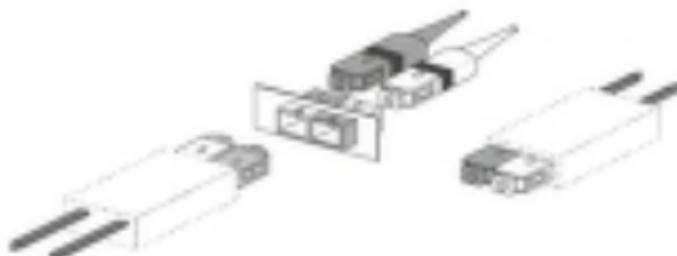


Рис. 4.16 Схема подключения оптического разъема

## 4.2.2. Параметры оптических разъемов

### 4.2.2.1. Вносимые потери

Потери в оптических разъемах определяются целым рядом причин, которые в общем виде могут быть выделены в следующие группы:

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

К числу основных *внутренних факторов*, которые вызывают потери в оптических разъемах, относятся эксцентризитет и эллиптичность сердцевины, а также разность диаметров, числовых апертур и профилей показателей преломления срашиваемых световодов. Необходимость учета эксцентризитета и эллиптичности возникла на ранних стадиях развития техники оптической связи. В настоящее время в связи с достигнутым технологическим уровнем изготовления оптических волокон эти факторы перестали играть первостепенное значение [94]. Так, например, при величине эллиптичности сердцевины 5% вносимые потери не превышают 0,1 дБ.

Потери за счет разности диаметров срашиваемых световодов наиболее часто встречаются на практике в случае применения многомодовой техники, так как стандартами допускается использование в СКС двух типов волокон с диаметрами сердцевины 50 и 62,5 мкм. Сразу же отметим, что потери этого вида происходят только при переходе из волокна с большим диаметром в волокно с меньшим диаметром. При срашивании волокон с одинаковыми номинальными диаметрами потери рассматриваемого вида возникают из-за допуска на диаметры сердцевины.

Потери за счет разности числовых апертур возникают, главным образом, из-за наличия производственных допусков на этот параметр.

В перечень составляющих потерь, вызываемых *внешними факторами*, входят потери за счет наличия воздушного промежутка между торцами срашиваемых световодов, радиальных и угловых смещений волокон, ненарядельности торцевых поверхностей световодов в разъемах. Потери этого вида обусловлены неизбежными производственными допусками на геометрические размеры отдельных деталей оптического разъема, выполняющих центрирование срашиваемых волокон.

В тех случаях, когда между торцевыми поверхностями срашиваемых световодов имеется воздушный промежуток, возникают дополнительные *френелевские потери*, которые обусловлены частичными отражениями светового потока на границе раздела воздух-стекло.

### 4.2.2.2. Обратные отражения

В любом оптическом разъеме между торцевыми поверхностями срашиваемых световодов обязательно 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 отраженного в обратном направлении светового потока.

Поток обратного отражения оказывает отрицательное влияние на высокоскоростные лазерные оптические передатчики, так как, попадая обратно в резонатор, он вызывает

сильные искажения передаваемого сигнала. В принципе причиной возникновения обратных отражений может явиться любая неоднородность световода, однако наибольший вклад вносят оптические разъемы. На основании этого в процессе создания линий оптической связи значение обратного отражения должно контролироваться достаточно жестко. Мерой величины обратных отражений является коэффициент обратного отражения, который определяется как отношение мощности отраженного светового потока к мощности излучающего и, из-за своей малости, выражаемый обычно в логарифмических единицах.

Стандарты TIA/EIA-568A и ISO/IEC 11801 требуют применять в конструкции много-модовых оптических разъемов такие решения, чтобы они имели коэффициент обратного отражения не хуже  $-20$  дБ, тогда как для одномодовых разъемов величина этого параметра должна быть не хуже  $-26$  дБ. Фактически последнее значение недостаточно для многих приложений, и разработан ряд методов по его снижению. В зависимости от достижимого коэффициента обратного отражения одномодовые разъемы делят на классы:

- PC                             $< -30$  дБ
- Super PC (SPC)             $< -40$  дБ
- Ultra PC (UPC)             $< -50$  дБ
- Angled PC (APC)           $< -60$  дБ

Обязательным условием минимизации обратного отражения является наличие так называемого физического контакта (physical contact – РС), при котором стекло сердцевины световода вилки одного разъема прижато к стеклу сердцевины другого (по крайней мере, частично) без воздушного зазора. Наличие физического контакта особенно важно для одномодовых разъемов. Этого условия практически невозможно добиться в наконечниках с плоской формой торцевой поверхности, популярных в разъемах разработки до 1985 года (рис. 4.17а). Для достижения физического контакта применяют целый ряд технических и технологических приемов, краткий перечень основных из которых включает в себя:

- нажимные пружины, которые при вставленных в розетку вилках прижимают торцы наконечников друг к другу;
- наконечники с выпуклыми торцевыми поверхностями (радиус скругления 10–15 мм) – рис. 4.17б;
- специальную технологию обработки торцевой поверхности.

Наиболее эффективным, хотя самым сложным в технической реализации и соответственно дорогим средством минимизации обратных отражений, является применение наконечников со склоненными под небольшим углом (примерно  $8^\circ$ ) торцевыми поверхностями (так называемые pre-angled endface-наконечники) – рис. 4.17в.



Рис. 4.17. Формы торцевой поверхности наконечников коннекторов: а) плоская; б) выпуклая классов PC, SuperPC, UltraPC; в) склоненная (Angled PC)

Упомянем также одно техническое решение, которое пользовалось большой популярностью на ранних этапах развития техники волоконно-оптической связи. Для минимизации обратных отражений в разъемы здесь в область контакта световодов заканчивается прозрачная иммерсионная жидкость, показатель преломления которой выбирается близким

к показателю преломления стекла. Подобное решение существенно усложняет эксплуатацию разъемов и в связи с улучшением технологии обработки наконечников практически вытеснено из широкой практики. Иммерсионный гель применяется только в некоторых типах так называемых механических коннекторов и в механических спайсах, то есть в элементах, где число циклов сращивания и разъединения сведено к минимуму.

### **4.2.3. Конструктивные особенности оптических разъемов**

В состав оптического разъема входят следующие основные узлы и детали:

- наконечник или другой элемент для фиксации волокон;
- элемент центрирования сращиваемых волокон относительно друг друга;
- корпус с элементами защиты от проворачивания и неправильного подключения;
- элементы фиксации за упирающиеся покрытия световодов и кабеля;
- хвостовик;
- защитный колпачок.

В зависимости от конструктивного исполнения оптического разъема те или иные конструктивные элементы из приведенного списка могут отсутствовать.

#### **4.2.3.1. Наконечники вилок оптических разъемов**

Основной деталью большинства типов вилок является осесимметричный наконечник с центральным отверстием, в котором фиксируется конец волоконного световода. Для уменьшения потерь в точке сращивания торец световода обязательно шлифуется и полируется заподлицо с торцом наконечника. Конструкция основной массы оптических разъемов основана на применении цилиндрических наконечников диаметром 2,5 мм. Известны также изделия с наконечниками другого диаметра и формы, отличной от цилиндрической. Торцевая поверхность наконечника обязательно выполняется с фаской. Это облегчает установку вилки в розетку. Кроме того, в собранном состоянии разъема между наконечниками в краевой их части остается свободное пространство, куда попадают частицы загрязнения, и торцевые поверхности наконечников за счет этого могут быть

вылотную прижаты друг к другу.



Рис. 4.18. Наконечник моноблочной конструкции

дит его по механической стабильности и прочностным характеристикам. Керамические наконечники превосходят наконечники из других материалов по долговечности и стабильности при работе в широком диапазоне температур. Еще одним свойством керамических наконечников является возможность достижения в процессе производства более жестких допусков на геометрические параметры, за счет чего они обеспечивают меньшие вносимые потери (до 0,2–0,3 дБ, см. табл. 4.12).

Использование пластмассы для изготовления наконечника обосновывается, главным образом, соображениями минимизации стоимости разъема за счет некоторого ухудшения

его параметров по стабильности и потерям. Некоторые типы разъемов имеют металлический наконечник из нержавеющей стали и по своим характеристикам занимают промежуточное положение между изделиями с керамическими и пластмассовыми наконечниками. Стеклянные наконечники применяются в тех случаях, когда установку вилки на световод производят kleem, отвердевающим под действием ультрафиолетовых лучей.

Стандарты СКС предъявляют к оптическим разъемам 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, используемых для реализации оптических подсистем, в подавляющем большинстве случаев применяются керамические наконечники.

Наконечники с составной или композитной конструкцией (рис. 4.19) распространены существенно меньше. В этой области известны следующие варианты. Наконечник вилки



Рис. 4.19. Наконечник композитной конструкции

разъема типа Е-2000 образован керамической втулкой с мельхиоровой вставкой. Аналогичная идея использована в разъемных соединителях типа «Лист-Булава», разработанных в СССР в середине 80-х годов. Основой наконечника в данном случае является стеклянный капилляр, который заклеен во внешнюю центрирующую металлическую гильзу. В некоторых вариантах разъема типа SMA-906 наконечник выполнен металлическим, а надетая на него центрирующая гильза изготовлена из керамики и, в отличие от упомянутых выше конструкций, имеет несколько меньшую длину. Применение более сложных в практической реализации композитных конструкций обосновывается следующими соображениями:

- наличие внешнего покрытия из износостойкого материала позволяет получить высокую долговечность соединения в процессе эксплуатации;
- при недостаточном уровне технологической базы (особенно на ранних этапах развития техники волоконно-оптической связи) не удавалось достигнуть высотой точности изготовления центрального канала для фиксации волокна в твердом материале;
- применение многослойного наконечника с относительно мягкой внутренней частью позволяет технологическими средствами осуществить дополнительную юстировку световода и добиться снижения вносимых потерь.

Прокомментируем последнее положение более подробно. Операция юстировки может выполняться в два этапа, причем в случае многомодовых разъемов реализуется только первый из них. На первом этапе (пассивная юстировка) после ввода волокна в канал еще до затвердевания клея на торцевую часть мягкой вставки композитного наконечника воздействуют кольцевым штампом с треугольной в сечении формой рабочего органа. За счет пластической деформации материала внутренней части он плотно охватывает концевой участок волокна, уменьшая остаточный эксцентриситет сердцевины до величины допустимого производственными стандартами эксцентриситета сердцевины и оболочки волокна, то есть до 2 мкм (рис. 4.20). На втором этапе, который реализуется после затвердевания клея и обработки наконечника, штамп имеет вид сектора с углом раскрытия 120°, причем его предварительно ориентируют таким образом, чтобы свести к минимуму величину остаточного отклонения осей волокна и наконечника (рис. 4.21). При типовой величине эксцентриситета

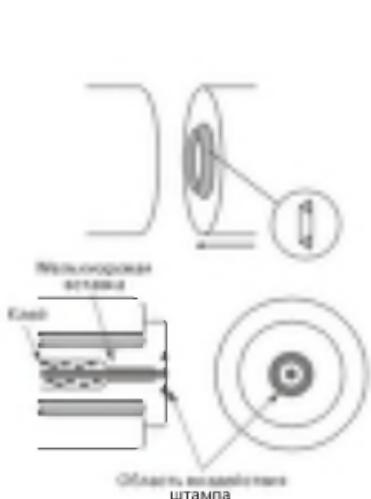


Рис. 4.20. Схема пассивной юстировки наконечника оптического разъема

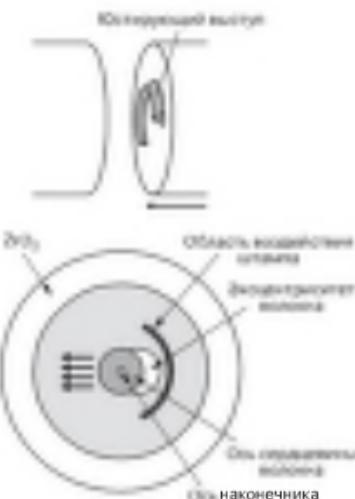


Рис. 4.21. Схема активной юстировки наконечника оптического разъема

оболочка-сердцевина современных световодов 0,8 мкм после выполнения процедуры активной юстировки гарантируется величина эксцентрикитета сердцевины-наконечник не более 0,5 мкм, что соответствует средним потерям 0,12 дБ [95].

#### **4.2.3.2. Элементы защиты наконечников от проворачивания и неправильного подключения вилок**

Одним из необходимых условий получения малого уровня потерь и обратных отражений и стабильности этих параметров на протяжении всего срока службы кабельной системы является наличие физического контакта сращиваемых световодов. При таком контакте волокна в момент подключения и отключения механически взаимодействуют друг с другом, что приводит к повреждениям их торцевых поверхностей и к ухудшению параметров. Риск повреждения наиболее сильно возрастает, если во время установки или отключения разъема волокна проворачиваются друг относительно друга. Для предотвращения таких повреждений в конструкциях современных разъемов обязательно предусматриваются элементы защиты от проворачивания (рис. 4.22). Решение этой задачи на практике может быть достигнуто следующими способами:

- применением в конструкции вилки разъема направляющего выступа, вводимого при установке в паз или в выемку на корпусе розетки;
- использованием принципа линейного включения в розетку вилки с наконечником цилиндрической формы;
- использованием наконечников с формой, отличной от цилиндрической или конической, подключаемых только линейным движением.



Рис. 4.22. Основные разновидности элементов защиты наконечников от проворачивания:  
а) на основе радиального выступа и прорези; б) на основе радиального выступа и защелки

Первый способ характерен для одиночных вилок, крепление которых к розетке выполняется с помощью обычной или байонетной гайки (разъемы типа ST, FC, SMA и другие, подробно см. далее). Остальные два широко используются в современных конструкциях разъемов.

Мероприятия по защите от неправильного подключения делятся на *пассивные* и *активные*, для чего используются различные технические средства.

Пассивные мероприятия известны в двух разновидностях. Согласно первой из них, применяют различные цветовые маркирующие элементы и надписи, обеспечивающие визуальный контроль правильности подключения. По второй порты различного назначения (например, разных функциональных секций или подсистем) реализуются на основе разъемов различных типов.

Активные мероприятия основаны на использовании различных элементов механической блокировки, которые препятствуют неправильному подключению вилки к розетке. Для этого служат:

- корпуса вилок несимметричной формы;
- направляющие выступы на вилках с линейным подключением к розетке;
- различного рода вставки и рамки, в том числе подвижные, одеваемые как на вилку, так и на розетку.

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

#### **4.2.3.3. Элементы и способы крепления к кабелю**

Вилки оптических разъемов обычно приспособлены для установки на кабелях для шнуров с защитным шлангом внешним диаметром 2,5–3,0 мм. В случае монтажа вилки на волокне в буферном покрытии 0,9 мм, 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 резиновый хвостовик. При отсутствии в комплекте вилки такого переходника его заменяют коротким отрезком защитного шланга кабеля для шнуров.

Для увеличения эксплуатационной надежности вилки при ее установке на кабель для шнуров со шлангом диаметром 2–3 мм в конструкцию вилок многих современных разъемов введена втулка длиной 3–5 мм с упорным фланцем, которая в процессе монтажа одевается на буферную оболочку 0,9 мм световода идвигается «внитяг» под шланг. Наличие этой втулки обеспечивает свободное перемещение световода относительно внешнего защитного шланга в процессе сборки и использования разъема.

Вилки многих разъемов рассчитаны для установки только на определенный тип волокна (например, в буферном покрытии 0,9 мм). Имеются также более дорогие универсальные конструкции, в которых при сборке в каждом конкретном случае используют только часть деталей.

При наклейке вилки на световод в покрытии 0,25 мм рекомендуется восстановить вторичное защитное покрытие внешним диаметром 900 мкм. На практике находит применение ряд способов. Так, например, трубка (кембрик) с внешним диаметром 0,9 мм из набора D-181755, который выпускается Lucent Technologies, обеспечивает надежную защиту волокна от внешних механических воздействий. Для решения этой же задачи фирма Mohawk выпускает так называемый Field Breakout Kit. Это устройство представляет собой металлическую трубку с шестью (M90272) или двенадцатью (M90273) кембринами диаметром 0,9 мм, которая устанавливается на модуль кабеля внешней прокладки с помощью обжимного инструмента. Комплекты серии 91.B0610 – 91.B0640 фирмы Mod-Tap состоят из основания, крышки и терминирующего элемента (terminal assembly) и рассчитаны на 4, 6, 8 и 12 волокон, которые выгодно отличаются от описанных выше устройств фирмы Mohawk наличием цветовой кодировки кембринов внешним диаметром 900 мкм и возможностью фиксации корпуса на трубке модуля без использования кримпирующего инструмента, однако, уступают им по массогабаритным показателям.

В некоторых конструкциях вилок клеевых разъемов фирмы AMP предусмотрена переходная пластмассовая втулка, которая при сборке фиксируется кримпирующей гильзой и обеспечивает надежный ввод волокна в буферном покрытии 0,25 мм.

В процессе установки вилки на кабель для шнуров обязательно должна быть обеспечена высокая механическая прочность крепления. Выбор способа крепления во многом определяет конструкцию хвостовой части вилки разъема. Основные решения в этой области представлены на рис. 4.23.

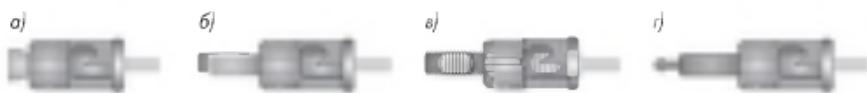


Рис. 4.23. Варианты исполнения хвостовиков вилок разъемов для крепления к защитным покрытиям кабеля для шнуров

У вилок первой группы предусмотрен широкий конусообразный металлический хвостовик, который в процессе сборки сжимается кримпирующим инструментом, а фиксация буферных покрытий и шланга кабеля осуществляется kleem и силой трения обжатого хвостовика (рис. 4.23а). Основными достоинствами данной конструкции являются простота сборки, что особенно подходит для малоопытного персонала, и возможность предельного уменьшения габаритов, главный недостаток – малая прочность к вырывающим осевым механическим воздействиям, обусловленная способом крепления к буферным покрытиям.

Второй, более распространенный, вариант основан на хвостовике цилиндрической формы относительно малого диаметра и обжимной гильзе (рис. 4.23б). В процессе установки вилки упрачняющие кевларовые нити кабеля для шнуров укладываются на поверхность хвостовика, потом на него надвигается металлическая гильза и затем обжимается. В такой конструкции при воздействии вырывающего усилия упрачняющие нити начинают работать сразу же, что резко снижает вероятность разрушения соединения. Дополнительное увеличение механической прочности соединительных шнурков в вилках некоторых разъемов достигается использованием хвостовиков с ребристой или накатанной поверхностью, улучшающей надежность фиксации кевларовых нитей. Той же цели служит обжим гильзы не только на хвостовик, но и на внешнюю оболочку кабеля для шнуров (рис. 4.23в). Прочность фиксации оболочки кабеля для шнуров возрастает, если на конце хвостовика предусматривается цилиндрический выступ малого диаметра, вводимый под защитный шланг (рис. 4.23г).

Следует отметить, что в некоторых типах грушевидных разъемов механическая прочность крепления вилки обеспечивается только за счет крепления к внешним защитным шлангам кабеля для шнурков. Такое крепление создается как с помощью кримпирующего кольца, так и с помощью зажима цангового типа.

#### **4.2.3.4. Хвостовики вилок**

Заданный радиус изгиба волокна в месте входа в вилку разъема задает хвостовик длиной около 3–5 см, для изготовления которого используется резина или мягкий полимерный материал. В современных конструкциях увеличение гибкости этого элемента часто достигается системой прорезей с перпендикулярной друг относительно друга ориентацией. В хвостовик разъемов серии 943 компании Amphenol дополнительно введена специальная вставка, обеспечивающая поворот кабеля на 90° с заданным радиусом. Последнее свойство является полезным при подключении к портам оптических полок и некоторых конструкций настенных муфт с защитной шторкой.

Еще одним назначением хвостовика является цветовая кодировка вилок, например в тех случаях, когда конструкция разъема не предусматривает формирования дуплексной вилки. В подобной ситуации отдельно заказываются хвостовики или непосредственно вилки с хвостовиком различных цветов.

#### **4.2.3.5. Розетки оптических разъемов**

Розетки оптических разъемов устанавливаются в лицевой панели информационной розетки, настенной муфты или распределительной полки. Конструктивно розетка состоит из корпуса с элементами крепления на панели и внутреннего центратора. В функции последнего входит выравнивание наконечников вилок, вставленных в розетку, друг относительно друга. Известен ряд конструктивных разновидностей этого элемента. Чаще всего центратор изготавливается в виде разрезной гильзы, выполненной из керамики или фосфористой бронзы и вставляемой в корпус розетки жестко или по плавающей схеме. В розетках разъемов без центрирующего наконечника центратор реализуется без применения центрирующей гильзы. Подробнее эти варианты рассмотрены в разделе 4.2.6.

Конструкция корпуса розетки предусматривает элементы крепления на панели коммутационно-распределительного устройства (резьба под гайку, фланец квадратной, прямоугольной, ромбовидной или круглой формы с двумя-четырьмя отверстиями под винты M2, защелка, причем использование для фиксации защелки характерно для розеток с корпусом из пластмассы) и детали для фиксации вилки в рабочем положении (резьба, выступы байонетного фиксатора, элементы взаимодействия с защелкой). В некоторых моделях малых настенных муфт с пластмассовым корпусом установка розеток SC выполняется за счет наличия паза, куда вводится ее пластмассовый фланец. Иногда для расширения функциональных возможностей практикуется применение двух различных элементов фиксации одновременно, например защелки и фланца с отверстиями.

Розетки выпускаются в многомодовом и одномодовом исполнениях и отличаются друг от друга главным образом материалом корпуса (металла или пластмассы) и центратора (бронза или керамика).

Розетки оптических разъемов, вилки которых снабжены направляющим выступом для защиты от проворачивания наконечников вилок в момент подключения, согласно действующим стандартам должны монтироваться таким образом, чтобы направляющие пазы для данного выступа были ориентированы в одну сторону. Доступные на рынке дуплексные розетки с прорезями, ориентированными в противоположные стороны [96], относятся

к нестандартным продуктам, однако могут быть использованы как средство дополнительной механической кодировки и блокировки определенных портов.

Для обозначения одномодового и многомодового вариантов в розетках с пластмассовым корпусом, в частности, SC, используется цветовая кодировка; 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. Наиболее известным исключением из этого правила в нашей стране являются ST-розетки производства Lucent Technologies. На корпусе таких изделий методом штамповки формируется фирменный логотип и аббревиатура SM и MM для многомодового и одномодового вариантов соответственно.

#### **4.2.3.6. Защитные колпачки и крышки**

Защитные колпачки являются практически обязательным элементом вилок и розеток основной массы типов оптических разъемов. Они используются для защиты наконечников или торцевых поверхностей вилок и гнездовой части розеток во внерабочем состоянии от попадания пыли и грязи.

Защитный колпачок вилки может выполняться в двух основных вариантах и закрывать как всю переднюю часть корпуса вилки, так и только его центрирующий наконечник. Второй вариант относительно чаще встречается в случае вилок, наконечник которой сильно выступает из корпуса (например, ST и DIN). Колпачок вилки является отдельной деталью, в разъемах типа MIC он снабжается темляком и при подключенной вилке висит на кабеле шнура. В некоторых типах вилок разъемов конкретных производителей применяются колпачки, которые закрывают как торцевую часть вилки, так и наконечники световодов.

При изготовлении колпачков вилок используется резина или полимерный материал. Иногда колпачки окрашиваются в различные цвета, выступая как элемент цветовой кодировки различных типов изделий. Общим требованием к материалу колпачка является его достаточно высокая жесткость, так как в противном случае из-за склонности в момент съема с вилки на торцевую часть наконечника попадает большое количество пылевых частиц.

Ряд современных конструкций разъема имеют защитные крышки, которые являются интегральной составной частью конструкции как вилки, так и розетки и делает ненужным применение защитного колпачка. В разъемах без центрирующего наконечника (см. раздел 4.2.6) этот элемент является обязательным.

Колпачок розеток выполняет аналогичные функции, причем многомодовые розетки обычно имеют защитные колпачки черного или красного цвета, а одномодовые – желтого. В розетках серии 954 компании Amphenol вместо колпачка применяется подпружиненная внешняя крышка, тогда как в розетках разъемов E-2000 фирмы Diamond использована внутренняя крышка. В розетках SC компании Alcoa Fujikura защитная крышка выполнена в виде внешнего адаптера, надеваемого на корпус. Наличие крышки, автоматически закрывающейся при вынутой вилке, особенно важно в случае использования в оптических передатчиках сетевой аппаратуры мощных длинноволновых лазерных излучателей, так как она защищает глаза обслуживающего персонала.

Резиновыми колпачками закрываются также розетки оптических интерфейсов сетевого оборудования. Фирма Hewlett Packard для этого использует в своих трансиверах более надежные пластмассовые вставки с фиксаторами за выступы байонетного соединителя. В SC-розетках функции пылезащитного элемента выполняет резиновая или пластмассовая вставка, иногда снабженная штырьковым выступом для облегчения установки и удаления. Защита розеток FC осуществляется пластмассовым или металлическим колпачком с резьбой, навинчиваемым на розетку.

## 4.2.4. Основные типы оптических разъемов СКС

### 4.2.4.1. Разъемы типа SC

Разъем SC (от англ. subscriber connector – «абонентский разъем», иногда используется такая неофициальная расшифровка этого сокращения, как Stick-and-Click – «вставь и защелкни») был разработан в 1986 году японской телекоммуникационной корпорацией NTT для использования в абонентских устройствах различного назначения (рис. 4.24). В настоящее время нормирован международным стандартом IEC-874-13. Действующими редакциями стандартов он определен как основной тип разъема для применения в СКС. Может быть выполнен в одинарном и двойном (дуплексном) вариантах. Основная идея, заложенная в его конструкцию, состоит в создании устройства с пластмассовым корпусом, хорошо защищающим наконечник и обеспечивающим плавное подключение и отключение линейным движением. Подавляющее большинство вилок разъемов SC снабжается наконечниками из керамики, имеются также единичные образцы этих изделий с наконечниками, изготовленными из нержавеющей стали. Наконечник разъема SC уточлен в корпус вилки, что предохраняет его от загрязнений. Линейное движение при подключении и отключении делает этот разъем особенно удобным для применения в 19-дюймовых полках, так как позволяет увеличить плотность портов за счет сближения розеток. Защелка открывается только при вытягивании за корпус, что увеличивает эксплуатационную надежность. Разъемы SC обеспечивают большую стабильность параметров (выдерживают не менее 500 подключений и отключений), чему в немалой степени способствует отсутствие проворачивания наконечников друг относительно друга при включении и отключении. Как видно из табл. 4.12, этот разъем во величине вносимого затухания является одним из лучших. На верхней стороне корпуса вилки имеется ключ в виде выступа, который препятствует ее подключению в розетку в неправильном положении.

Для получения двойного разъема из одинарных используют два способа. Первый из них основан на том, что на корпусе вилок предусмотрены фиксаторы, взаимодействующие между собой в собранном состоянии. Во втором случае применяется внешний фиксатор. Он может быть выполнен в виде состоящей из двух симметричных половин обоймы с гнездами для корпусов вилок или же представлять собой H-образную деталь, в боковые пазы которой вставляются вилки. По последней схеме реализован, например, фиксатор типа 2A1 компании Lucent Technologies, снабженный штатной символьной маркировкой в виде букв А и В. Расстояние между осями наконечников вилок в двойном разъеме составляет 12,7 мм.

Большой пластмассовый корпус вилки и розетки разъема SC позволяет дополнитель но к символьной применять также эффективную цветовую маркировку. Одномодовый и многомодовый варианты разъема SC согласно стандарту TIA/EIA-568-A имеют, соответственно, голубой и серый (или бежевый) цвет корпуса. Выпускается также одномодовый разъем SC с корпусом зеленого цвета и со склоненной торцевой частью наконечника для уменьшения обратного отражения. Широко распространены также отдельные образцы разъемов SC с корпусом вилок и розеток нестандартной окраски. В качестве примера укажем черный корпус многомодовой вилки и розетки, поставляемых компанией «Перспективные технологии», а также белый корпус многомодового SC-разъема компании Methode.

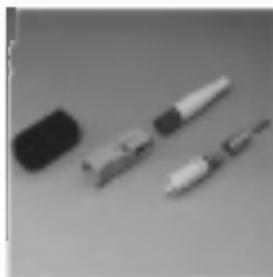


Рис. 4.24. Вилка разъема SC

#### 4.2.4.2. Разъемы типа ST

Оптический разъем типа ST (от англ. straight tip connector, то есть «прямой разъем»; иногда используется неофициальная расшифровка этого сокращения – Stick-and-Twist – «вставь и поверни») был разработан лабораторией Bell компании AT&T (ныне Lucent Technologies) в 1985 году для замены биконического разъема. До появления разъема SC он был наиболее распространенным в оптических подсистемах СКС и локальных сетях.



Рис. 4.25. Видно разъема ST

Структура разъема в настоящее время определяется международным стандартом IEC 874-10, который предписывает наличие керамического наконечника диаметром 2,5 мм с вынутой торцевой поверхностью (рис. 4.25). Фиксация вилки на розетке выполняется подвижным байонетным элементом, поворачивающимся на 1/4 оборота. Поэтому разъем ST иногда называют разъемом типа BFOC (от англ. bayonet fiber optic connector).

Имеются несколько вариантов конструкций ST-разъемов, отличающихся в основном формой и материалом байонетного фиксатора, а также принципом крепления корпуса вилки к буферным оболочкам и защитным покрытиям световода.

Компания Lucent Technologies разработала три варианта вилок такого разъема: ST, STII и STII+, которые полностью совместимы друг с другом по посадочным местам в розетке и имеют незначительные конструктивные от-

личия, улучшающие их эксплуатационные свойства по мере перехода к более совершенной модели. Так, в частности, гайка байонетного фиксатора вилки ST имеет открытый в осевом направлении шлиц, тогда как у обоих более поздних вариантов этот шлиц закрыт перегородкой, рис. 4.26. Важной особенностью вилок Lucent Technologies является отсутствие необходимости применения кrimмирующего (обжимного) инструмента при армировании ими волокна в буферном покрытии диаметром 0,9 мм.

Металлическое исполнение корпуса вилки и розетки разъема ST обеспечивает высокую механическую прочность, однако существенно затрудняет его кодировку и идентификацию. Известны единичные образцы этого изделия одной фирмы с гайкой байонетного фиксатора из металла золотистого и серебристого цветов в зависимости от конструкции (решение швейцарской компании Brugg). Иногда на корпусах розеток выдавливаются буквы SM и MM для одномодового и многомодового вариантов соответственно. Некоторые компании предлагают вилки ST с хвостовиками из пластмассы разного цвета, также достаточно часто применяются на практике различные кольца, гильзы и другие аналогичные изделия, не являющиеся штатными маркирующими элементами.

Конструкция разъема ST не обеспечивает возможность формирования дуплексной вилки. Соответственно, его розетка выпускается основной массой производителей в одиночном варианте. Только корпорация Alcatel предлагает сдвоенные ST-розетки в одном корпусе.



Рис. 4.26. Варианты конструктивного оформления гайки байонетного фиксатора вилки разъема ST:  
а) с закрытой прорезью;  
б) с открытой прорезью

К преимуществам ST-разъема относится низкая стоимость в сочетании с простотой монтажа и подключения, а недостатки можно выделить следующие:

- сильно выступающий наконечник увеличивает вероятность его загрязнения;
- отсутствие двойного варианта повышает трудоемкость подключения двойных шинуров и вероятность ошибки при коммутации;
- отсутствие цветовой или другой заводской маркировки затрудняет их идентификацию;
- поворачивающее усилие при подключении вызывает трение наконечников вилок, что ведет к повреждению их полировки и, в конечном итоге, к увеличению вносимого затухания после многократных подключений и отключений;
- принцип фиксации на основе байонетной гайки не обеспечивает необходимой для некоторых приложений стабильности параметров при вибрационных воздействиях.

Для частичной защиты наконечников от трения при подключении в конструкциях вилок ST разъемов предусмотрен специальный выступ, вводимый в паз розетки.

#### **4.2.5. Другие типы оптических разъемов**

##### **4.2.5.1. Разъемы типа FC**

Разъемы типа FC (рис. 4.27) определены международным стандартом IEC 874-7, ориентированы в основном на применение в одномодовой технике. Наибольшее распространение они получили в различного назначения телекоммуникационных системах для сетей связи общего пользования. В целях обеспечения низкого уровня затухания и минимума обратного отражения наконечник разъема изготавливают с округлением на конце (при этом задаются очень жесткие допуски на геометрические размеры). Самый первый вариант вилки разъема имел наконечник с плоским торцом, что не позволяло получить хорошие эксплуатационные параметры. После перехода на наконечник со скругленным торцом, обеспечивающим физический контакт сращиваемых световодов, разъем получил название FC-PC (PC – Physical Contact), позволяющее отличать его от более ранних конструкций. В настоящее время разъемы FC с плоским наконечником не производятся, поэтому названия FC и FC-PC являются эквивалентными.

Рис. 4.27  
Вилка разъема FC



Конструкция разъема обеспечивает надежную защиту керамического наконечника от загрязнений, а применение для фиксации накидной гайки дает большую герметичность зоны соединения и надежность соединения при воздействии вибраций. Главным недостатком конструкции наряду с большими габаритами считается неудобство работы из-за необходимости выполнения нескольких оборотов крепежной гайки во время включения/отключения.

Элемент защиты наконечника разъема от проворачивания выполнен в виде цилиндра диаметром 2 мм. Некоторые компании дополнительно используют другие значения данного параметра (в частности, Molex выпускает вилки с диаметром этого элемента 2 мм) для решения задачи механической блокировки от ненадлежащего подключения.

Розетка разъема FC выпускается в двух вариантах: типа SF с квадратным фланцем и креплением двумя винтами M2 и типа RF с круглым фланцем и креплением под гайку.

#### 4.2.5.2. Разъемы типа MIC

Двойной, или дуплексный, разъем типа MIC (medium interface connector)<sup>1</sup> был разработан специально для сетей FDDI. Вилка разъема изготавливается из пластмассы (рис. 4.28), снабжена фиксатором с защелкой и имеет несимметричную форму, благодаря чему невозможно подключение в розетке в неправильном положении (механическая блокировка). Использование сменных ключей в виде цветных вставок позволяет также закодировать MIC-разъем только для подключения к одному из портов A, B, M и S сетей FDDI. Из табл. 4.12 видно, что по вносимому затуханию MIC-разъем занимает среднее положение среди разъемов других типов.



Рис. 4.28  
Вилки MIC-дуплексные

Крепление кабеля в корпусе вилки выполняется обжимным кольцом или пластмассовым зажимом. Имеются многомодовый и одномодовый варианты MIC-разъема. В середине 90-х годов был разработан усовершенствованный вариант MIC-разъема. 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.

Преимуществом MIC-разъема является то, что его подключение и отключение производится линейным движением, а корпус вилки хорошо защищает торцы наконечников от загрязнения. К недостаткам относятся большие габариты, сложность установки и высокая стоимость. Разъемы MIC широко используются в аппаратуре системы FDDI. Формально они допускаются также для применения в аппаратуре 100BaseFX, однако серийное оборудование этой системы, снабженное разъемами обсуждаемого типа, авторам неизвестно.

<sup>1</sup>Разъемы MIC, выпускаемые компанией AMP, носят название FSD (fixed shroud duplex).

#### **4.2.5.3. Разъемы типа SMA**

Разъем SMA или FSMA (fibre sub-miniature assembly) – рис. 4.29 – был разработан еще в конце 70-х годов американской компанией Amphenol и в настоящее время нормируется международным стандартом IEC-874-2. Разъем этого типа представляет собой удачную попытку адаптации принципов, хорошо отработанных в процессе создания электрического разъемного соединителя SMA, в новую область. Конструкция вилки разъема SMA реализована на основе металлического наконечника диаметром 3,175 мм (1/8 дюйма) с плоской торцевой поверхностью, что не гарантирует физический контакт сращиваемых световодов. Разъем имеет две разновидности, обозначаемые как SMA-905 (FSMA-I) и SMA-906 (FSMA-II), которые отличаются друг от друга формой концевого участка наконечника вилки. Крепление вилки к розетке осуществляется шестигранной или реже круглой накидной гайкой.



Рис. 4.29. Вилка SMA-разъема

В конструкции разъема не предусматривается направляющий штифт, препятствующего вращению наконечника при установке, что негативно оказывается на величине вносимого затухания и его долговременной стабильности. Кроме техники ЛВС и СКС разъем рассматриваемого вида достаточно широко применяется в промышленных системах, медицинской и военной технике. Отметим, что за счет применения специальных конструктивных мероприятий степень защиты сращиваемых волокон может быть доведена до уровня IP-65 [97].

Из-за особенностей конструкции разъем FSMA в настоящее время считается устаревшим. Розетки разъема этого типа используются в активном оборудовании Ethernet и модемах со скоростью передачи не выше 2 Мбит/с, которые выпускаются главным образом американскими компаниями.

#### **4.2.5.4. Разъемы типа DIN**

Разъемы типа DIN, называемые иногда разъемами LSA и LSB (от нем. Lichtwellenleiter Steckerverbinder, то есть волоконно-оптический штекерный разъем, вариант A или B), определены немецкими стандартами DIN 47256 и DIN 47255, а также международным стандартом IEC-874-6. Они реализованы на основе керамического наконечника диаметром 2,5 мм со скругленной торцевой поверхностью для обеспечения физического контакта. Фиксация вилок в розетке выполняется круглой накидной гайкой с накатанной верхней поверхностью. Разъем ориентирован в основном на одномодовые приложения, его отличительной особенностью являются очень малые габариты. В настоящее время считается устаревшим и постепенно вытесняется из практического использования. В технике СКС встречается 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 широко этот тип разъема распространен также в Австралии.

#### **4.2.6. Разъемы с увеличенной плотностью установки**

Общим недостатком дуплексного разъема SC, предписываемого действующими редакциями стандартов СКС для использования в оптических подсистемах, являются его достаточно большие габариты и, как следствие, невозможность получения как на коммутационных

панелях, так и на сетевом оборудовании плотности портов, по крайней мере, эквивалентной электрическим решениям. Далее рассматривается ряд конструкций, по плотности монтажа как минимум не уступающих электрическим модульным разъемам и доведенных до уровня серийного производства и в большем или меньшем объеме внедренных в широкую инженерную практику. Все рассматриваемые далее изделия объединяет одно общее свойство: их розетка в дуплексном варианте (или элемент, ее заменяющий) по своему посадочному месту полностью соответствует розетке модульного разъема и является по отношению к ней взаимозаменяемой (обе розетки имеют одинаковый форм-фактор). Подобное свойство позволяет, наряду с увеличением плотности портов, стандартизировать с электрическими решениями также элементы монтажа в модульные панели. Работы в этой области проводились по четырем основным направлениям:

- применение наконечников уменьшенного до 1,25 мм диаметра с целью уменьшения габаритов остальных деталей вилки и розетки разъема;
- использование принципа более или менее глубокой модернизации традиционной конструкции с миниатюризацией отдельных компонентов и увеличением плотности монтажа;
- применение решений, наработанных в процессе создания групповых или многоканальных разъемов;
- отказ от использования центрирующего наконечника.

Как правило, рассматриваемые далее разъемы по крайней мере в шнуровой своей части рассчитаны на совместную работу с кабелем внешним диаметром не более 3 мм. Только в этом случае удается в полной мере реализовать их преимущества по хорошим массогабаритным показателям.

Отметим еще одно немаловажное для практики свойство разъемов нового поколения: за счет технологических усовершенствований и меньшего расхода материалов их стоимость оказывается в среднем на 30% меньше (информация на начало 2000 года) стоимости традиционных конструкций [98].

#### **4.2.6.1. Конструкции с наконечниками уменьшенного диаметра**

Наиболее известным представителем первого направления совершенствования разъемов с увеличенной плотностью установки по состоянию на середину 1999 года является разъем типа LC (от англ. link control, также очень распространена расшифровка этой аббревиатуры как Lucent Connector), который был разработан американской компанией Lucent Technologies в 1997 году (по другим данным, в 1996 году [99]). Разъем может выпускаться как в одномодовом, так и в многомодовом вариантах. Его конструкция основана на применении керамического наконечника с уменьшенным до 1,25 мм диаметром и пластмассового корпуса с внешней защелкой рычажного типа для фиксации в гнезде соединительной розетки (рис. 4.30). Разъем допускает как одиночное, так и дуплексное использование.

Разработчики этого типа оптического соединителя в соответствии с действующими и перспективными редакциями стандартов СКС гарантируют до 500 циклов включения-отключения без ухудшения характеристики потерь. Этому, наряду с использованием керамического наконечника, способствует принцип линейного включения вилки в гнездо (push-pull).

Для установки вилки LC применяются стандартные процедуры заклейки на эпоксидной смоле. Конструкция вилки допускает ее монтаж как на



Рис. 4.30. Вилка разъема типа LC

волокне в буферном покрытии 0,9 мм, так и на соединительных шнурах со шлангом 2,4 мм. При этом монтаж на 900-микрометровое волокно может производиться в полевых условиях, тогда как наклейка на кабель в шланге 2,4 мм в процессе изготовления соединительных шнуров из-за малых габаритов выполняется только на производстве.

Основные технические характеристики разъемов типа LC приводятся в табл. 4.13.

*Таблица 4.13. Основные технические характеристики разъемов с наконечниками уменьшенного диаметра*

	LC-MM	LC-SM	MU-SM
Средние потери, дБ	0,1	0,1	0,09
Среднеквадратичное отклонение потерь, дБ	0,1	0,07	0,07
Коэффициент отражения, дБ	-20	-50	-52,1
Изменение потерь после 500 циклов соединения-разъединения, дБ, не более	0,2	0,2	-
Изменение потерь в диапазоне температур -40...+75 °C, дБ, не более	0,3	0,1	-
Материал наконечника			Керамика

Вторым представителем конструкции рассматриваемой разновидности является разъем MU японской телекоммуникационной корпорации NTT. Это изделие можно рассматривать как малогабаритный вариант разъема SC, что подчеркивается в некоторых публикациях обозначением «mini-SC». Аналогично своему предшественнику разъем данного типа содержит корпус с внутренней защелкой (принцип push-pull), а за счет меньшего диаметра наконечника и миниатюризации остальных элементов конструкции обладает примерно вдвое меньшими габаритами [100].

В коммерческую продажу поступают как одиночный, так и дуплексный варианты разъема рассматриваемого типа. Дуплексный вариант разъема MU известен в двух разновидностях. Первая из них реализована на основе общей неразборной обоймы для двух вилок с расстоянием между центрами наконечников 4,5 мм. Величина этого параметра у второй, разборной разновидности – 6,5 мм.

Разъем типа F-3000 представляет собой усовершенствованную версию описываемого ниже разъема типа E-2000. Он сохраняет основные конструктивные особенности прототипа и отличается от него применением керамического наконечника внешним диаметром 1,25 мм и металлической защитной крышки вместо пластмассовой. Последнее нововведение гарантирует защиту глаз обслуживающего персонала в случае работы с аппаратурой, оснащенной мощными лазерными излучателями. По утверждениям разработчиков, вилка разъема F-3000 может свободно вставляться в розетку разъема LC.

#### **4.2.6.2. Малогабаритные разъемы с наконечниками диаметром 2,5 мм**

Подход второго типа основан на сохранении в разъеме основного элемента применяемых ранее конструкций – наконечника диаметром 2,5 мм. Улучшение массогабаритных показателей обеспечивается за счет более плотной компоновки и, возможно, миниатюризации отдельных элементов корпуса. Наиболее известными разработками в этой области являются разъемы типов E-2000, SC-Compact и FJ.

Разъем типа E-2000 (Европа, 2000 год) создан компанией Diamond и получил распространение в некоторых европейских странах (Швейцария, Германия и т.д.). Известен в двух основных вариантах конструктивного исполнения, полностью соответствующих друг другу по посадочным местам. Согласно первому из них, продвигаемому разработчиком – компанией Diamond, наконечник выполнен по композитной схеме в виде мельхиорового цилиндра, на который внатяг надета центрирующая керамическая гильза. В разъеме E-2000 фирмы Huber+Suhner наконечник выполнен по классической технологии в виде керамического цилиндра. Фиксация вилки в розетке выполняется при помощи внешней защелки рычажного типа.

Разъем может эксплуатироваться как в одиночном, так и в дуплексном исполнении. Дуплексный разъем известен в обычном (duplex, расстояние между осями наконечников 12,7 мм), компактном (compact duplex, расстояние между осями 6,4 мм) и вертикальном (low profile duplex, вилки расположены друг над другом с разворотом на 180°) вариантах. Для получения одной дуплексной вилки из двух одиночных используется специальная фиксирующая защелка, дуплексная розетка совместима по своим посадочным местам со стандартной розеткой модульного разъема только для компактного варианта. От более ранних конструкций разъем типа E-2000 отличается возможностью применения эффективной цветовой кодировки (в настоящее время стандарт включает 8 цветов) и механической блокировки при использовании сменной рамки розетки, а также наличием интегрированной в конструкцию защитной крышки. Последняя при установке в розетку открывается автоматически и надежно защищает наконечник от загрязнения.

Разъем типа SC-Compact швейцарской компании Reichle & De Massari представляет собой удачный пример глубокой модернизации хорошо отработанного в серийном производстве изделия с целью получения новых свойств. Прототипом разъема является хорошо известный SC, однако за счет устранения внешних элементов крепления и разработки новой фиксирующей оправки инженеры компании Reichle & De Massari 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. Отметим, 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 посадочным местам к розетке модульного разъема, однако, не является по отношению к ней взаимозаменяемой.

Еще одним представителем разъемов, в которых использована аналогичная идея, является изделие High Density SC Connector компании 3M. Этот разъем отличается от разъема стандартной плотности тем, что имеет габаритные размеры вилки, уменьшенные в поперечном сечении до 6,0×7,2 мм, против 7,4×9,0 мм у прототипа. Наибольшее преимущество данной разработки 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, однако, без поддержки свойства обратной совместимости.

Компанией Panduit еще в 1996 году предложен разъем типа FJ (fibre jack) или Opti-Jack (рис. 4.31). Это изделие предназначено для использования



Рис. 4.31. Оптический разъем типа Opti-Jack компании Panduit

в структурированной кабельной системе PAN-NET и известно только в дуплексном исполнении. Основой разъема также является керамический наконечник диаметром 2,5 мм, однако, за счет более плотной компоновки и, в частности, уменьшения расстояния между осями наконечников до 6,4 мм (0,25 дюйма) габариты розетки уменьшены до размеров гнезда электрического модульного разъема. Фиксация вилки в розетке выполняется защелкой рычажного типа. Для улучшения условий эксплуатации рычаг защелки закрыт куполообразной крышкой хвостовика. Конструкция позволяет производить полевую сборку, для чего разработана оригинальная клеевая технология с использованием двухкомпонентного анизрбонного клея. Очистка торцевых поверхностей наконечников от загрязнений, потребность в которой может возникнуть в процессе текущей эксплуатации, обеспечивается за счет использования разборной конструкции розетки: ее отдельные детали крепятся друг к другу на защелках.

От других конструкций разъем типа FJ отличается тем, что его розетка не является отдельным конструктивным элементом, а всегда объединяется с одной из вилок. Только в 1998 году появилась классическая розетка для разъемов рассматриваемого типа [101], но она предназначена исключительно для использования в измерительных целях.

Разъем FJ первоначально выпускался только в многомодовом варианте с корпусом бежевого цвета. В 1998 году появился его одномодовый вариант с корпусом голубого цвета.

#### 4.2.6.3. Разъемы группового типа

Подход третьего типа представлен достаточно многочисленной группой разработок многоканальных или групповых разъемов [102]. Наиболее совершенные изделия этой группы позволяют сращивать одновременно до 18 световодов, то есть превосходят электрические модульные разъемы по плотности компоновки в девять раз. Достаточно часто эти изделия выполняются как уменьшенный или упрощенный вариант «большого» группового разъема, разработанного для применения в телекоммуникационных приложениях. Общей отличительной чертой, объединяющей все рассмотренные далее конструкции, является использование в них линейного принципа установки в розетку (принцип push-pull) без использования резьбовых или байонетных фиксаторов.

Разъемы SCDC и SCQC продвигаются консорциумом, в который входят компании Siecor, Siemens и IBM, и 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, очень похожего на обычный наконечник и имеющего два (SCDC) или четыре (SCQC) канала для фиксации в них сращиваемых световодов.

Принцип частичной унификации задействован также в разъемах Mini-MT разработки компаний Siecor и MT-RJ<sup>1</sup> консорциума фирм AMP<sup>2</sup>, Siecor, Hewlett Packard, USConex и Fujikura. В этих изделиях использован одинаковый центрирующий элемент с близкой к прямоугольной в сечении формой, рассчитанный на два или четыре световода. Разница между этими вариантами разъемов состоит в том, что в MT-RJ элемент фиксации вилки в розетке имеет вид, привычный пользователям СКС, и аналогичен защелке рычажного типа вилки электрического модульного разъема. Отметим, что разъем MT-RJ является одним из основных элементов волоконно-оптической кабельной системы Solarum компании AMP.

<sup>1</sup> Сокращение MT означает Mass Termination.

<sup>2</sup> Для информации: входит в корпорацию «Форд» (одна из крупнейших компаний мира по объему выручки – 100).

Наибольшую емкость среди перспективных типов оптических разъемов для СКС имеет изделие Mini-MPO компании Berg Electronics, которое позволяет сращивать до 18 волокон одновременно.

#### **4.2.6.4. Конструкции без центрирующего наконечника**

Центрирующий наконечник вилки оптического разъема является дорогой прецизионной деталью<sup>1</sup>, а процесс армирования им световода представляет собой достаточно сложную и продолжительную процедуру (см. раздел 2.3.3 монографии [7]). Стремление к устранению этих недостатков привело к появлению двух конструкций, в которых наконечники отсутствуют, а процесс центрирования волокон в процессе их соединения выполняется другими средствами.

Общими отличительными признаками разъемов рассматриваемой группы являются:

- выступающее на несколько миллиметров из держателя волокно, торец которого скользит и подготовлен к сращиванию в процессе монтажа вилки разъема на специальном технологическом приспособлении;
- обязательное наличие подиужиненной крышки, которая закрывает волокна во внешнем состоянии;
- возможность установки вилки или розетки только с помощью комплекта фирменной технологической оснастки.

Разъем типа Optoclip II швейцарской компании Huber+Suhner<sup>2</sup> реализован по наиболее распространенной симметричной схеме и основан на применении одиночной вилки, которая, в случае необходимости, может соединяться с другой вилкой для получения дуплексного варианта. Предварительное выравнивание волокон при их соединении выполняется с помощью конусообразной направляющей, окончательное выравнивание производится с помощью системы из трех сдвинутых друг относительно друга на 120° шариков, один из которых выполнен подвижным в вертикальном направлении.

В отличие от этого оптический разъем VF-45 (иногда может употребляться название VG-45) компании 3М реализован на основе V-образной канавки и рассчитан на армирование одной вилкой сразу двух волокон ленточного кабеля одновременно. Для обеспечения возможности четкого ввода световодов в направляющие канавки и получения физического контакта торцевых поверхностей сращиваемых волокон при установленной вилке фиксация концевого участка световодов в розетке выполнена с разворотом под углом 45°, что дополнитель но несколько уменьшает общую длину изделия. В качестве интересной технической особенности вилки разъема отметим, что защитная крышка при ее установки в розетку в отличие от подавляющего большинства других конструкций сдвигается вбок, а не поднимается вверх.

В разъеме VF-45 (рис. 4.32) достаточно оригинально решается проблема очистки торцевой поверхности сращиваемых волокон, которая является весьма трудной задаче для любого изделия без центрирующего наконечника. Специальное промывочное устройство очищает волокна за счет прокачки через розетку разъема большого количества очищающей жидкости.

Оба разъема рассматриваемого типа первоначально не позволяли обеспечить точность выравнивания волокон, необходимую для одномодовых приложений, поэтому в момент своего выхода на рынок они использовались только в многомодовом варианте. Одномодовые разновидности появились в самом конце 90-х годов. Для получения необходимого уровня обратного отражения торцевая поверхность волокна скашивается под углом 9° при обработке в скальвателе во время монтажа разъема.

<sup>1</sup> Для изготовления наконечников, для которых требуется высокоточное исполнение, требуется специальная обработка.

<sup>2</sup> Для других линий, разработанных раньше, является французская компания Spaufer Deltach.



Рис. 4.32. Вилка и розетка разъема VF-45

Отметим также, что в этих изделиях по-разному решается проблема цветовой кодировки. В варианте Optoclip II использовано обычное исполнение корпуса из пластика разных цветов, в VF-45 же многомодовое и одномодовое исполнение кодируется применением только защитной дверцы различных цветов.

Перечень рассмотренных типов перспективных оптических разъемов, применяемых некоторыми производителями, представлен в табл. 4.14.

*Таблица 4.14. Некоторые типы перспективных оптических разъемов, поддерживаемых различными производителями СКС*

Фирма	Тип СКС	LC	E-2000	MT-RJ	MTP	LX.5
ADC Telecommunication, США	Enterprise		+			+
AMP, США	NetConnect (Solarum)			+		
BTR Telecom, Германия	Opdat		+			
Corning, США	Corning Cable Systems			+		
IBM, США	ACS		+	+		
Lucent Technologies, США	SYSTIMAX	+				
Molex, США	Molex Premise Networks	+		+	+	
Ortronics, США	GigaMo GigaMo+		+	+	+	
RiT Technologies, Израиль	Smart			+		
Siemon, США	Siemon Cabling System	+		+		

## 4.3. Коммутационное оборудование

### 4.3.1. Конструктивные особенности и варианты подключения

Оптическое коммутационное оборудование представляет собой устройство, состоящее из тонкостенного пластмассового или металлического корпуса с элементами внешнего крепления, на боковой или торцевой поверхностях которого смонтированы розетки оптических разъемов, а внутри установлены различные организаторы, фиксаторы и прочие вспомогательные элементы. Оптические коммутационные устройства предназначены для:

- подключения волокон различных сегментов СКС друг к другу с помощью коммутационных шнурков;

- подключения к СКС сетевого оборудования через оконечные шнуры, и, возможно, адаптеры;
- неразъемного соединения (сращивания) друг с другом волокон различных магистральных или горизонтальных кабелей внутри его корпуса.

Типовыми элементами конструкции оптических коммутационных устройств являются:

- **корпус.** В составе конструкции корпуса предусматриваются элементы внешнего крепежа, съемная, откидная или сдвижная крышка (возможно, прозрачная) или дверцы на петлях для доступа внутрь для проведения монтажных и ремонтных работ. Общим требованием к корпусу является обеспечение удобного доступа к волокнам и оптическим разъемам, а также надежная защита световодов от внешних механических воздействий, попадания внутрь посторонних предметов и пыли;
- **панель с розетками оптических разъемов.** Согласно требованиям действующих редакций стандартов, основным типом разъема для СКС и соответственно для коммутационных панелей является разъем SC. Для коммутации используются только двойные коммутационные шнуры и поэтому розетки SC на панели должны быть двойными. Проемы для неустановленных розеток обязательно закрываются заглушками для защиты от попадания посторонних предметов внутрь корпуса. Конструкция панели разрабатывается таким образом, чтобы обеспечивать удобство подключения вилок оптических разъемов к розеткам как внутри, так и снаружи. Согласно действующим стандартам СКС розетки разъемных оптических соединителей, установленных на панели, должны быть смонтированы таким образом, чтобы их направляющие пазы были ориентированы в одну сторону. Допускается как горизонтальный, так и вертикальный (друг над другом) монтаж розеток одной пары;
- **элементы маркировки оптических портов.** Для маркировки портов оптических коммутационно-распределительных устройств используются в основном те же элементы, которые применяются в электрических панелях различных видов. Отметим только две особенности, прямо вытекающие из специфики рассматриваемого оборудования. Во-первых, практически не получила распространения практика маркировки вставками с иконками (как пример исключения укажем полки компании Siemon). Во-вторых, в связи с широким распространением в конструкциях полок и настенных муфт защитных экранов, закрывающих в рабочем положении розетки соединителей с подключенными к ним вилками, клеевые этикетки и сменные надписи часто устанавливаются на внешней поверхности их панели;
- **организатор световодов.** Основным назначением этого элемента является хранение технологического запаса длины волокон с соблюдением минимально допустимого радиуса изгиба. Конструктивно он может быть выполнен в виде барабана с боковыми лепестками, поддона с загнутыми вверх и внутрь краями, отдельных разрезных колец, а также сборки разрезных колец на крестообразной рамке;
- **организатор неразъемных соединителей** предназначен для крепления трубок защитных гильз сварных соединений волокон или корпусов механических силайсов. Организаторы световодов и неразъемных соединителей часто объединяются вместе. Такой комбинированный элемент называется силайс-пластина. Емкость одной силайс-пластины обычно не превышает 16 волокон с соответствующим количеством соединителей. При необходимости хранения большего количества световодов силайс-пластины, как правило, устанавливаются рядом или чаще друг над другом;
- **кабельный фиксатор** используется для крепления магистрального или горизонтального кабеля на входе в корпус. Конструктивно фиксатор может быть выполнен в виде зажима, защелки, цанг, перфорированной планки или ланки под стяжку. Решения «под стяжку» иногда применяются в комбинации с другими вариантами крепления.

Схема внутренней разводки коммутационного устройства зависит от используемой технологии установки вилок оптических разъемов на кабель. На практике находят применение три основные разновидности разводки, в схематическом виде показанные на рис. 4.33:

- в самом простейшем варианте (рис. 4.33а) не выполняется дополнительное промежуточное соединение. На световоды 1 и 2 кабеля 7 тем или иным способом устанавливаются вилки 3 и 4 оптических разъемов, которые в процессе дальнейшей укладки подключаются к внутренней части розеток коммутационного устройства. Такой вариант характерен для случая использования клеевой технологии и механической технологии установки вилок [7], а также при применении так называемой претерминированной сборки (см. далее раздел 4.4.2.1). Аналогичная разводка получается при использовании так называемых мини-штифтов [7], однако здесь применяется дополнительное сварное соединение волоконных световодов, скрытое в корпусе элемента рассматриваемого вида;
- более сложный вариант (рис. 4.33б) характерен в основном для упомянутой выше претерминированной сборки с грушевым разъемом 5. Для разводки световодов по розеткам используется короткий комбинированный шнур, остающийся внутри корпуса и недоступный пользователю;
- при больших объемах работ по созданию волоконно-оптических подсистем СКС широко применяются технологии сварки и установки механических сплайсов (рис. 4.33в). Для них характерно применение монтажных шнуров (pig tail) длиной порядка 120 см. Использование обоих вариантов обязательно сопровождается введением в тракт распространения оптического сигнала дополнительного неразъемного соединения. Элементы 6, которые обеспечивают такое соединение (защитные гильзы и корпуса механических сплайсов), из-за их значительной по сравнению с волокном массы обязательно тем или иным способом фиксируются внутри корпуса устройства обычно с помощью организатора.

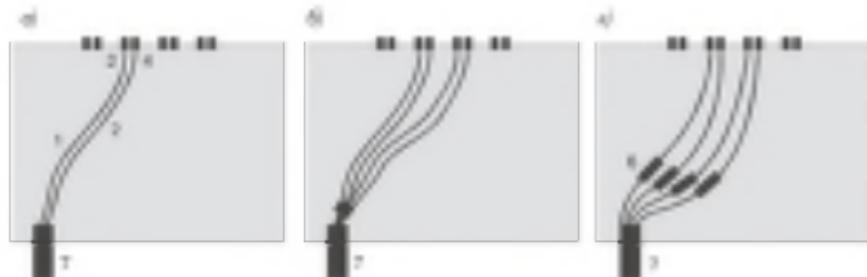


Рис. 4.33. Типовые схемы внутренней разводки оптических коммутационных устройств

В зависимости от конструкции корпуса и способа его крепления различают несколько основных видов оптических коммутационных устройств, каждое из которых может иметь различные варианты исполнения. Эти устройства подробнее рассматриваются ниже.

#### 4.3.2. Коммутационные стойки

Коммутационные стойки применяются в тех случаях, когда число оптических портов в кабельной системе составляет несколько сотен и более. Эта конструкция обычно представляет

свой несущую раму, на которой устанавливается штатное и дополнительное оборудование, оптимизированное для работы с большим количеством кабелей и соединительных шнурков.

При разработке стоек особое внимание уделяется увеличению плотности компоновки и удобства работы с соединительными шнурами. Известные в этой области решения базируются на выдвижных и откидных кассетах, причем для дальнейшего уменьшения габаритов кассета в рабочем положении после установки в держателе может опускаться вниз на угол примерно в 30°.

Примером оборудования рассматриваемого класса является стойка NGF компании ADC. Ее основным элементом является выдвижной блок с оптическими разъемами различных типов. 12 таких блоков в одну или две вертикальные колонны устанавливаются в каркас FMDF высотой 2,1 м. Между колоннами расположена центральная панель для укладки в нее избытка длины соединительных шнуров. Укладка обеспечивается за счет того, что на панели выполнено 15 расположенных друг над другом круглых выступов. Избыток длины шнура вытягивается в виде петли, которая надевается на один из этих выступов. Применение данного технического решения позволяет производить коммутацию всегда шнурами фиксированной длины 5,5 м.

Вместо модулей с оптическими разъемами допускается установка в стойку других массивных оптических компонентов типа разветвителей, мультиплексоров, что существенно расширяет ее функциональные возможности.

### **4.3.3. 19-дюймовое коммутационное оборудование**

#### **4.3.3.1. Коммутационные полки классической конструкции**

Коммутационные полки предназначены для установки в 19-дюймовые монтажные конструктивы (рис. 4.34). Для монтажа используются крепежные кронштейны. Иногда они выполняются подвижными и обеспечивают за счет этого плавное или дискретное регулирование глубины установки полки. Такой же эффект достигается при использовании кронштейнов различной длины.

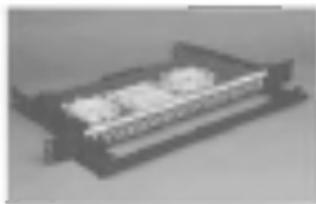


Рис. 4.34. 19-дюймовая коммутационная полка

Передняя панель, на которой монтируются розетки, может быть выполнена как интегральная составная часть корпуса или же быть съемной с креплением на поворотных задвижках или винтах. Последнее решение позволяет очень гибко адаптировать полку к конкретной ситуации за счет возможности выбора типа оптического розеток.

Применяется и так называемая модульная конструкция, когда розетки монтируются на сменных вставках, унифицированных с аналогичными элементами настенных муфт. Такая реализация дает несколько меньшую плотность портов, однако позволяет устанавливать в одной полке розетки различных типов, используя их, в частности, как средство механической блокировки от неправильного подключения.

Для увеличения количества портов полки без увеличения ее габаритов и облегчения их идентификации в некоторых случаях используется парная грушевировка розеток разъемных соединителей с вертикальным расположением пар, а также передние панели

зигзагообразной формы с парой оптических розеток на каждой площадке (рис. 4.35). Дополнительным преимуществом панелей зигзагообразной формы является меньший радиус изгиба соединительного шнура. Реже розетки размещаются в двух уровнях с небольшим боковым смещением верхнего ряда относительно нижнего (полка FCP 2 компании Siemon) или в один ряд, но под углом 45° относительно продольной оси. Увеличение емкости полки достигается также повышением ее высоты и многоуровневым расположением розеток.

Компания RIT Technologies распространила действие системы PatchView (см. далее раздел 13.1.3.1) также на оптические решения. Для этого в полке SMART F/O 96O каждая дуплексная SC-розетка снабжена индикаторным светодиодом, сама полка подключается к сканеру, а для коммутации используются шнуры SmartJumpers с дополнительным электрическим проводником диаметром 26 AWG для передачи по нему идентифицирующих сигналов.

Ввод кабеля в корпус обычно выполняется с задней стенки. Некоторые конструкции полок могут допускать ввод магистрального кабеля с левой, с правой или с задней стороны корпуса, что придает им большую функциональную гибкость. Известны также полки серии OR-625MMC компании Opttronics, в которых два кабельных ввода в виде прямогольных отверстий выполнены в крышке корпуса.

Оптические полки выпуска начала-середины 90-х годов имели прямой кабельный ввод, плоскость которого совпадала с плоскостью боковой или (чаще) задней стенки корпуса. Это вызывало определенные проблемы, особенно в случаях разделки кабелей внешней прокладки, связанные с трудностями обеспечения заданного направления ввода в тесном пространстве 19-дюймовых конструктивов. Для устранения этого недостатка в современных конструкциях широко применяются варианты, обеспечивающие ввод кабеля под определенным углом к продольной оси полки. Технически это может быть оформлено в виде выступа, выемки треугольной формы на задней стенке корпуса или же в виде проема в задней стенке, за которым под углом в 45° установлена планка под стяжку (рис. 4.36). Первые два решения более предпочтительны, так как обеспечивают большую герметичность внутреннего пространства полки.

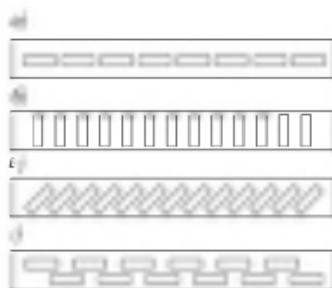


Рис. 4.35. Варианты расположения розеток оптических разъемов на передней панели оптической полки:  
а) горизонтальный; б) вертикальный;  
в) угловой; г) двухрядный  
со смещением рядов



Рис. 4.36. Варианты расположения кабельных вводов в оптических полках:  
а) прямой; б) угловой с выступом; в) угловой с выемкой

В самом конце 90-х годов определенную популярность получила конструкция с одним вводом в виде центрального отверстия в задней стенке. При этом кабель укладывается горизонтально вдоль задней стенки до отверстия и фиксируется стяжками в нескольких местах, а в корпус полки вводятся только трубы модулей [103]. Кабель и место ввода модулей могут дополнительно закрываться декоративной крышкой (полки производства российской компании «Волоконно-оптическая техника»). Данное решение из-за распределенной фиксации отличается надежным удержанием кабеля, но несколько неудобно в случае его установки в шкафах шириной 600 мм и поэтому пока не получило широкого распространения.

Для удобства монтажа и последующего эксплуатационного обслуживания некоторые типы полок снабжены полозьями, которые позволяют выдвигать их в переднее положение и иногда откидывать вниз примерно на 30°. Другим вариантом является установка корпуса полки на центральной или боковой оси во внешнем кожухе с поворотом при необходимости доступа во внутреннее пространство. Популярность данного решения серьезно ограничивается сложностью как линейного, так и углового перемещения корпуса полки в часто встречающемся на практике случае ввода в нее жесткого кабеля внешней прокладки.

Под полкой или перед ней обычно устанавливается горизонтальный организатор. В него укладывается запас длины коммутационных шнуров. Кроме традиционной конструкции в форме колец или поддона достаточно широко применяются откидные организаторы, также оформленные в виде полок. Внутри корпуса этого элемента предусмотрено несколько кольцевых выступов для намотки на них избытка длины коммутационных шнуров. Ось для вращения располагается сбоку, там же для предотвращения вытягивания выполнено отверстие для ввода шнуров. Откидные организаторы позволяют хранить избыток длины коммутационных шнуров внутри корпуса, что существенно улучшает эстетические характеристики и удобство обслуживания полки. Наиболее ярко ее преимущества проявляются в СКС с развитой оптической подсистемой, требующей применения большого количества шнуров.

Краткая информация о полках некоторых производителей оборудования для СКС приводится в табл. 4.15.

Таблица 4.15. Оптические полки

Фирма-производитель	Тип	Количество и тип розеток	Примечание
Lucent Technologies	600	12 или 24 ST или SC	Прозрачная верхняя сдвижная крышка, сменная передняя панель с креплением на поворотных задвижках
Panduit	FRME	24 или 48 ST	Установка розеток производится на сменных 6-позиционных лицевых панелях
Siemon	FCP-DWR-(X)	12 или 24 ST или SC	Прозрачная верхняя крышка. Угловая установка розеток на сменных вставках.
RiT Technologies	SMART F/O 96 R3203050	96 SC 12 ST	Встроенный полочный организатор шнуров Полка оборудована системой PatchView Угловая установка розеток

#### 4.3.3.2. Другие виды 19-дюймового оптического оборудования

Ниже рассматриваются некоторые виды, не получившие широкого распространения в практике построения оптических подсистем СКС и использующиеся для решения различных частных задач.

В электрических коммутационных панелях определенную популярность получили так называемые разборные блоки 19-дюймовых коммутационных панелей (см. раздел 3.3.2.3). В гнезда этих панелей наряду с электрическими модулями могут быть установлены вставки с розетками оптических разъемов, применяемые для организации информационных разводок на рабочих местах. Данное решение позволяет очень гибко менять конфигурацию панели, а также создавать панели только или же в основном с оптическими розетками. На практике данным вариантом пользуются достаточно редко из-за неудобства монтажа (отсутствует организатор световодов и соединителей). Для устранения неудобства компанией Panduit предложен организатор fiber spool барабанного типа, который навешивается на задней части панели с помощью специального крепежного кронштейна.

Другой способ расширения функциональной гибкости разборных блоков используется компанией Alcatel. Ее конструктив образован универсальной передней панелью серии Optegea типа ACS-202.125, в монтажные отверстия которой вставляются 6-портовые оптоволоконные модули (рис. 4.37). Последний имеет переднюю стенку с розетками оптических разъемов и заднюю горизонтальную в рабочем положении полку с элементами для установки силайс-пластин и монтажа кабельного фиксатора. Вся конструкция в сборе может рассматриваться как бескорпусный (в смысле отсутствия крышки) вариант полки. Она имеет меньшую стоимость, но не защищает кабель и волокно от механических воздействий и отложений пыли.

От указанного недостатка свободна так называемая global fiber panel английской фирмы RW Data Cabling Sciences, имеющая аналогичную конструктивную схему. При этом модули с розетками оптических разъемов, держателем кабелей и силайс-пластиной после установки в лицевую панель закрываются индивидуальными защитными крышками.

В виде 19-дюймовой полки могут выполняться не только коммутационно-разделочные устройства, но и промежуточные муфты. Примером служат изделия 404 866 и 404 867 (максимальная емкость 24 и 48 соединений, соответственно) немецкой компании Datwyler. Сращивание волокон в такой полке выполняется через разъемные оптические соединители. Для установки их разъем внутреннее пространство полки разделено на две части продольной стенкой.

Другой вариант реализации промежуточной муфты для монтажа в 19-дюймовом конструктиве реализует следующая конструкция. Корпуса рассмотренных далее настенных муфт типов LIU100 и LIU200 производства компании Lucent Technologies могут быть установлены на монтажной пластинке типа 742A друг напротив друга. При этом панели с розетками разъемных соединителей крепятся только в одном из корпусов.

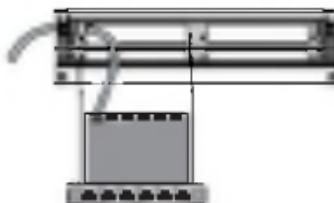


Рис. 4.37. Коммутационная панель компании Alcatel с оптическим модулем

Использование вместо обычных 19-дюймовых полок конфигураций, рассмотренных выше, дает следующие преимущества:

- снижение стоимости за счет уменьшения вдвое количества розеток и лицевых панелей, а также отсутствия коммутационных шнурков;
- уменьшение суммарных потерь в тракте за счет сокращения количества разъемных соединителей;
- некоторое улучшение массогабаритных показателей.

#### 4.3.4. Настенные муфты

Настенные муфты<sup>4</sup> обычно используются в качестве оконечных и коммутационных устройств для кабелей с небольшим количеством волокон (как правило, не более 24). Наиболее удобны в тех ситуациях, когда сетевое и коммутационное оборудование монтируется без применения закрытых конструктивов типа шкафов. Внешний вид одного из вариантов настенной муфты показан на рис. 4.38.

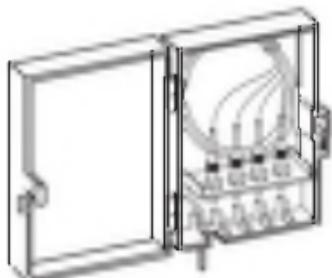


Рис. 4.38. Настенная муфта

Настенные муфты достаточно часто применяют также для перехода от кабеля внешней прокладки вблизи от места его захода в здание к кабелю внутренней прокладки. В этой ситуации муфта может не иметь розеток оптических разъемов и играть роль обычной промежуточной муфты. Некоторые изготовители выпускают настенные муфты в металлических защитных корпусах с замком на дверце. Это позволяет устанавливать их в помещениях со свободным доступом.

Конструктивно муфта представляет собой тонкостенный металлический или пластмассовый корпус, внутри которого размещаются организаторы и элементы крепления кабеля. Розетки оптических разъёмов обычно располагаются в один или два ряда на правой боковой поверхности корпуса муфты (под правую руку специалиста, выполняющего коммутацию). При числе розеток 4–6 их иногда ориентируют вниз для защиты от загрязнений. Отверстия для установки розеток сверлятся в корпусе в заводских условиях или непосредственно на объекте монтажа «по месту». В последнем случае для улучшения эстетических характеристик готовой муфты рекомендуется пользоваться специальным шаблоном. В подавляющем большинстве муфт импортного производства для установки розеток применяются сменные вставки с шестью гнездами каждая, которые крепятся с помощью двух фиксаторов цангового типа. Иногда данные вставки выполняются унифицированными с возможностью применения также в полках модульной конструкции.

Для обеспечения механической защиты подключаемого к розетке соединительного шнура используются относительно широко распространенные конструкции с внутренней стенкой для монтажа розеток или же с дополнительным внешним откидным защитным экраном. Последний изготавливается из металла или прозрачной пластмассы и достаточно часто снабжается внутренним замком.

<sup>4</sup> Имеется в виду не панельные муфты. Такие выпускаются как относительно простые полуметаллические конструкции, и как профессиональные жартии (например, серия Multi-Mode от компании Teradek Electronics, которую, до сих пор, производят в СКС Multi-Tech, которая первоначально называлась Multi-Tron). С Ранней работой панельной муфты производится за той СКС компанией Multi-Tech, но позднее данная компания прекратила её выпуск.

При необходимости монтажа нескольких муфт друг над другом без бокового смещения выбираются конструкции, в левой части корпуса которых выделено место для транзитного прохода кабелей к вышестоящей муфте.

Одной из проблем работы с настенными муфтами, рассчитанными на большое количество портов, является сложность доступа к одной из сторон розеток в процессе выполнения подключений и перекоммутаций. Для устранения этого недостатка компанией Opttronics предложена конструкция муфты surface mount fiber cabinet с откидной монтажной рамкой по образцу трехсекционных настенных 19-дюймовых шкафов. Проблема доступа в ней решается возможностью откидывания центральной секции на петлях вбок.

Перечень настенных оптических муфт некоторых производителей оборудования для СКС приведен в табл. 4.16.

Таблица 4.16. Настенные оптические муфты

Фирма-производитель	Тип	Количество и тип розеток	Примечание
Lucent Technologies	1886A3	12×ST, 6×D-ST, 6×MIC	Муфты комплектуются двумя или четырьмя лицевыми панелями с четырьмя или тремя отверстиями под розетки различных типов. Незадействованные места могут быть закрыты заглушками
	2886A3	24×ST, 12×FC, 12×MIC	
Fordit	FHNE	24 или 48 ST	Муфты имеют дополнительную защитную стенку и дверцу, которая закрывает розетки
Syntel	SWC-800	12, 24, 48×ST и FC	Предназначена для установка вставок с одной или двумя парами разъемов оптического разъема. Розетки с внешней стороны закрываются откидной дверцей
Molex	MORE	12, 24×ST, FC и FC	Муфты комплектуются двумя или четырьмя 6-портовыми модульными лицевыми панелями с отверстиями под розетки различных типов. Розетки с внешней стороны закрываются откидной дверцей с замком

#### 4.3.5. Оптические модули

19-дюймовый конструктив в различных вариантах исполнения обладает достаточно большими габаритами. Стремление к преодолению этого недостатка привело к появлению в последнее время нескольких новых разновидностей монтажного оборудования, для которого были разработаны новые виды оптических коммутационных изделий. На рис. 4.39 изображен так называемый оптический модуль, который можно рассматривать как уменьшенную полку с односторонним креплением. Данный вид изделия входит в состав кабельной системы INFRA+ и предназначен для установки на защелках в распределительных рамках различного вида. Модуль предназначен для разделки в нем двухволоконного кабеля. При необходимости увеличения числа обслуживаемых оптических портов



Рис. 4.39. Оптический модуль

корпуса модулей устанавливаются в стек друг над другом. Доступ во внутреннюю часть модуля в такой конфигурации производится после откidyвания его корпуса вбок на петле.

#### **4.3.6. Оптические многопользовательские розетки и консолидационные точки**

Оптические многопользовательские розетки МУТО и консолидационные точки относятся к сравнительно «молодому» типу оптического коммутационного оборудования, которое появилось только в конце 90-х годов в связи с быстрым ростом популярности открытых офисов. Изделия этого типа адаптируют концепцию fibre to the desk на случай открытого офиса. В некоторых случаях данный вид оборудования применяется как дополнение розеток мультимедиа (см. раздел 5.2.3). Такие розетки и консолидационные точки выполняются в виде закрытого корпуса, не имеют элементов крепления в 19-дюймовом конструктиве и обладают соответствующими эстетическими характеристиками для наружного офисного применения. Изделия предназначены для установки на колонне, стене и других строительных конструкциях. Максимальная емкость известных образцов розеток не превышает 12 портов, то есть розетка является функциональным аналогом настенной муфты в своей специфической области применения.

Примерами многопользовательских розеток могут служить 12-портовые изделия 406818–406820 компании AMP, а консолидационной точки – изделие 406771 той же компании.

#### **4.3.7. Информационные розетки**

Оптические информационные розетки выполняют функции интерфейсного элемента СКС со стороны пользователей и устанавливаются на рабочих местах. К ним подключается горизонтальный кабель, связывающий их с КЭ. Конструктивно информационная розетка традиционной конструкции выполнена в виде вставки и состоит из корпуса и одной или нескольких розеток оптических разъемов, смонтированных на нем (рис. 4.40). На практике



Рис. 4.40

Оптическая информационная  
розетка в виде вставки

встречаются варианты исполнения как с прямой, так и с угловой установкой розеток с выступом и выемкой. Предпочтительной является установка розеток направляющими назами вниз. При монтаже необходимо использовать такую схему разводки, чтобы левая розетка марковалась символом А. Согласно нормативным документам, действующим на середину 1999 года, основным видом розеточных модулей для розеток рассматриваемого вида являются SC. В случаях, описанных выше, в СКС разрешается использовать информационные розетки с розетками ST-разъемов.

Конструкция корпуса информационной розетки и способ ее установки должны обеспечивать возможность обеспечения радиуса изгиба горизонтального кабеля не менее 30 мм. В остальном конструкция оптической информационной розетки не отличается от конструкции ее электрического аналога.

В качестве средства установки оптических портов кабельной системы широкое использование находят так называемые розетки мультимедиа, более подробно рассмотренные в разделе 5.2.3.5. Основным их преимуществом является возможность произвольно комбинировать электрические и оптические порты в зависимости от требуемой конфигурации рабочего места, а достаточно большие габариты позволяют легко решить проблему обеспечения требуемого радиуса изгиба волокна.

Большинство конструкций информационных розеток первого поколения представляет собой вставку для монтажа в короб с декоративной панелью, на которой устанавливаются розетки оптических разъемов. Общими недостатками при этом являются сложность монтажа разъемов в полевых условиях и невозможность использования технологии оконцевания, основанной на применении монтажных шнурков. В последнее время наряду с упомянутыми выше розетками мультимедиа большую популярность получили «двухэтажные» конструкции. В них на первом уровне, который обычно оформлен в виде монтажной коробки и размещается внутри короба или монтажной коробки, располагается организатор для укладки технологического запаса длины волокон, второй верхний уровень образует собственно розетка с розеточными модулями оптических разъемов. Для увеличения эксплуатационной надежности рядом с розетками иногда устанавливается дополнительная направляющая, задающая заданный радиус изгиба световодов.

Кроме конструкций на основе монтажной коробки, которые можно отнести к решениям «закрытого» типа, известны также варианты исполнения «половинчатого» вида (рис. 4.41). Их общей характерной особенностью является наличие организатора световодов барабанного типа в задней части розетки, причем этот барабан может располагаться как перпендикулярно плоскости розетки на пластиковом кронштейне (так называемый fiber spool серии CFS2XX компании Panduit – рис. 4.41a), так и параллельно ей (розетка типа 2-966936-5 фирмы

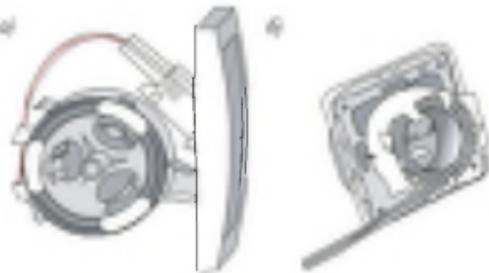


Рис. 4

Варианты исполнения организаторов барабанного типа для применения в информационных розетках:  
а) с перпендикулярной ориентацией барабана;  
б) с параллельной ориентацией барабана

AMP – рис. 4.41б). Емкости барабанного организатора достаточно для хранения до 12 м волокна в буферном покрытии 0,9 мм и до 2 м стандартного дуплексного кабеля для шнуров. Первый вариант отличается большей универсальностью, так как может применяться наряду с розетками также в коммутационных панелях. Исполнение фирмы AMP выгодно отличается от своего аналога существенно меньшими габаритами.

## **4.4. Оконцованные волоконно-оптические кабельные изделия**

### **4.4.1. Коммутационные и оконечные шнуры**

Аналогично электрическим оптические коммутационные шнуры предназначены для ручной коммутации друг с другом различных кабельных сегментов СКС. Шнур состоит из отрезка кабеля для шнурков с вилками оптических разъемов, установленными на его концах. В подавляющем большинстве случаев из соображений удобства использования в СКС применяются двойные шнуры. Одинарный вариант шнурков на практике требуется достаточно редко и, главным образом, для подключения некоторых видов измерительного оборудования.

Действующие редакции стандартов СКС определяют в качестве основного типа оптических разъемов разъем типа SC. Вилки SC-разъемов должны быть установлены на кабеле



Рис. 4.42. Коммутационный шнур с коннекторами SC разъемами

шнура таким образом, чтобы с обоих концов любого волокна оптического кабеля находились вилки с разной маркировкой: А–В или В–А (рис. 4.42). Если коммутационный шнур армирован вилками ST-разъемов, которые не имеют заводской маркировки, она должна быть сделана любым другим способом и по той же схеме. Чаще всего маркировка реализуется на основе полимерных хвостовиков различного цвета. Например, выпускаемые фирмой Siemon вилки ST-разъемов могут коммутироваться хвостовиками черного и бежевого цветов. Решения на основе применения гаек-фиксаторов, изготовленных из металла различных цветов (белого и желтого у вилок ST-разъемов швейцарской компании Brugg), используются существенно реже. При возникновении не-

обходимости может быть применена маркировка самоламирующимися этикетками или сменными надписями.

Оптические оконечные шнуры входят в состав подсистемы сетевого оборудования. Они состоят из отрезка двойного кабеля для шнурков, с одной стороны которого установлена вилка двойного SC-разъема для подключения к информационной розетке на рабочем месте или к коммутационному оборудованию в кроссовой. На втором конце шнура предусмотрена одна двойная или две одиночные вилки оптического разъема типа, необходимого для подключения к сетевому оборудованию. Например, для подключения к FDDI концентратору оконечный шнур на втором конце должен иметь вилку MIC-разъема (рис. 4.43).

Стандартный ряд длин серийно выпускаемых оконечных и коммутационных шнурков, как правило, имеет значения 3, 5, 10 и 15 м, более длинные шнуры или шнуры с отличной от стандартной длиной изготавливаются на заказ.

Для обозначения шнуров используются буквенно-цифровые индексы, в которых тем или иным способом шифруется информация о типе волокна и вилок оконечных разъемов, а также о длине кабеля. Более подробно этот вопрос рассмотрен в монографии [7].

Изготовители практикуют в основном индивидуальную упаковку шнурков в прозрачный пластиковый пакет. В пакет может вкладываться этикетка с паспортом шнурка, где указывается, в частности, фактическое затухание и коэффициент обратного отражения (последнее значение требуется для одномодовых шнурков).



Рис. 4.43. Оконечный шнур ST-MIC

## 4.4.2. Претерминированные кабельные изделия

### 4.4.2.1. Претерминированные сборки

Претерминированные сборки или кабели (preterminated cables) позволяют проводить строительство кабельных трасс без использования сварки и оконцовки волокон на объекте, что несколько уменьшает стоимость работ и время их выполнения (рис. 4.44). Сборка представляет собой отрезок многоволоконного оптического кабеля, который оконцована вилками оптических разъемов в стационарных производственных условиях с выполнением соответствующих проверок и снабжен специальной оконечной арматурой. Арматура обычно выполнена в виде герметичного наконечника из металлической или пластмассовой трубки, внутри которой производится укладка вилок с запасом длины волокна. При использовании претерминированной сборки монтажные работы сводятся к протяжке кабеля, удалению армирующего наконечника и подключению вилок к розеткам разъемных соединителей полки или настенной муфты.



Рис. 4.44. Претерминированная сборка

Поверхность наконечника может быть гладкой или гофрированной. Последнее решение увеличивает гибкость, однако, выступы гофра цепляются за неровности кабельных каналов. Для устранения этого недостатка на гофрированный наконечник может быть надет защитный чехол из тонкого эластичного материала.

На переднем конце наконечника предусматривается проушина или устанавливается рым-болт для протяжки. Несмотря на более высокую стоимость, последний вариант является более предпочтительным, так как предупреждает возможное закручивание кабеля в процессе протяжки.

Для облегчения установки в полке или настенной муфте защитная арматура может быть составной. Головная часть после завершения прокладки удаляется, задняя часть

остается на кабеле и используется в качестве силового элемента, на который накладывается зажим кабельного держателя. Такое решение использовано в серии сборок fiber quick швейцарской компании Brugg.

Достаточно перспективным представляется применение для армирования кабеля претерминированной сборки грушевого разъема, так как в этом случае можно существенно уменьшить длину и диаметр защитного наконечника. Тогда для разводки световодов по отдельным розеткам муфты или полки используется короткий комбинированный шнур.

Претерминированная сборка может быть изготовлена непосредственно на объекте монтажа из обычного соединительного шнура требуемой длины. Для этого фирмой Molex выпускается специальный комплект. Основой комплекта является мягкий пластиковый наконечник с кольцом для протяжки и элементами крепления кабеля шнура, в который укладываются наконечники оптических соединителей.

Сборка обычно поставляется на барабане. В случае армирования обоих концов к ним обеспечивается свободный доступ обычно за счет намотки концевых участков кабеля с оконечной арматурой в отдельной секции барабана, образованной дополнительной внутренней стенкой.

Некоторые фирмы (Lucent Technologies, ADC, Fibertron, Molex) выпускают претерминированные сборки, один из концов кабеля которой уже введен в распределительную полку и подключен к розеткам разъемных соединителей. Данная конструкция получила название претерминированных полок (preterminated shelves). Полка может располагаться как с одного, так и с двух концов кабеля. Для предотвращения попадания пыли внутрь при протяжке в кабельном канале швейцарская фирма Suhner поставляет изделия рассматриваемой груши с полками в защитных чехлах.

Претерминированные сборки также весьма удобны при организации временных связей. В этом случае кабель сборки имеет относительно небольшую длину (до 300 м) и поставляется намотанным на барабан диаметром около 70 см, снабженный установочными ножками и ручкой для размотки (решение швейцарской компании Brugg).

Применение претерминированных сборок и полок оправдано при протяженности трассы до 2 км и требует точного знания ее длины. Армироваться может один или два конца кабеля, что оговаривается при заказе.

Претерминированная сборка может являться также центральным элементом специализированных структурированных волоконно-оптических кабельных систем. В качестве примера такого подхода отметим систему FLine немецкой фирмы Kerpel.

#### **4.4.2.2. Ремонтные кабельные вставки**

Ремонтные кабельные вставки используются для быстрого восстановления связи в случаях повреждения магистрального кабеля. Данное изделие представляет собой отрезок кабеля длиной 100–300 м на катушке, причем кабель с обоих концов снабжен муфтами. В различных вариантах реализации вставок в муфте могут устанавливаться розетки оптических разъемов или просто укладываться запас волокна. Для облегчения перемещения катушка снабжается ручками и установочным каркасом на колесиках. Удобство транспортировки вставки обеспечивается укладкой муфт внутри катушки таким образом, чтобы они не выступали за ее края.

Известны также ремонтные кабельные вставки так называемого рюкзачного типа. Каркас для установки катушки в подобном изделии выполнен в форме рамы станкового рюкзака, что облегчает его доставку к месту ремонта линии связи, когда невозможно использовать автотранспорт (рис. 4.45).



Рис. 4.45  
Реальное кабельное соединение  
с оптическим волокном

Подключение волокон магистрального кабеля зависит от конструкции оконечных муфт и может выполняться с помощью механических спlices или адаптеров быстрого окончания.

#### 4.4.3. Монолитные распределительные панели

Монолитные распределительные панели, мини-панели или кассеты (fibre cassettes) – новый тип оконцованных кабельных изделий, поступивший в широкую коммерческую продажу в самом конце 90-х годов. По своей идее и исполнению эти панели похожи на претерпевшие изменения полки, однако имеют следующие существенные отличия:

- корпус панели является монолитной конструкцией и, в отличие от полки, пользователь и монтажник не имеют возможности доступа в его внутреннюю часть в процессе монтажа и эксплуатации; монолитная конструкция корпуса позволяет существенно уменьшить его габариты;
- кабель панели оконцовывается вилкой грушевого соединителя.

Оптический тракт на основе изделий рассматриваемого вида может быть построен по трем основным схемам. Первая из них называется «экономичной» [104] и основана на применении двух панелей с кабелями различной длины. При этом длина кабеля одной из таких панелей полностью определяется протяженностью конкретной трассы. В так называемой «гибкой» схеме кабели панели имеют одинаковую и достаточно небольшую длину (порядка 1 м), для их соединения используются обычные претерминированные сборки. В третьем варианте на корпус выводится только разъем, а кабель отсутствует полностью. Как видно из сказанного, основное отличие между представленными вариантами состоит в числе разъемных соединителей в тракте: один в первом случае и два во втором и третьем.

### 4.5. Адаптеры

Оптические адаптеры, как и оконечные шнуры, используются в подсистеме подключения сетевого оборудования и формально не входят в область действия стандартов. Основным назначением этих изделий является обеспечение возможности подключения друг к другу вилок разъемов разных типов. Адаптеры применяются в процессе выполнения коммутации при

отсутствии нужного вида оконечных шнурков. Наиболее широкое распространение на практике получили следующие элементы этого вида:

- переходные розетки;
- FM-разъемы.

Переходные розетки применяются для подключения вилок разъемов двух различных типов. Это устройство представляет собой проходную розетку с общей центрирующей гильзой и гнездами двух разных типов по обе стороны. На рис. 4.46 изображен пример переходной розетки, обеспечивающей соединение вилок разъемов типов MIC и ST. При этом не исключен также вариант обеспечения перехода между различными типами разъемов, имеющими разный диаметр центрирующего наконечника, например MU и SC [105].

FM-разъемы (female-male – рис. 4.47) обеспечивают подключение вилки разъема одного типа к розетке разъема другого типа. Они представляют собой вилку, задняя часть которой выполнена в виде гнезда розетки для подключения в нее наконечника вилки разъема другого типа. Изделия этого типа используются для перехода с одного типа вилки на другой в случае отсутствия переходного шнура, а также в измерительных целях, так как эффективно защищают излучатель или фотодиод прибора от механических повреждений при многочисленных подключениях, характерных для данной области применения.



Рис. 4.46. Переходная розетка MIC-2ST



Рис. 4.47. FM разъем

Некоторые виды сетевого оборудования имеют очень высокую чувствительность фотоприемника, что приводит к его перегрузке на трассах небольшой протяженности, характерных для структурированных кабельных систем. В этой ситуации для обеспечения работоспособности аппаратуры применяют оптические аттенюаторы. Известен ряд принципов исполнения этих устройств. В СКС удобно применять аттенюаторы-розетки и FM-адаптеры со встроенными аттенюаторами. Данные разновидности этих приборов могут быть как фиксированными, так и переменными с плавной регулировкой вносимого затухания. FM-адаптер с аттенюатором из-за особенностей выполняемых им функций может иметь гнездо и вилку разъема одного типа. При наличии альтернативы для построения трактов СКС предпочтительнее применять аттенюаторы на основе FM-адаптеров.

## 4.6. Промежуточные муфты

Промежуточные муфты применяются в подсистеме внешних магистралей для сращивания сегментов кабелей внешней прокладки. Необходимость этого возникает по двум причинам:

- существуют ограничения на длину строительных сегментов кабеля внешней прокладки. Поэтому длинные внешние волоконно-оптические магистрали состоят из нескольких сегментов кабеля (обычно по 1–4 км каждый), сращенных в промежуточных муфтах;

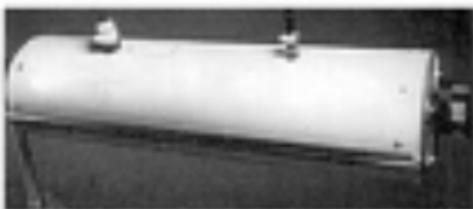
- при повреждении или обрыве кабеля внешней прокладки места его сращивания при ремонте защищаются промежуточными муфтами.

В отличие от рассмотренных выше коммутационных полок и настенных муфт изделия рассматриваемого вида имеют две основные конструктивные особенности: у них отсутствуют розетки для подключения внешних шнурков и имеются уплотняющие сальники, прокладки, манжеты и другие элементы, обеспечивающие герметизацию внутреннего объема.

Промежуточные муфты (рис. 4.48) эксплуатируются круглогодично и в тяжелых условиях:

- в коллекторах и колодцах кабельной канализации;
- непосредственно зарытыми в грунт;
- в болотах;
- на дне водоемов;
- на столбах воздушных линий связи.

Рис. 4.48  
Промежуточная муфта



Конструкция всех изделий, рассматриваемых в этом разделе, должна обеспечивать герметичность при замерзании во льду.

Основой промежуточной муфты является корпус в форме цилиндра или параллелепипеда со скругленными кромками. Во втором случае механическую прочность корпуса увеличивают иногда с помощью ребер жесткости на его внешней поверхности. Значительно реже корпус выполняется в форме диска. Внутри корпуса размещается лоток с кассетами для укладки оптических строек и предусмотрены элементы герметизации внутреннего объема, а также обеспечения непрерывности броневых и упрочняющих элементов кабеля.

Герметизация муфты осуществляется холодным или горячим способами с помощью заливочной массы, термоусаживаемых трубок, прокладок и манжет, специальных мастик и герметизирующих лент, например ленты типа VM компании 3M. Герметичность внутреннего объема муфт фирмы Raychem дополнительно гарантируется заливкой специальной нетекучей желеобразной массой. В последнее время появилось несколько конструкций, где за счет применения высококачественных прокладок и манжет, а также специальной формы нажимных поверхностей достижение требуемого уровня герметичности возможно чисто механическими способами (затяжка болтами или хомутами) без использования герметиков и процессов термической усадки. Это существенно ускоряет и упрощает процесс работы с муфтой, особенно при необходимости ее многократной сборки и разборки.

В зависимости от количества и расположения кабельных вводов различают *прямую* (вводы с разных сторон корпуса), *тупиковую* (или стаканчиковую; вводы с одной стороны корпуса), а также *проходную* (два ввода) и *разветвительную* (три или более ввода) муфты.

При построении СКС необходимость в сращивании отдельных строительных длин кабелей возникает крайне редко из-за относительно небольшой протяженности кабельных трасс. Поэтому промежуточные муфты в состав официального каталога включают лишь некоторые производители СКС, например Lucent Technologies и HellermannTyton.

## 4.7. Система Blolite

Система Blolite разработана английской компанией BICC в конце 80-х годов и представляет собой удачную адаптацию к области структурированных кабельных систем известного в кабельной технике метода пневмозаготовки каналов. Согласно концепции этой системы, по трассе прокладываются не оптические кабели, а пустые кабельные каналы (*bloducts*), в которые затем по мере необходимости сжатым воздухом вдувается оптическое волокно (рис. 4.49). Принципиальное отличие от традиционного метода пневмозаготовки состоит в том, что в системе Blolite при прокладке световодов не применяется вытяжной парашют.

Для использования в системе Blolite предназначены специальные оптические волокна трех основных типов: 9/125, 50/125 и 62,5/125, которые отличаются от обычных наличием дополнительной внешней оболочки из антистатического материала. Специальная структура верхней поверхности этого материала усиливает эффективность продвижения световода в воздушном потоке. Для увеличения гибкости волокна внешний диаметр его вторичного защитного покрытия уменьшен примерно до 500 мкм. Световод допускает непосредственную установку вилок оптических разъемов без использования сварки или применения механических силайсов.

Кабельные каналы имеют диаметр 5 или 8 мм (внутренний диаметр 3,5 и 6 мм соответственно), причем в одной общей оболочке может располагаться от одного до семи таких каналов (рис. 4.49а). Каналы диаметром 5 мм применяются на трассах длиной до 500 м, использование 8 миллиметровых каналов позволяет создавать трассы длиной до 1000 м. Максимальная длина вертикальных трасс составляет 300 м. Кабельные каналы могут иметь влагостойкую оболочку наряду с обычной, что позволяет прокладывать их между зданиями. При прокладке внутри здания возможно применение кабелей типа Blotwist: максимум четырех экранированных или неэкранированных электрических модулями категории 5 и одной трубкой кабельного канала (рис. 4.49б). Эти модули могут быть в вариантах UTP

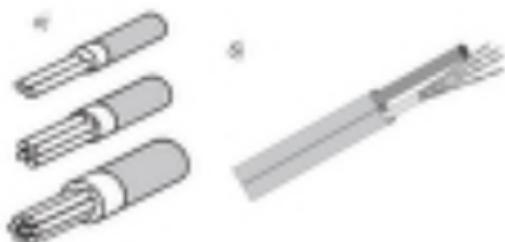


Рис. 4.49

Элементы системы Blolite:  
а) кабельные каналы *bloducts*;  
б) кабель *blotwist*

(серия C5U), STP (C5F) и S/STP (C5S). Для облегчения процедуры идентификации возможна окраска их внешних оболочек в различные цвета.

В одном кабельном канале может прокладываться до четырех световодов (в перспективе предполагается увеличить это значение сначала до 8, а затем до 12), скорость прокладки составляет 40 метров в минуту, на трассе может быть до 300 поворотов с радиусом изгиба 25 мм. Прокладка дополнительных линий в большинстве случаев не требует остановки работы кабельной системы.

Согласно концепции Blolite в момент создания кабельной системы прокладываются не оптические кабели, а относительно дешевые кабельные каналы. Количество световодов, соединяющие те или иные точки, определяется конкретными потребностями в данный момент времени. Одновременно значительно упрощается процедура замены волокна одного типа на другое и ремонт поврежденных световодов, так как заменяемое волокно просто выделяется из канала.

Для обеспечения возможности развития и эксплуатационного обслуживания системы кабельных каналов разработан набор аксессуаров и технологического оборудования, куда входят элементы сращивания кабельных каналов, в том числе с разным диаметром, заглушки, промежуточные муфты для внутреннего и внешнего монтажа и т.д.

Прокладка волокон в кабельный канал осуществляется с помощью комплекта BioCentre, в состав которого включены электрический воздушный компрессор и осушитель воздуха. Последний может подключаться также к обычному баллону со сжатым воздухом. Для доставки на объект компрессор и осушитель накуются в два чемодана.

После прокладки кабельных каналов их проверяют с помощью комплекта тестовых при способлений. Для контроля отсутствия загибов, пережатий и других аналогичных дефектов в канал вдувается полимерный шарик, который задерживается на выходе специальным уловителем. Отсутствие отверстий и разрывов проверяется по постоянству давления, которое предварительно создается в канале (максимум 10 бар).

По оценкам разработчиков системы ее использование позволяет распределить во времени расход до 65% от общего объема средств, необходимых для реализации кабельной системы. Кроме того, стоимость ремонта поврежденных участков трассы оказывается примерно на 40% дешевле по сравнению с трассами на основе традиционных кабелей.

## 4.8. Выводы

Технические, механические и эксплуатационные характеристики волоконно-оптических изделий различного назначения полностью соответствуют современным требованиям к элементной базе структурированных кабельных систем. Это дает возможность без каких-либо специальных ограничений реализовывать оптические подсистемы по условиям конкретного проекта. Уровень стандартизации волоконно-оптических компонентов и их техническое исполнение позволяют использовать при организации оптических и электрических подсистем СКС одинаковые типовые приемы, основные правила построения и технические решения.

Волоконно-оптические кабельные изделия СКС и сетей связи общего пользования в значительной степени унифицированы. Это обеспечивает как существенное превышение некоторых фактических параметров кабелей СКС (например, затухания) тех значений, которые нормируются стандартами, так и низкий уровень цен на элементную базу.

Бо́льшо́сть применения при разработке оптического кабеля различных типов вторичных защитных покрытий волоконных световодов позволяет оптимальным образом согласовывать конструкцию кабеля с областью его применения. В результате для каждой из трех подсистем СКС существует свой основной тип оптического кабеля.

В настоящее время для построения СКС применяются, главным образом, многомодовые кабели. Рост популярности одномодовых решений не в последнюю очередь обусловлен необходимостью поддержки работы сверхвысокоскоростных сетевых интерфейсов типа Gigabit Ethernet.

Основная масса многомодовых кабелей и коммутационных шнуров СКС выполняется на основе волокна типа 62,5/125, и поэтому именно их рекомендуется применять для по-

строения оптической подсистемы. В случае необходимости передачи сигналов Gigabit Ethernet на расстояние 300–500 м предпочтительнее использовать кабели с широкополосными многомодовыми световодами специальной конструкции.

Основным видом разъема в СКС является разъем типа SC, в ближайшей перспективе в перечень разъемов, разрешенных для применения в СКС, будет введен один или несколько типов разъемов с увеличенной плотностью монтажа и одинаковым форм-фактором с электрическим разъемом модульного типа. Это позволит значительно увеличить уровень унификации электрических и оптических коммутационных устройств, а также упростить интеграцию электрических и оптических решений.

Основным видом коммутационного оборудования оптических подсистем СКС является 19-дюймовая полка. Наличие таких серийных устройств, как настенная муфта и коммутационная стойка позволяет гибко учитывать в конкретном проекте местные условия в технических помещениях. Специфика построения линий оптических сетей СКС и, в частности, рост популярности решений типа fiber to the desk при организации открытых офисов определяет также наличие некоторых типов оптического коммутационного оборудования (абонентская розетка, консолидационная точка), которое не встречается в сетях связи общего пользования.

Наличие значительно более развитой по сравнению с электрическими подсистемами номенклатуры оконцованных кабельных изделий гарантирует быстроту построения оптических линий связи СКС, а также восстановление связи в аварийных ситуациях без применения сложного и дорогого специализированного технологического оборудования.

# ГЛАВА V

## ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ КОМПОНЕНТЫ

### 5.1. Монтажное оборудование

#### 5.1.1. 19-дюймовые конструктивы

Одной из проблем, возникающих при создании СКС, является необходимость компактного размещения ее оборудования, зачастую вместе с сетевыми устройствами различного назначения (чаще всего концентраторы, коммутаторы, маршрутизаторы и серверы) на ограниченной площади помещений кроссовых и аппаратных залов в сочетании с обеспечением удобного доступа к нему во время строительства и текущей эксплуатации. Для решения этой задачи предназначено 19-дюймовое монтажное оборудование, классификация которого приведена на рис. 5.1. Кроме 19-дюймовых существуют также 17-, 23-, 24-дюймовые и метрические (ширина крепежного поля 535 мм) конструктивы. В связи с их малым распространением в нашей стране в дальнейшем предполагается, что монтажное оборудование выполняется в соответствии с 19-дюймовым стандартом. Дополнительно отметим, что установка, например, 19-дюймового оборудования в 23-дюймовый шкаф легко выполняется в случае наличия соответствующих съемных адаптеров различной высоты.



Основные размеры 19-дюймового конструктива были первоначально заданы американским стандартом ANSI/EIA RS-310D, причем этот документ в своей исходной форме определял только размеры 19-дюймовых передних панелей и их высоту, а также расположение крепежных отверстий. Оттуда основные положения в 1969 году практически без изменений были перенесены в международный стандарт ISO/IEC-297.

Оборудование рассматриваемого вида выпускается в основном компаниями, специализирующимися в области обработки металлов (Rittal, Wilsher&Quick, Schroff и другие). Оно закупается у них фирмами системными интеграторами, выполняющими монтаж СКС. В последнее время 19-дюймовое оборудование активно вводится в состав аксессуаров, поставляемых производителями СКС (Siemon, Ackermann, Mod-Tap, АйТи и др.).

### 5.1.1.1. Габаритные параметры 19-дюймового оборудования

Обязательным элементом конструкции 19-дюймового оборудования являются монтажные направляющие с отверстиями, на которые производится монтаж различных пассивных и активных устройств. Расстояние между внутренними и внешними кромками направляющих, а также между центрами отверстий стандартизировано [106, 107].

Высоту рабочей зоны монтажного оборудования принято измерять в условных единицах, юнитах – U (Unit). Под юнитом понимается минимальная высота какого-либо устройства, предназначенного для установки в 19-дюймовые конструктивы, 1 U равен 1,75 дюйма (44,45 мм). В некоторых случаях для обозначения этого параметра используют сокращение RMS (rack mount space) и RU (rack unit), а в немецкоязычной технической литературе достаточно широко распространены аббревиатуры HE (Hohen Einheit) и HU (Hohen Unit).

Отметим, что некоторые производители при выборе высоты отдельных элементов оборудования, устанавливаемого в 19-дюймовый конструктив, и, в частности, лицевых панелей рекомендуют, изготавливать их с небольшим отрицательным допуском (около 0,8 мм) для облегчения процесса монтажа [108].

Отверстия на монтажных направляющих располагаются по два или три на каждый юнит высоты и, как правило, имеют квадратную форму. При этом согласно международному стандарту IEC-297-1 на каждый юнит высоты предусматривается по два отверстия. В шкафах американского производства, выполненных по стандарту EIA RS-310-C, между основными отверстиями на их оси симметрии выполняется еще одно дополнительное отверстие (рис. 5.2, справа).

Упомянутые выше нормативные документы стандартизируют также внешние габариты 19-дюймового шкафа. Данные об этих размерах приведены в табл. 5.1–5.3. Параметр S в табл. 5.1 определяет минимальное количество посадочных мест в шкафу. Высота Н считается вместе с ножками. Ширина шкафа Р является предельно допустимой. Наиболее частыми

Таблица 5.1. Высота 19-дюймового шкафа

Высота шкафа, мм	Количество юнитов, S > n × U
800	13
1000	16
1200	22
1400	27
1600	31
1800	36
2000	40
2200	45

Таблица 5.2. Ширина 19-дюймового шкафа

Ширина шкафа, № × Р, мм
350
400
500
600
900

Таблица 5.3. Глубина 19-дюймового шкафа

Глубина шкафа, W < P, P м.
400
400
600
900

на практике соотношениями размеров шкафов в плане являются  $600 \times 600$  и  $600 \times 800$ , размер  $800 \times 800$  встречается реже.

Крепежные отверстия на оборудовании могут выполняться в двух различных вариантах — открытыми и закрытыми, а их габаритные размеры также стандартизированы (рис. 5.3).

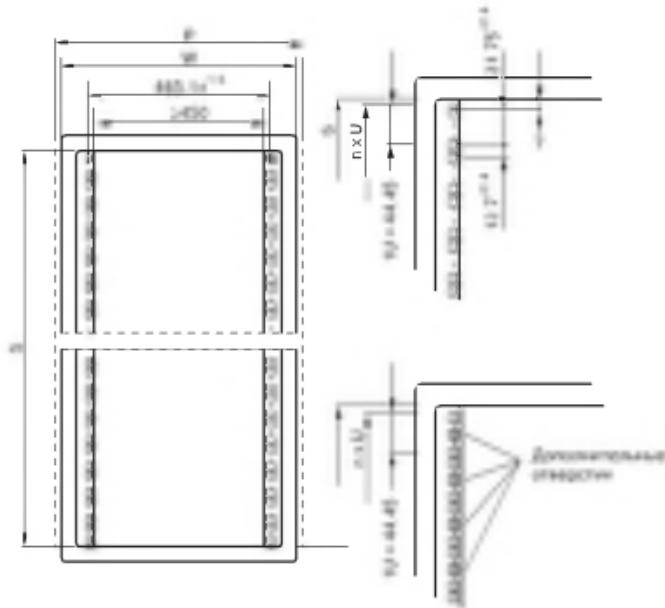


Рис. 5.2  
Основные размеры  
19-дюймового  
монтажного  
конструктива

Рис. 5.3  
Габаритные размеры крепежных отверстий  
для установки оборудования в 19-дюймовом конструктиве



### 5.1.1.2. Остальные особенности 19-дюймового оборудования

Устанавливаемое оборудование присоединяется к направляющим рельсам крепежными винтами и гайками. Гайки квадратной формы снабжаются внешней обоймой с пружинящими лапками, с помощью которых они фиксируются в отверстиях монтажных направляющих. В резьбу гаек вкручиваются винты M5 и M6 с прямым или крестообразным шлицем на головке. Эти винты для придания эстетичного внешнего вида имеют хромированное покрытие и снабжаются металлическими или пластиковыми шайбами с соответствующим дизайном и уровнем обработки внешней поверхности.

Процесс установки квадратных гаек в крепежные отверстия монтажных рельсов – достаточно продолжительная и кропотливая операция, поскольку она осуществляется с обратной стороны рельса. Для упрощения этой процедуры английской компанией RW Data предложено устройство RS100, которое представляет собой пластиковую обойму с защелками. В обойму в заводских условиях запрессованы три винтовые втулки; установка обоймы в отверстия рамы осуществляется с ее передней стороны. Это позволяет, например, при монтаже панели сначала завинтить крепежные винты, а затем уже простым линейным движением установить панель в шкаф на ее штатное место.

Металлические элементы 19-дюймовых монтажных конструктивов в большинстве случаев окрашиваются в серый цвет различных оттенков, мелкие съемные детали иногда хромируют. В случае необходимости производитель может обеспечить любой другой цвет окраски, выбираемый заказчиком по каталогу RAL. Это, однако, обычно сопровождается увеличением стоимости готового изделия на 5–30% (в зависимости от размеров поставляемой партии и выбранного цвета). Сравнительно редко и, главным образом, для отделки передней двери применяются различные цветные элементы улучшения эстетических характеристик изделия: эмблемы, фирменные логотипы и т.д.

Чтобы система заземления телекоммуникационного оборудования функционировала эффективно, особое внимание уделяется обеспечению проводимости лакокрасочных составов, применяемых для окраски шкафов. По этой причине популярные ранее лакировка и анодиро-

рование панелей шкафных конструкций практически вытеснены из широкого использования.

В некоторых европейских странах достаточно широкое распространение получило монтажное оборудование серии comrack немецкой компании Schröff и аналогичное ему. От традиционных оно отличается наличием H-образных верхней и нижней деталей, а также соединяющих их профилированных планок с назом (рис. 5.4). Использование верхней и нижней деталей специальной формы позволяет увеличить объем боковых полостей для укладки кабелей. При установке оснований друг рядом с другом в ряд три 19-дюймовых конструктива могут быть получены с использованием трех пар направляющих и только двух пар оснований и верхней детали (рис. 5.5). Применение назов вместо традиционных отверстий для крепежа квадратных гаек позволяет выполнять

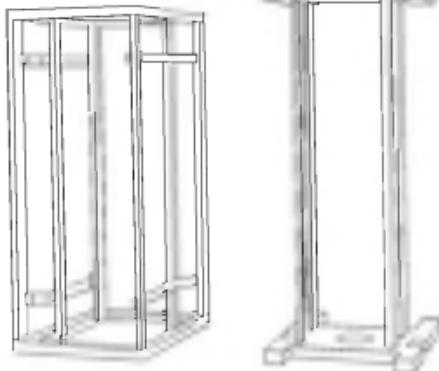


Рис. 5.4. Конструктивные особенности коркасов шкафов традиционной конструкции (слева) и comrack (справа)

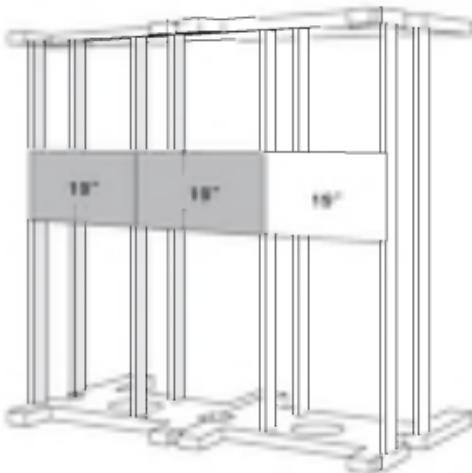


Рис. 5.5

*Установка нескольких шкафов comrack рядом друг с другом*

плавную регулировку высоты установки монтируемого оборудования. Фиксация гайки в пазу осуществляется пластинчатой пружиной.

### 5.1.2. Монтажные шкафы

Монтажные шкафы представляют собой основной монтажный элемент для установки оборудования СКС и представляют собой закрытые 19-дюймовые конструктивы. Основой их конструкции являются каркас и монтажные направляющие.

Обычно каркас изготавливается из стали и предназначен для крепления остальных элементов и придания корпусу шкафа требуемой жесткости. Каркасы выполняются сварными и сборными. В сравнении со сборными сварные каркасы обеспечивают большую жесткость корпуса шкафа. Достоинством шкафов со сборными корпусами является возможность транспортировки в разобранном виде.

К каркасу шкафа крепятся внешние компоненты корпуса и монтажные направляющие из стальных или алюминиевых профилей. В зависимости от техники крепления направляющих они могут быть перемещаемыми или фиксированными. Перемещаемые направляющие позволяют регулировку их расположения по глубине шкафа. В случае необходимости плавной регулировки используют зажимы. Если достаточно регулировки с дискретным шагом, то применяют крепежные болты, входящие в отверстия поперечной планки. Чаще всего изменения стандартной установки монтажных направляющих требуются при использовании различного рода навесных устройств, подключаемых к разъемам оборудования, установленного в шкаф.

Монтажные шкафы дополнительно позволяют обеспечить:

- ограничение доступа посторонних лиц к смонтированному оборудованию;
- эффективную защиту установленного в них оборудования от попадания пыли, грязи, посторонних предметов и воды в соответствии с ПР классификацией (см. табл. П1.6 и П1.7);
- экранирование от внешних электромагнитных полей;
- хорошие эстетические показатели.

Монтажные шкафы делятся на напольные и настенные.

### 5.1.2.1. Напольные шкафы

Напольные шкафы устанавливаются на поверхность пола (рис. 5.6). Типовые размеры напольных шкафов таковы:

- высота направляющих – от 21 до 48 U с дискретным шагом, определяемым фирмой-производителем и кратным 1 U;
- ширина – 600 или (реже) 800 мм;
- глубина – 600 или 800 мм.

Основными элементами конструкции напольного шкафа являются:

- монтажные направляющие;
- каркас с основанием;
- верхняя крышка.
- боковые стенки;
- передняя и задняя двери.

Как правило, напольные шкафы изготавливаются с четырьмя монтажными направляющими, которые обеспечивают крепление устанавливаемого в него оборудования в четырех точках. Некоторые фирмы по специальному заказу поставляют шкафы только с одной парой направляющих в передней части. Из-за значительной высоты напольных монтажных шкафов точная установка по высоте различного оборудования оказывается затрудненной. Для устранения этого недостатка некоторые изготовители наносят на монтажные рельсы метки высоты.

В средней части монтажная рама обычно снабжается дополнительной перфорированной планкой, которая наряду с увеличением жесткости конструкции используется как силовой или фиксирующий элемент при укладке кабеля, установке вспомогательного оборудования и т.д. В некоторых конструкциях шкафов такие планки являются съемными с возможностью регулирования высоты установки.

Общим недостатком традиционных конструкций 19-дюймовых шкафов является сложность доступа к боковой и задней поверхности оборудования, смонтированного внутри, в тех часто встречающихся на практике случаях, когда несколько шкафов устанавливаются друг рядом с другом. Для устранения указанного неудобства применяется два подхода. Первый из них основан на ис-

пользовании поворотной передней пары монтажных рельсов (исполнение с поворотной рамой), причем в случае установки специальных шарниров угол поворота может достигать 180°. Второй вариант предполагает наличие подвижной монтажной рамы, которая выдвигается в переднее положение по телескопическим направляющим. В шкафах большого размера (33U и более) в виде поворотной секции или выдвижного блока может быть выполнена только одна половина 19-дюймовых монтажных рельсов. При этом не исключено разделение половины шкафа с разными типами монтажных рельсов встроенной полкой, которая является интегральной составной частью конструкции каркаса (шкафы серии Intelligent фирмы Elgadphon). Преимуществом конструкций с поворотной рамой является несколько



Рис. 5.6. Напольный шкаф  
с стеклянной передней дверью

большая максимальная масса устанавливаемого оборудования. Типовое значение этого параметра составляет 200 кг против 50 кг у вариантов с выдвижной рамой.

Основание, или цоколь, имеет центральное отверстие, достаточно часто выполняемое со смещением к задней стенке. Через это отверстие обеспечивается циркуляция воздуха, а также подвод силовых и коммуникационных кабелей снизу из-под фальшпола. В шкафах компании Rittal это отверстие закрывается съемными и сдвижными трехсекционными панелями, которые позволяют выбирать нужный размер просвета для прохода кабелей. Российская компания «Перспективные технологии» в основаниях своих шкафов использовала кабельные вводы, закрытые крышками небольшого размера, которые формируются при изготовлении методом неполной выработки и крепятся к основанию узкими металлическими перемычками. При вводе кабелей крышки отламываются по перемычкам. Количество удаляемых крышек соответствует объему вводимых кабелей.

Основание шкафов некоторых производителей выполнено в виде каркаса, который закрывается съемной плитой. Наличие или отсутствие отверстий на такой плите, их форма и количество, а также установка пылезащитных фильтрующих матерчатых фильтров определяется по каталогу при конкретном заказе.

На основаниях некоторых типов шкафов предусматривают также боковые отверстия для ввода кабелей, которые во внерабочем состоянии закрыты крышками. Для увеличения эффективности охлаждения внешние вертикальные панели основания могут снабжаться отверстиями, причем для уменьшения зашылления они могут быть закрыты вставками из фильтрующего материала. При небольшом количестве кабелей достаточно эффективную защиту от зашылления обеспечивают планки со щеткой (так называемый щеточный ввод), щетина которой перекрывает просвет отверстия. В монтажном шкафу фирмы Сопра дополнительное отверстие для ввода кабелей размещено в нижней части задней двери.

В качестве опор для установки основания используются ножки с регулировкой уровня. Для обеспечения устойчивого положения шкафа на неровном полу некоторые типы ножек за счет наличия внутреннего шарнира допускают отклонение опорного элемента от вертикали на угол до 35°. Основными материалами накладок опорных элементов являются резина или нейлон. Нерегулируемые ножки, которые крепятся основанию винтами или на kleю, распространены сравнительно мало. Применение самоориентирующихся роликов с опорным элементом в виде одиночного или двойного диска, а также шарика (рис. 5.7) позволяет легко перемещать шкаф по помещению, что в некоторых случаях может оказаться полезным.

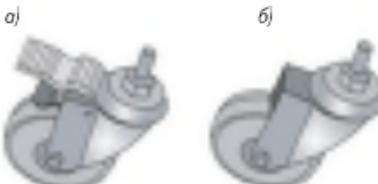


Рис. 5.7

Опорные ролики для напольных шкафов:  
а) с арретирем; б) обычные

Недостаток ножек дискового типа – возможность легкого случайного перемещения шкафа при его нахождении в рабочем положении. Для устранения этого недостатка некоторые фирмы предлагают ножки с арретирем рычажного типа, который закрывается после перемещения шкафа [109]. Кроме того, практикуется использование так называемых транспортных ножек с роликами, которые выдерживают вес только самого шкафа. Рабочие ножки могут иметь ролики стандартного, среднего и усиленного класса (классификация английской компании DataRacks).

Верхняя крышка изготавливается из стали и часто выполняется с отогнутыми вниз краями в форме стенок или скосов для некоторого увеличения полезного внутреннего объема шкафа. Может быть как сплошной, так с отверстиями, иметь вырезы, посадочные места для крепления различного оборудования и другие аналогичные элементы.

Отверстия для ввода кабелей в верхней крышке напольных шкафов выполняются достаточно редко, поскольку при сложившейся архитектуре офисных зданий и практике реализации СКС кабели заводятся в шкаф преимущественно через основание.

Пространство между монтажными направляющими и боковыми стенками достаточно часто используется для укладки кабелей. Обычно изготовители напольных шкафов конструируют их так, чтобы для установки оборудования, ввода кабелей и других целей можно было использовать до 82% площади, занимаемой стоящим на полу шкафом [110]. Суммарная масса оборудования, смонтированного в шкафу, может достигать 500 кг и более.

Цокольная часть шкафа специально рассчитывается на установку на него тяжелого оборудования типа серверов и источников бесперебойного питания и может выдерживать нагрузку до 300 кг.

Обычно конструкция шкафов рассматриваемой группы рассчитана для установки на пол помещения. Фирмой Reichle & De-Massari предложена конструкция для помещений с фальшполами. От прочих такие шкафы отличаются специальными регулируемыми по высоте элементами, которые опираются на капитальный пол и позволяют выровнять нижнюю поверхность шкафа относительно поверхности фальшпола. Конструкция рассматриваемого типа облегчает ввод кабелей из-под фальшпола и по сравнению с аналогами обладает несколько меньшей общей высотой за счет отсутствия видимой цокольной части.

## Двери и боковые стенки

Боковые стенки изготавливаются из стали с антикоррозийным покрытием, обычно выполняются съемными и крепятся к каркасу винтами, на защелках или поворачиваемыми ключом фиксаторами рычажного типа. В шкафах больших размеров последние два варианта достаточно часто комбинируются вместе. При этом замки фиксаторов и передней двери должны открываться тем же ключом. Съемные боковые стенки обеспечивают удобный доступ к оборудованию и кабелям при их монтаже и обслуживании. В тех ситуациях, когда в шкаф заводится большое количество кабелей, могут применяться так называемые углубленные стенки глубиной 50 и 100 мм, выступающие за габарит цоколя (решение компании Rittal для шкафов серии QuickRack).

Установка боковых стенок на петлях в напольных шкафах используется достаточно редко. Так, в шкафах серии Ultima Access Rack английской компании Wilsher&Quick боковая стенка выполнена в виде двух откидных половин, навешиваемых своими петлями на центральный силовой стержень. Это обеспечивает очень удобный доступ к боковым частям смонтированного в шкафу оборудования, вертикальным организаторам кабелей и шурупов, а также вертикальным распределителям силового электрошитания. В шкафах серии TS8 фирмы Rittal боковые стенки также установлены на петлях, однако выполнены неразрезными.

При установке нескольких шкафов в ряд смежные боковые стенки снимаются, что дает возможность получить единое внутреннее пространство шкафов. Для обеспечения целостности и жесткости такой конструкции в их каркасах выполняются дополнительные отверстия для стяжки болтами.

Угол раскрытия двери шкафа обычно составляет  $180^\circ$  и в некоторых конструкциях ограничивается специальным арретиром. Материал задней двери в подавляющем большинстве случаев является оцинкованная сталь, а передняя может производиться из стали или ударопрочного стекла.

Стеклянная передняя дверь имеет несколько меньшую стоимость и позволяет производить визуальный осмотр лицевых панелей оборудования в закрытом шкафу. Известны два варианта конструктивного исполнения стеклянной двери: полностью стеклянная дверь с отверстиями для установки петель, замка и ручки и дверь с металлической рамой. В последнем случае рама выполняет функции силовой основы двери и используется также для крепления остальных упомянутых выше элементов.

Стальная дверь обеспечивает более надежную защиту установленного оборудования и позволяет экранировать внутреннее пространство шкафа от внешнего электромагнитного излучения. Увеличение эффективности экранирования достигается применением металлической разрезной юбки, которая гарантирует надежную круговую гальваническую связь закрытой двери и корпуса шкафа.

Для обеспечения удобства эксплуатационного обслуживания дверные петли выполняются легкоубираемыми и могут быть, в случае необходимости, без особых усилий и применения какого-либо инструмента перевешены одним человеком с одной стороны шкафа на другую с фиксацией на подиужиненных движковых защелках. Реже используется более простая конструкция без подиужиненной защелки на основе штыревого элемента, который выполняет функции оси. Из-за опасности потери штыря это исполнение считается менее удачным.

Основная масса шкафов имеет дверь, которая выполнена в виде одной прямоугольной панели. Известны также двухсекционные и двухстворчатые передние двери. Каждая секция таких дверей навешивается на своей паре петель и может открываться независимо от другой. Отличие между ними состоит в том, что створки двухсекционных дверей располагаются друг над другом и закрывают всю ширину шкафа, тогда как створки двухстворчатых дверей (так называемый гардеробный стиль) располагаются друг рядом с другом и имеют половинную ширину. Применение двухсекционных дверей целесообразно в случаях, когда доступ к части оборудования, смонтированного в шкафу (например, к серверу) производится гораздо реже по сравнению с другими устройствами. В шкафах рассматриваемого типа компании Wilsher&Quick верхняя дверь изготавливается из стекла, а нижняя – из стали. Двусторчатые двери не требуют каких-либо конструктивных изменений шкафа: устанавливаются на штатных петлях. Их целесообразно применять в случаях недостатка места в технических помещениях. В отличие от двухсекционного решения по двухстворчатой схеме могут реализовываться как передние, так и задние двери шкафа.

Передняя и задняя двери имеют одинаковую конструкцию и в некоторых случаях являются взаимозаменяемыми. Иногда задняя дверь заменяется съемной крышкой, аналогичной по исполнению боковым стенкам (решение компании Wilsher&Quick). Высота передней и задней дверей является одинаковой. Известны также задние двери меньшей высоты, которые получили название укороченных [109]. В случае их применения оставшееся пространство закрывается специальной панелью в виде заглушки. Панели может быть выполнена прорезь, наличие которой облегчает ввод в шкаф большего количества кабелей.

Известны также двери трапециевидной в сечении формы, применяемые израильской компанией Elgadphon в шкафах серии Intelligent. Считается, что повышенная сложность изготовления и усложнение конструкции шкафа полностью компенсируется значительным увеличением удобства доступа к боковым панелям оборудования и каналам прокладки кабеля. Кроме того, по мнению многих специалистов, такая форма двери значительно улучшает эстетические характеристики шкафа.

В целях повышения уровня защиты от несанкционированного доступа к установленному оборудованию боковые стенки и двери могут оборудоваться простыми поворотными задвижками под обычную отвертку или фирменный инструмент с рабочим элементом

квадратной, треугольной или другой специальной формы. Достаточно часто применяются цилиндрические замки повышенной секретности. Не исключается возможность применения электромеханических замков с централизованным управлением, а также замков с управлением от чиповых или магнитных карт (изделия серии 7200 компании Rittal). Дверные ручки могут иметь самую разнообразную форму (рис. 5.8) и часто комбинируются с замками.



Рис. 5.8. Ручки для 19-дюймовых монтажных шкафов

### Обеспечение температурного режима сетевого оборудования

При разработке конструкции шкафа особое внимание уделяется обеспечению эффективного охлаждения смонтированного в нем сетевого оборудования. Мероприятия по отводу теплоты, выделяющейся при его работе, делятся на активные и пассивные. Активные, или динамические, решения предполагают использование вентиляторов осевого или радиального типа (рис. 5.9). Пассивные, или статические, мероприятия (рис. 5.10) основаны на

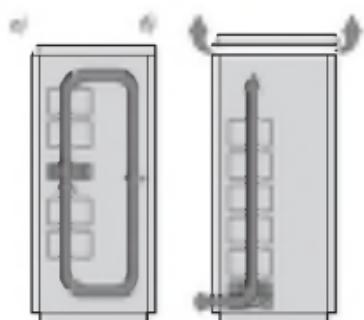


Рис. 5.9

Варианты организации активного охлаждения

сетевого оборудования в 19-дюймовом шкафе:

а) схема замкнутого типа; б) схема незамкнутого типа

применении различных отверстий, облегчающих естественную циркуляцию воздуха и удаление выделяющегося при работе активного оборудования тепла за счет конвекции. Их краткий перечень включает в себя следующие конструктивные решения:

- перфорация в виде системы узких вертикальных щелей длиной 2–3 см в нижней и верхней частях боковых стенок, а также по краям или декоративным скосам верхней крышки. Для управления интенсивностью циркуляции воздуха вентиляционные отверстия могут закрываться накладками большей или меньшей длины;
- верхние крышки со съемными люками, которые дополнительно также могут иметь перфорацию;
- верхние крышки с одним или двумя центральными люками квадратной или прямоугольной формы, плита которого может быть поднята на несколько сантиметров на монтажных стойках;

- в так называемых серверных шкафах системой вентиляторных прорезей и отверстий могут снабжаться также рамы передней стеклянной двери и задняя дверь;
- в серверных шкафах иногда применяется также утолщенная установка передней двери, при которой в ее боковых частях остаются две вертикальные вентиляционные щели.

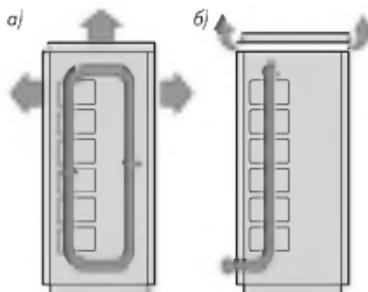


Рис. 5.10

*Варианты организации пассивного охлаждения сетевого оборудования в 19-дюймовом шкафу:  
а) в герметичном шкафу; б) при наличии вентиляционных отверстий*

На практике активные и пассивные решения достаточно часто комбинируются вместе. Так, в крышках некоторых шкафов наряду с отверстиями для выхода нагретого воздуха предусмотрены посадочные места под вентиляторы, а интенсивность циркуляции воздуха внутри шкафа увеличивается применением так называемых вентиляторных полок (см. раздел 5.1.4).

К активным решениям по обеспечению требуемого температурного режима внутри шкафа относится также применение штатного или дополнительного кондиционера, устанавливаемого на корпусе герметичного шкафа (рис. 5.11). При этом наиболее часто для размещения кондиционера используется задняя стенка шкафа. В некоторых ситуациях также применяется боковая установка, когда кондиционер выполняется в форме боковой стенки (фирма Rittal).

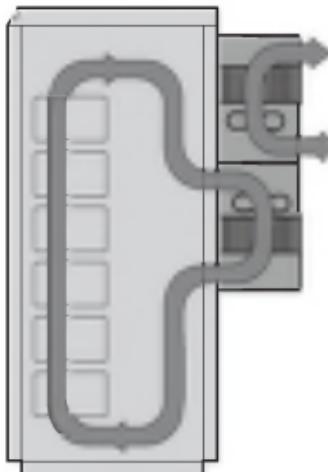


Рис. 5.11

*Охлаждение сетевого оборудования с помощью кондиционера*

### Специальные разновидности напольных шкафов

Основная масса изделий, рассматриваемых в этом разделе, относится к так называемым комбинированным или универсальным конструкциям, рассчитанным на монтаж активного и пассивного оборудования общего назначения и эксплуатацию в кроссовых и аппаратных. Кроме них, в достаточно ограниченном количестве на рынке предлагаются также специализированные шкафы, изначально рассчитанные на какую-либо конкретную область применения и имеющие определенные конструктивные отличия от обычных конструкций.

Так называемые *серверные шкафы* отличаются от обычных усиленной конструкцией цокольной части и 19-дюймовых направляющих. В серверных шкафах размещается большое количество приборов со значительным энергопотреблением. Для обеспечения оптимальной для серверов рабочей температуры окружающей среды не более 30 °С в данной разновидности монтажных конструктивов часто предусматриваются специальные схемы принудительного охлаждения. Также практикуется применение передней и задней дверей, перфорированных отверстиями диаметром около 3 мм.

*Шкафы промышленного назначения* устанавливаются в производственных помещениях и отличаются применением ряда конструктивных мероприятий для защиты от возможных внешних влияний (уровень защиты не менее IP43). Как правило, они выполняются неразборными, со стальным сварным каркасом и имеют упрощенный дизайн. Для достижения необходимого уровня герметичности стеклянная дверь имеет рамную конструкцию, ее уплотнитель выполняется из губчатой резины или всепененного полиуретана. Подача охлаждающего воздуха во внутреннее пространство шкафа осуществляется через пылезащитный фильтр.

*Шкафы офисного назначения* отличаются от аналогов улучшенными эстетическими показателями. Как правило, они окрашены в легкие светлые тона, передние стеклянные двери имеют безрамную конструкцию. Из-за необходимости транспортировки через узкие дверные проемы каркас этих изделий выполняется разборным, для изготовления отдельных деталей широко используются алюминиевые сплавы. Уровень защиты офисных шкафов обычно не превышает IP 20, то есть обеспечивается только защита от прикосновения. Видимые через переднюю дверь 19-дюймовые рельсы часто являются важным элементом дизайна и окрашиваются в различные цвета на выбор заказчика.

*Шкафы для наружной установки*, в небольших объемах используемые в СКС при монтаже оборудования внешней подсистемы, отличаются от аналогов для монтажа внутри помещения в основном различными конструктивными мероприятиями по обеспечению защиты внутреннего пространства от воздействия различных факторов окружающей среды. В перечень мероприятий входит использование цельносварных корпусов, применение двойных стенок, крепеж съемных панелей на винтах, широкое использование внутренних кондиционеров и т.д.

#### 5.1.2.2. Настенные шкафы

Настенные шкафы предназначены для их монтажа на стенах помещений кроссовых и аппаратных (рис. 5.12). От напольных шкафов отличаются, кроме способа крепления, в первую очередь меньшей высотой и отсутствием задней двери. Эти шкафы делятся на 3-секционные и 2-секционные.

Основными элементами 3-секционных шкафов являются основание, поворотная секция с монтажными направляющими и передняя дверь. Основание и корпус изготавливаются из стали. Основание имеет глубину порядка 10–15 см и фиксируется на стене, поворотная секция крепится к нему на петлях и может откидываться вбок вокруг оси крепления, что

обеспечивает доступ к задней части установленного оборудования. В большинстве конструкций настенных шкафов крепление поворотной секции выполнено на петле типа рояльной, что задает направление откидывания. В шкафах серии XL компании Legrand крепление выполнено на шарнирах, которые допускают перенос с одной стороны основания на другую, позволяя менять направление откидывания поворотной секции в зависимости от местных условий. Аналогично напольным шкафам дверь также изготавливается из стекла или стали.

Основными конструктивными элементами 2-секционных шкафов являются корпус и передняя дверь. За счет более простой конструкции такие шкафы имеют меньшую стоимость по сравнению с 3-секционными, однако проигрывают им в удобстве эксплуатационного обслуживания за счет сложностей установки оборудования и неудобства доступа к задней части. Указанных недостатков избегают, делая элементы корпуса шкафа съемными или с помощью подвижных элементов собственно 19-дюймового конструктива.

Первый вариант чаще всего реализуется на основе съемных или откидных на петлях боковых панелей. Оригинальное решение в этой области предложено компанией Rittal в шкафах серии QuickBox. Здесь основой шкафа является П-образная монтажная рама, в которой после установки на стене монтируется оборудование. После завершения монтажа на раму надвигается и фиксируется внешний кожух со стеклянной передней дверью. Аналогичная конструктивная схема использована российским производственным объединением «Контур» (г. Томск).

Использование подвижных элементов имеет две разновидности. Первая из них предложена компанией Wilsher&Quick в шкафах серии TF. В них применена установка боковых панелей корпуса и 19-дюймовой монтажной рамы на шарнирах с возможностью их откидывания вперед и вбок в процессе монтажа и эксплуатационного обслуживания оборудования. Немецкой компанией CNZ Neubauer созданы шкафы серии KISS, где подвижная рама имеет Г-образную форму и вертикальную ориентацию 19-дюймовых монтажных рельсов. Данное решение, наряду с увеличением удобства эксплуатационного обслуживания, позволяет более полно использовать внутреннее пространство шкафа за счет установки концентратора локальной сети параллельно плоскости двери.

Подавляющее большинство конструкций шкафов рассматриваемого вида рассчитано на установку в них всего комплекса оборудования, что ведет к заметному увеличению его габаритов (глубина шкафа определяется глубиной самой большой единицы оборудования, тогда как коммутационные панели, заполняющие основную часть высоты шкафа, глубиной не отличаются). Для уменьшения размеров шкафа компанией Legrand предложено решение серии Альмюраль в виде комбинации корпуса глубиной 137 мм, предназначенного для установки коммутационных панелей, и полки типа 33207, на которую устанавливается концентратор.

Чтобы обеспечить циркуляцию воздуха и подвод кабелей, в нижней и верхней панелях корпуса 2-секционного шкафа предусматривается продолговатое отверстие, которое смешено к задней стенке и закрыто зафиксированной на винтах защитной крышкой. В 3-секционных шкафах аналогичные отверстия выполняются в монтажном основании. При необходимости обеспечения улучшенной защиты внутреннего пространства шкафа кабели заводятся через резиновые гермоводы. Еще один вариант – применение пластиковой заглушки-мата,



Рис. 5.12. Одна из возможных конструкций настенного шкафа

рифленая поверхность которой выполняет функции разметки и позволяет легко вырезать отверстие нужного размера.

На боковой панели некоторых 2-секционных шкафов серии DK компании Rittal предусматривается так называемое обзорное окно, облегчающее визуальный контроль активного оборудования.

Шкафы рассматриваемой группы часто применяются вне кроссовых и аппаратных, поэтому их дверь обычно оборудуется замком повышенной секретности. В 3-секционных шкафах замком снабжается также задвижка, удерживающая поворотную секцию на основании. В шкафах фирмы AESP крепление поворотной секции на основании обеспечивается длинным болтом, уточненная головка которого выходит на переднюю панель каркаса под дверцу. Преимуществом данного решения является более высокий уровень защиты от несанкционированного доступа (применяется всего один замок).

Для защиты оборудования от заныления дверца шкафа снабжается резиновым или матерчатым уплотнителем.

Настенные шкафы чаще всего крепятся непосредственно на стену, для чего в задней стенке предусматривается четыре или пять отверстий под шурупы. Для облегчения процесса разметки отверстий под крепежные элементы в состав комплектации шкафа иногда вводится бумажный шаблон. В тех ситуациях, когда за задней стенкой нужно проложить кабели, могут использоваться крепежные кронштейны.

При необходимости обеспечения принудительной циркуляции воздуха во внутреннем пространстве шкафы используются вентиляторы. Из соображений экономии места более целесообразным для этой цели считается применение не вентиляторной полки, а одиночного вентилятора. Дополнительным аргументом в пользу одиночного вентилятора является тот факт, что в настенных шкафах чрезвычайно редко монтируется активное сетевое оборудование с большим энергопотреблением. В данной ситуации высокая производительность вентиляторной полки по циркуляции воздуха оказывается избыточной, и вполне достаточно одиночного модуля. Последний устанавливается на боковой стенке корпуса в пространстве рядом с 19-дюймовыми монтажными рельсами. На стенке в этом случае предусматриваются отверстия для крепежных болтов и прохода воздушного потока (достаточно часто в комбинации с матерчатым фильтром небольшой плотности).

Типовые размеры настенных шкафов составляют:

- высота направляющих – от 3 до 15U с дискретным шагом, определяемым фирмой-производителем, и кратным 1U;
- ширина – 600 мм;
- глубина – 250–450 мм.

Типовой цвет для окрашивания шкафов – серый различных оттенков. Компанией Molex предлагаются шкафы зеленого и бежевого цвета, которые предназначены для установки в них оборудования различных подсистем СКС. Другое средство штатной визуальной маркировки шкафов рассматриваемой разновидности – сменные пластиковые уголки четырех цветов (синий, зеленый, красный, серый) изделий серии Elite английской компании DataRacks.

Отметим также, что при построении СКС достаточно часто используются небольшие настенные шкафчики, ширина которых меньше по сравнению с 19-дюймовыми. Основным их назначением является монтаж коммутационного оборудования консолидационных точек и точек перехода, установка различных выключателей, датчиков, контроллеров систем пожарной и охранной сигнализации и т.д. Такие шкафчики могут монтироваться как на

стену, так и непосредственно на короб. Они изготавливаются в основном из ударопрочной пластмассы и нередко снабжаются защищаемой на ключ прозрачной передней дверцей.

### 5.1.3. Другие виды 19-дюймового монтажного оборудования

#### 5.1.3.1. Открытые стойки

В качестве монтажного конструктива открытые монтажные стойки (рис. 5.13) являются дешевой альтернативой монтажным шкафам и применяются в тех случаях, когда:

- не ставятся условия по ограничению доступа к установленному оборудованию или он осуществляется на уровне контроля доступа в помещение;
- в процессе эксплуатации требуется очень частый доступ к оборудованию;
- необходимая эффективность охлаждения активного оборудования не может быть достигнута в закрытом шкафу.

Существенное преимущество открытых стоек по сравнению со шкафами, непосредственно связанные с отсутствием у них передней и задней двери, состоит в том, что применение стоек позволяет примерно вдвое уменьшить площадь, необходимую для размещения данной разновидности монтажного оборудования в технических помещениях.

Стойки содержат основание и имеют один (рис. 5.13б) или два ряда (рис. 5.13а) монтажных направляющих рельсов, которые могут оборудоваться нижними подкосами в виде коротких планок или небольших косынок для придания жесткости. Основание и направляющие изготавливаются из стали или алюминиевых сплавов. В тех ситуациях, когда на выбор имеются алюминиевый и стальной варианты стоек, стальную стойку рекомендуется использовать в случае монтажа тяжелого оборудования (коммутаторы, многогортовые концентраторы и т.д.).

Стойки с двумя парами монтажных направляющих, аналогичные напольным шкафам, могут поставляться в собранном и разобранным состоянии. В последнем случае в некоторых конструкциях предусматривается возможность изменения расстояния между передней и задней парами монтажных рельсов.

Большинство конструкций открытых стоек предназначены для установки на полу и имеют основание достаточно большой площади для придания необходимой устойчивости. Не исключается также возможность установки стоек на опорные ролики. Для облегчения доступа к задней и боковой поверхностям оборудования в процессе его монтажа и эксплуатационного обслуживания передняя пара рельсов аналогично шкафам может устанавливаться на петлях и откидываться вбок. Это очень удобно при установке нескольких стоек рядом друг с другом.

Для повышения устойчивости изготовители рекомендуют крепить стойки к стене и/или к полу, для чего предусматриваются соответствующие отверстия. На практике это положение соблюдается достаточно редко и только при монтаже тяжелого оборудования на значительной высоте от пола. Имеются также единичные варианты устройств данного класса,



Рис. 5.13. Открытые стойки:

а) с двумя направляющими;  
б) с одной направляющей

не имеющие развитого основания и обязательно фиксирующиеся в рабочем положении штатными элементами крепления.

### 5.1.3.2. Монтажные рамы

Если открытые стойки являются в некотором смысле функциональным аналогом напольного шкафа, то монтажные рамы (frame, wall adapter или bracket) выполняют, в основном, те же функции, что и 2-секционные настенные шкафы. Они представляют собой конструкцию П-образной формы, монтируемую поперечной панелью на стене (рис. 5.14). Высота

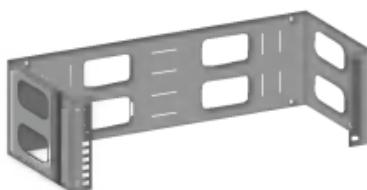


Рис. 5.14. Монтажная рама

монтажной рамы обычно не превышает 10U, хотя в системе фирмы Molex имеются рамы высотой 42U. Применяются в тех случаях, когда необходимо установить небольшой объем оборудования в 19-дюймовом конструктиве, а использование открытых стоек или шкафов невозможно или нецелесообразно по тем или иным причинам. Для обеспечения защиты внутреннего пространства рамы могут быть использованы съемные верхняя крышка и нижний поддон.

Большинство производителей предлагает рамы одной глубины (наиболее распространен размер 250 мм), имеются также варианты с двумя различными значениями этого параметра. Если рама имеет меньшую глубину, она предназначается для установки определенного типа коммутационного оборудования. Примером такого решения могут служить 4- и 6-дюймовые Hinged Wall Brackets for 19-inch Panels компании AMP. На боковую поверхность рамы иногда устанавливают кольцевой организатор кросовых шнурков, для чего в ней выполняются крепежные отверстия под винты.

Для удобства монтажа и эксплуатационного обслуживания оборудования, монтируемого в раму, применяются две основные разновидности конструктивных решений. Первое из них, получившее наиболее широкое распространение на практике, заключается в установке одного из монтажных рельсов (чаще левого) на вертикальной неподвижной панели. Это позволяет откidyывать монтируемое оборудование вбок. По своим конструктивным характеристикам и функциональным возможностям такая рама близка к 3-секционным монтажным шкафам. В так называемых bottom hinged wall mount brackets компании Ortronics рабочая часть 19-дюймового рельса выполняется в виде отдельной угловой детали и крепится к основанию на двух винтах. Такой способ крепления позволяет в процессе монтажа и выполнения профилактических работ при вывернутых двух верхних винтах откidyвать модульную коммутационную панель вперед, открывая доступ к разъемам на ее задней части.

Основная масса монтажных рам снабжается стандартными крепежными квадратными отверстиями в соответствии с положениями раздела 5.1.1. В некоторых ситуациях могут применяться крепежные элементы другого типа, например запрессованные в полку нарезные втулки, место установки которых полностью соответствует центру крепежных отверстий.

Некоторые типы монтажных рам содержат элементы для установки адаптеров, применение которых позволяет монтировать их в стандартный 19-дюймовый конструктив.

### **5.1.3.3. Настенные рамы**

Настенные рамы наиболее часто используются в тех ситуациях, когда помещение кроссовой или ашпаратной из-за ограниченной площади не позволяет применить монтажное оборудование другого вида или же его использование по каким-либо причинам нецелесообразно. Настенная рама представляет собой конструкцию прямоугольной формы, монтируемую непосредственно на стене и снабженную элементами крепления различного оборудования. Из-за малой глубины рама практически не обеспечивает доступа к задней поверхности установленных на нее устройств и не позволяет выполнять монтаж большинства видов активного сетевого оборудования. Указанные недостатки существенно ограничивают область применения рам рассматриваемого вида в строительстве СКС.

### **5.1.3.4. Монтажные консоли**

Монтажные консоли представляют собой специализированную мебель, обычно модульной конструкции, разработанную для установки компьютерного оборудования. Они позволяют организовать рабочее место системного администратора, дежурного оператора и других специалистов. Монтажные консоли ориентированы, в первую очередь, на применение в диспетчерских, операторских и других аналогичных помещениях с постоянным или длительным нахождением персонала. Достаточно часто используются также для установки оборудования в кроссовых и ашпаратных, особенно в тех ситуациях, когда выделенные для них помещения имеют достаточно большую площадь.

Основным элементом конструкции монтажной консоли является монтажная рама с развитой системой крепежных отверстий, на которую навешиваются полки, ящики, столешницы и боксы для установки на них различного компьютерного или иного оборудования. Конфигурация консоли за счет модульного принципа построения легко адаптируется к конкретным местным условиям и решаемой задаче. Отдельные элементы монтажных консолей могут снабжаться стеклянными или металлическими дверцами и иметь 19-дюймовые крепежные рельсы. Для улучшения условий наблюдения за смонтированным оборудованием широко применяется установка 19-дюймовых направляющих с положительным или отрицательным углом наклона.

Некоторые варианты монтажных консолей могут снабжаться внешним каркасом, на который навешиваются стекловые панели и стеклянные двери. При этом в шкафном варианте возможна реализация как отдельных частей консоли (чаще всего стоек для установки серверов), так и всей конструкции целиком.

### **5.1.3.5. Подвижные приборные стойки**

Подвижные приборные стойки обычно выполняются в виде открытого каркаса с одной панкой 19-дюймовых направляющих, установленного на самоориентирующиеся колеса. Расчитаны стойки, в первую очередь, на размещение в них разнообразного тестирующего и диагностирующего оборудования, используемого в процессе проведения различных измерений. Часто снабжаются интегральными полками, которые придают раме стойки необходимую жесткость. Для изменения угла установки полки, что может оказаться полезным в некоторых случаях, предназначены крепежные уголки с регулировочными отверстиями. Традиционно стойки широко применялись ранее на телефонных станциях, в технике СКС

популярность пока не получили и находят использование только в крупных сетях. Примером оборудования этого вида может служить RiLab производства компании Rittal и серия стоек Metraobil фирмы Knipp.

### **5.1.4. Оборудование и аксессуары для 19-дюймовых конструктивов**

Для повышения эффективности и удобства эксплуатации 19-дюймовых конструктивов имеется широкий набор дополнительных устройств. Всю совокупность этих устройств можно разбить на несколько групп, которые рассматриваются ниже.

#### **5.1.4.1. Полки, поддоны и крепежные уголки**

Полки, поддоны и уголки выполняют функции элементов для установки оборудования, не имеющего штатных элементов крепления в 19-дюймовых конструкциях (некоторые типы концентраторов, мониторы, принтеры, системные блоки компьютеров и серверов). На практике наибольшее распространение получили **крепежные полки**. Максимальная масса оборудования, которое можно устанавливать на полку, достигает 50–100 кг. Рабочая поверхность полки может быть как гладкой, так и снабженной отверстиями. Последнее решение позволяет как несколько снизить массу, так и улучшить условия охлаждения активных устройств. Полки делятся на фиксированные и выдвижные. Выдвижные конструкции реализуются с использованием телескопических шин и обладают существенно меньшей грузоподъемностью по сравнению с фиксированными, однако весьма удобны для установки на них оборудования типа клавиатур и принтеров.

Некоторые типы выдвижных полок имеют дополнительную откидную вбок/выдвигаемую вперед поверхность с ковриком для мыши (типы PC4610/4620 и PC4000/4621 компании Rittal) или двухэтажную конструкцию (типы PSS фирмы W&Q). Известны также реализации выдвижных полок с интегрированной в них клавиатурой. Такие варианты позволяют снизить высоту, требуемую для установки клавиатуры, с двух до одного юнита. Двухэтажные конструкции предназначены для размещения принтеров. Верхняя часть этого изделия используется собственно для установки принтера, а нижняя предназначена для укладки пачки фальцованной бумаги. Принтер может располагаться как параллельно, так и перпендикулярно плоскости закрытой дверцы шкафа.



*Рис. 5.15. Полки для 19-дюймовых конструктивов:  
а) с креплением в центре;  
б) с креплением на краю*

Полки для открытых стоек могут достаточно сильно выступать вперед относительно монтажных рельсов (нет ограничения за счет наличия двери) или снабжаться съемной дополнительной пластинкой, которая увеличивает длину полки в случае необходимости. Такой конструктивный вариант иногда называется полкой с центральным креплением или двойной полкой, тогда как традиционные полки для шкафов получили название полок с креплением на краю или одинарных полок (рис. 5.15). Для регулировки глубины установки фиксированной полки может применяться ряд отверстий на ее боковых отгибаах.

Иногда используется более тонкая классификация полок. Например, в случаях, когда полку можно зафиксировать в четырех точках (спереди и сзади), ее называют фиксированной. Если полка крепится только на передних направляющих, она обозначается как консольная.

Полки типа *плюнитра* снабжены осью и фиксирующим подкосом. В нерабочем положении при сложенном подкосе они поворачиваются на оси вертикально вниз. Вторым вариантом является отказ от подкоса в пользу опор вблизи оси вращения. В этом случае в нерабочем состоянии полка поворачивается вверх. Кроме монтажных рельсов плюнитр может размещаться также на задней дверце шкафа. Плюнитры не получили широкого распространения в практике построения СКС.

*Крепежные уголки* изготавливаются из стали и достаточно часто хромируются для получения хороших эстетических характеристик. От полок выгодно отличаются своими меньшими габаритами и массой, однако проигрывают им по удобству использования, так как позволяют устанавливать оборудование только определенной ширины. Крепление к монтажным рельсам производится в одной или двух точках, для чего предусматриваются специальные отверстия различной формы.

Известны также конструкции монтажных элементов рассматриваемой группы типа *поддонов*, которые ориентированы на размещение на цокольной части шкафа и предназначены для установки на них тяжелого оборудования типа серверов и источников бесперебойного питания. Они имеют максимальную грузоподъемность 300 кг.

#### 5.1.4.2. Распределители силового электропитания

Распределители силового электропитания или блоки розеток предназначены для подключения к одной входной цепи питания активного и вспомогательного (вентиляторные полки, лампы освещения и др.) оборудования, установленного в шкафу. Они представляют собой розеточные блоки с элементами крепления к каркасу шкафа (обычно на винтах) – рис. 5.16. Как правило, снабжаются общим выключателем с оптическим индикатором сетевого напряжения и автоматом защитного отключения, а также дополнительным сетевым фильтром и быстродействующей (время срабатывания несколько десятков наносекунд) варисторной схемой защиты от импульсных помех большой мощности.

Эффективность подавления помех фильтром зависит от частоты и может достигать в некоторых моделях значений 70 дБ и выше.



Рис. 5.16. Распределители силового электропитания

Подавляющее большинство распределителей оборудуется розеточными модулями одного типа, решения с различными модулями встречаются на практике достаточно редко (например, изделияпольской фирмы ZPAS [96]). Длина трехпроводного сетевого кабеля распределителя обычно не превышает 2–2,5 м, на выбор, как правило, предлагается несколько типов вилок.

Распределители делятся на вертикальные и горизонтальные. Вертикальный вариант этого устройства имеет повышенную емкость (до 10 розеточных модулей в известных автоматах моделях) и крепится в вертикальном положении на одной из задних монтажных

направляющих. Удобен для применения в шкафах большой емкости в тех ситуациях, когда устанавливаемое активное оборудование имеет розетки электропитания на задней стороне корпуса. Вертикальный распределитель, который предназначен для применения в открытых стойках, имеет улучшенный дизайн, соответствующим образом подобранные геометрические размеры и располагается с внешней стороны монтажного рельса стойки.

Горизонтальные распределители, иногда называемые розеточными панелями, монтируются обычно на передних направляющих шкафов и стоек, хотя могут располагаться также на задней паре рельсов. Они применяются обычно в конструкциях малой емкости, а также при необходимости обеспечения электропитанием небольшого объема активного оборудования. Горизонтальные распределители содержат не более 5 розеточных модулей и в смонтированном состоянии занимают 1 U высоты.

В большинстве конструкций горизонтальных распределителей розеточные модули располагаются на передней поверхности, в изделии МССП5919 компании Hubbell на передней панели оставлен только общий выключатель, а розеточные модули смонтированы на задней стенке. Такое решение позволяет во многом объединить преимущества горизонтального и вертикального вариантов, в частности, удобство отключения горизонтального распределителя, и высокие эстетические характеристики вертикального (силовые кабели не видны через стеклянную дверь).

Для обеспечения нормальной работы сетевого оборудования силовые кабели распределителей рекомендуется прокладывать на расстоянии не менее 10 см от информационных. Для этого может использоваться, например, отдельный организатор.

#### **5.1.4.3. Оборудование заземления**

Действующие правила эксплуатации электрооборудования и металлических конструкций различного назначения для его монтажа требуют обязательного заземления всех деталей из проводящих материалов. Наличие заземления обеспечивает защиту обслуживающего персонала от поражения электрическим током и увеличение эффективности экранирования внутреннего пространства шкафа. Оборудование заземления относится к штатному элементу 19-дюймовых конструктивов и состоит из следующих компонентов:

- **внутренней шине заземления**, обычно выполненной в виде медной полосы сечением около 0,5 см<sup>2</sup>. Шина заземления имеет отверстия с резьбой M5 для подключения внутренних распределителей «земли» и монтируется с внутренней стороны боковой стенки шкафа в вертикальном или горизонтальном положении;
- **внутренних распределителей «земли**, представляющих собой толстые изолированные, или голые медные круглые или плоские провода с зажимными контактами на концах. Через внутренние распределители земли все основные составные элементы шкафа (основание с каркасом, боковые стенки, передняя и задняя двери и верхняя крышка), а также, возможно, и корпуса установленного оборудования надежно подключаются к внутреннейшине заземления. При поставке шкафа в разобранном виде внутренние распределители «земли» должны быть установлены сразу же после сборки его корпуса.

Распределители могут быть выполнены как составная часть какого-либо элемента шкафа при его поставке в разобранном виде или же предлагаться в виде набора отдельных проводов одинаковой или разной длины с соответствующими элементами крепежа.

В некоторых случаях роль внутренней шины заземления может выполнять основание шкафа. В комплект поставки оборудования заземления входят также болты, обеспечивающие

надежное соединение отдельных элементов друг с другом и подключение заземляющих проводников оборудования и штатных контуров заземления здания.

Отметим, что в состав дополнительных аксессуаров некоторых видов монтажных шкафов входят самоклеющиеся маркирующие пленки с металлизацией. Применением такой пленки обеспечивается дополнительное выравнивание потенциалов и повышается эффективность экранирования внутреннего пространства шкафа.

#### **5.1.4.4. Организаторы кроссовых шнурков, перемычек и кабелей**

##### **Конструкции для шкафов**

Организаторы кроссовых шнурков (patch cord organizers или cable management panel) предназначены для обеспечения аккуратной укладки коммутационных и других шнурков при их подключении к оборудованию, установленному в шкафу или на открытой стойке (рис. 5.17). Достаточно часто используются в качестве элемента обеспечения аккуратной укладки кабелей, входящих в 19-дюймовый конструктив. В наиболее распространном варианте представляют собой пластину с несколькими разрезными кольцами или почти полностью замкнутыми скобами (одиночными, реже двойными), в которые производится укладка избытка длины соединительных шнуров – рис. 5.17а (организатор кольцевого типа). Кольца могут изготавливаться из пластика и в этом случае чаще всего имеют круглое или близкое к нему поперечное сечение. При их исполнении из металла в качестве заготовки берется плоский металлический лист.

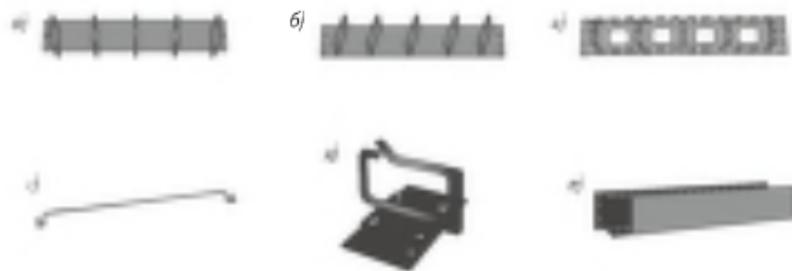


Рис. 5.17. Организаторы кроссовых шнурков: а) стандартный вариант; б) с наклонным расположением колец; в) с кольцами и клипсами; г) поддерживающий организатор; д) одиночное кольцо; е) организатор щелевого типа

Кроме основных фиксирующих элементов в некоторых случаях используются дополнительные, которые имеют существенно меньшие размеры, располагаются вдоль длиной стороны пластины и предназначены для обеспечения бокового ввода шнурков (рис. 5.17в). Большие фиксирующие элементы в такого рода комбинированных панелях иногда называются кольцами, а малые – клипсами. Основные фиксирующие элементы в подавляющем большинстве моделей при установленном организаторе занимают вертикальное положение, в организаторах WM-144-5-А и WM-145-5-А компании Siemens и 7255.035 компании Rittal эти элементы установлены с наклоном в 45° (рис. 5.17б).

Некоторые изготовители выполняют на несущей пластине между поддерживающими кольцами отверстия прямоугольной формы (слоты). Их наличие позволяет легко уводить кабель монтажного шнуря на заднюю часть панели, однако значительно снижает эстетические характеристики изделия. Поэтому подобное решение не получило широкого распространения.

Известны также организаторы с вертикальными кольцами в центральной части и с одиночными или парными, ориентированными в горизонтальном направлении, кольцами по краям. Последние предназначены для укладки вертикальной части соединительных шнуров.

Компания Panduit применяет в своих панелях серии CPP организаторы в виде гребенки с пружинящими лепестками, в промежуток между которыми заводятся кабели шнуров. От колыцевых решений даже в варианте с клинсами такая конструкция выгодно отличается более четкой фиксацией кабеля шнуря в заданном положении.

Так называемый поддерживающий организатор (cable management support bar) компании Orttronics выполнен в виде П-образной скобы, которая крепится на лицевую пластину панели с модульными разъемами (рис. 5.17г). Этот элемент не рассчитан на случай частого переключения шнуров, кабели которых крепятся к скобе пластиковыми стяжками. Неудобство переключения компенсируется очень хорошими массогабаритными показателями рассматриваемого изделия. Известен вариант поддерживающего организатора этой же компании, отличающийся наличием на нем клинс для фиксации кабелей коммутационных шнуров. Его применение позволяет несколько уменьшить количество пластиковых стяжек. Поддерживающий организатор фирмы AMP называется cable support bar и отличается от рассмотренного выше аналога тем, что может заказываться глубиной 2 дюйма (изделие 406042-1) или 5 дюймов (изделие 557548-1).

Если поддерживающий организатор фирмы Orttronics располагается по высоте примерно посередине панели и выполнен в виде проволочной скобы, то аналогичный элемент SpaceMaker компании Leviton в рабочем положении смещен к нижнему краю полки или панели и имеет плоскую конструкцию. Последний вариант позволяет надежно крепить к нему пучки кабеля ремешками-липучками.

Общим свойством поддерживающих организаторов является значительная экономия полезного пространства 19-дюймового конструктива (монтажная высота оборудования уменьшается максимум в два раза), основным недостатком считается неудобство работы со шнурами при необходимости их частого переключения.

Основная масса моделей организаторов имеет фиксированную конфигурацию, в изделиях CM-2225 и CM-2227 американской компании Bud Industries использован модульный принцип. Конструкция этих организаторов основана на пластинчатом основании высотой один или два юнита с отверстиями, в которые по мере необходимости устанавливаются разрезные кольца.

Все рассмотренные выше изделия обеспечивают нормальные условия эксплуатации шнуров, однако, не позволяют получить высокие эстетические показатели кросского поля (эффект «кабельной ланши»). От этого недостатка свободны так называемые щелевые организаторы (рис. 5.17е). Они выполняются в виде П-образной в сечении детали, на боковых стенах которой предусмотрена система прорезей для прохода кабелей шнуров. Необходимый эстетический уровень достигается за счет применения декоративной крышки, которая устанавливается после укладки шнуров на основание.

В волоконно-оптических подсистемах СКС достаточно широко распространены организаторы в виде полок, которые укладываются избыток длины соединительных и коммутационных шнуров. Функциональным аналогом такого решения для электрических подсистем

является полка типа 4710-501 компании Telesafe. В отличие от оптических полок данное изделие не имеет внутренних организаторов, подвижная часть выдвигается в переднее положение по телескопическим направляющим, а не откидывается вбок на петле. Для вывода кабелей шнурков на верхней крышке кожуха предусмотрена система параллельных щелей небольшой длины.

На практике широко используются горизонтальный и вертикальный варианты исполнения организаторов. Высота большинства моделей горизонтальных организаторов составляет 1U или 2U, и они обычно монтируются между панелями модульных разъемов. Высота вертикальных организаторов, которые располагаются рядом с панелями типа 110, выбирается равной высоте кроссовых башен.

Известны также вертикальные организаторы большой высоты (до 40U), которые устанавливаются на монтажную направляющую или на петли шкафа вместо двери. В последнем случае они могут поворачиваться, что несколько облегчает укладку кабелей.

Общим принципиальным недостатком вертикальных организаторов является то, что они занимают в ограниченном пространстве шкафа много места. Для устранения этого недостатка выпускаются организаторы в виде одиночных (реже двойных) колец с основанием (cable rings). Крепление колец осуществляется на монтажных рельсах липкой лентой или с помощью болтов в нужном применительно к конкретной ситуации месте (рис. 5.17д).

Для укладки волоконно-оптических шнурков используются практически те же конструкции, что и для электрических. Оптические шнуры более чувствительны к изгибу. Поэтому для соблюдения нужного радиуса изгиба иногда применяют одиночные организаторы в виде 90-градусного сектора цилиндра большей или меньшей толщины с несколькими параллельными пазами на верхней поверхности для укладки кабеля шнура. Естественно, что радиус образующегося паза выбирается с учетом допустимого радиуса изгиба кабеля шнура (табл. 4.9).

### Конструкции для открытых стоек

В открытых стойках применяются в основном такие же конструкции организаторов, что и в шкафах. Отметим только два основных отличия.

Первое из них отмечается в вертикальных вариантах этих изделий. Так, достаточно широкое распространение получил организатор в виде длинного узкого поддона П-образной в сечении формы, который в вертикальном положении крепится болтами между двумя стойками. Функции направляющих элементов кабелей выполняют иланки, П-образные и Г-образные скобы различных размеров, фиксируемые винтами (реже защелками) на монтажных рельсах. При этом широко распространена практика монтажа этих элементов не только на передней, но и на задней поверхности монтажных рельсов (например, организатор типа D31 компании Panduit). При необходимости организатор рассматриваемого вида может быть смонтирован также на одиничной стойке. Для улучшения эстетических характеристик некоторые конструкции допускают установку на них декоративной крышки. Менее распространены межстоечные организаторы в виде одиничных П-образных элементов высотой 100–150 мм, закрываемых съемными крышками.

Второе отличие выражается в возможности применения так называемого верхнего организатора, который устанавливается в верхней части стойки и обеспечивает аккуратную укладку проводов. Такие организаторы применяются в случае отсутствия в помещениях кроссовых и ашаратных стационарных кабельных лотков.

В качестве элементов организации проводов перемычек коммутационных панелей типа 66 используются незамкнутые кольца (organizer ring) и цилиндрические втулки со шляпкой для предотвращения соскальзывания. Кольца снабжаются защелкой и устанавливаются на

крепежную рамку. Втулки крепятся на стене с помощью шурупа, а при монтаже в 19-дюймовом конструктиве для этого применяются винты.

### Организаторы кабелей

Конструкции организаторов кабелей в основном повторяют решения, использованные при разработке организаторов шнуро. Отметим только два основных отличия. Первое из них проявляется, главным образом, в менее качественной отделке, так как после завершения монтажа эти элементы закрыты стеклами шкафа. Как оригинальный, практически не встречающийся шнуровых организаторах вариант отметим решение в виде гладких или перфорированных П-образных скоб. Скобы устанавливаются с задней стороны панелей с модульными разъемами и используются для крепления одиночных кабелей или их жгутов различными способами, главным образом, с помощью пластиковых стяжек и хомутов различной конструкции. Такая скоба может являться как интегральным, так и съемным элементом панели. Хомуты иногда поставляются как отдельные элементы и в этом случае наиболее часто устанавливаются на перфорированной поперечной планке боковой части каркаса шкафа.

В экранированных панелях задняя скоба достаточно часто является штатным элементом и, кроме функций организатора, дополнительно играет роль шины заземления экранов подключаемых к панели кабелей. Крепление кабелей к скобе выполняется только индивидуально из соображений получения минимального переходного сопротивления и обеспечения полного кругового охвата экрана. Для выполнения этой операции применяются хомуты и зажимы различной конструкции. В целях упрощения раскладки кабелей на скобе иногда предусматриваются выступающие лапки. Т-образная форма лапки предотвращает соскальзывания крепежного хомута.

Иногда организатор дополняется нижним интегральным поддоном, что обеспечивает ограничение радиуса изгиба кабелей.

Функциональным аналогом организаторов шнуров в виде одиночных колец является так называемый кабельный кронштейн (cable bracket), представляющий собой Г-образную пластины с крепежными отверстиями на короткой стороне. На длиной стороне кронштейна выполнены отверстия под пластиковую стяжку.

Некоторые типы шкафов могут быть использованы для установки так называемых лестничных организаторов. Это изделие представляет собой набор независимых перфорированных поперечин, которые монтируются со смещением по высоте и глубине друг относительно друга в задней части шкафа. В смонтированном состоянии они отдаленно напоминают ступеньки лестницы (отсюда название). Перфорация поперечин предназначена для крепления отдельных кабелей и их пучков пластиковыми стяжками или лентами-липучками. Для установки данная конструкция требует много пространства внутри шкафа, однако обеспечивает существенно более удобный подвод кабелей к панелям с любого направления без резких изгибов. Еще одним преимуществом является исключительная простота прокладки дополнительных кабелей.

При значительных резервах объема свободного пространства внутри шкафа для подвода к панелям небольших количеств кабелей или кабелей, чувствительных к изгибам с малым радиусом, могут быть использованы так называемые спиральные организаторы. Они представляют собой скрученную в виде трубки спираль из достаточно жесткого материала, внутри которой укладываются кабельные изделия. За счет высокой жесткости подобной конструкции она обеспечивает соблюдение малого радиуса изгиба.

### 5.1.4.5. Оборудование принудительной вентиляции

Принудительная вентиляция шкафов используется с целью эффективности охлаждения активного оборудования и выполняется с помощью вентиляторов (рис. 5.18). Существуют как одиночные, или встраиваемые, так и групповые вентиляторы. Первые из них ориентированы для установки на боковой или верхней панели, вторые конструктивно выполнены в виде так называемой вентиляторной полки с максимумом девятью отдельными вентиляторными модулями (наиболее распространенные конструкции содержат от одного до четырех вентиляторов). Полка имеет высоту 1U – 2U и монтируется на 19-дюймовых рельсах. Большинство конструкций полок предусматривают выброс воздуха через отверстия в верхней крышки кожуха, имеются конструкции с дополнительными выходами в боковых панелях корпюса.



Рис. 5.18. Оборудование принудительной вентиляции: а) вентиляторный блок для крепления к верхней крышке шкафа; б) вентиляторная полка

Производительность одного вентиляторного модуля зависит от мощности его электродвигателя и обычно лежит в пределах 50–150 м<sup>3</sup>/ч. Как правило, разработчики устройств принудительной вентиляции принимают специальные меры по снижению уровня шума при их функционировании. Типовое значение этого параметра у известных конструкций составляет около 40 дБ(А).

Существующие рекомендации производителей предусматривают использование одиночного вентилятора или полки в качестве устройства обеспечения приточной вентиляции и его установку в нижней части шкафа [111]. Поскольку такое размещение не приносит существенных выгод в смысле увеличения эффективности охлаждения оборудования, то на практике полки достаточно часто монтируются непосредственно под активным устройством. Находят применение также модели потолочных вентиляторов, предназначенные для установки в люки крышек шкафов и выполняющие функции вытяжных вентиляторов, причем известны конструкции как для внутреннего, так и для внешнего монтажа. Способ монтажа вентиляторной полки в крышке шкафа считается более предпочтительным, так как при этом не расходуется полезная высота шкафа.

В конце 90-х годов большую популярность начали приобретать конструкции, основанные на введении в состав вентиляторных полок различных регуляторов, которые управляют их производительностью в зависимости от конкретных местных условий. Регулятор встраивается в полку или чаще всего входит в состав датчика, рассматриваемого ниже. Для управления производительностью применяется как регулировка частоты вращения крыльчатки, так и отключение части модулей в многовентиляторной полке.

### 5.1.4.6. Дополнительные аксессуары

Изготовители 19-дюймовых монтажных шкафов предлагают для своей продукции достаточно широкий перечень дополнительных аксессуаров, основным назначением которых является увеличение удобства обслуживания смонтированного в шкафу оборудования.

*Внутренние осветительные устройства* монтажных шкафов представляют собой светильники специальной конструкции. Освещая внутреннюю часть шкафа, они улучшают условия монтажа и обслуживания установленного оборудования. В качестве источников света предпочтительны лампы накаливания, так как бросок тока в момент включения, характерный для люминесцентных ламп, иногда приводит к сбоям в работе сетевого оборудования. Монтаж светильника может осуществляться на крышке шкафа, для чего применяется как винтовое крепление, так и магнитные фиксаторы. Существенным преимуществом светильников в виде выдвижной полки является возможность их установки в такое положение, при котором обеспечиваются оптимальные условия освещения. Устройства оборудуются обычным ручным выключателем, некоторые производители обеспечивают автоматическое включение освещения при открытии дверей шкафа за счет установки концевого выключателя.

Достаточно часто внутри шкафа предусматривается система *датчиков* различного назначения. В перечень контролируемых параметров входят температура, влажность, состояние фаз питающего напряжения, состояние чувствительных элементов системы охранной сигнализации и т.д. Известно два вида конструктивного оформления датчиков: в виде 19-дюймовой полки с модулями различного назначения и подключением к ним чувствительных элементов (производство немецких фирм Schroff и Rittal, польской компании ZPAS, английской компании Data Racks и др.) и в виде отдельного контроллера. В пользу последнего варианта, который продвигается, например, компанией RiT Technologies, приводится соображение экономии полезной высоты шкафа. Как недостаток отметим сложность считывания состояния светодиодов и других индикаторных элементов при их наличии. Ручки, кнопки, движковые и перекидные переключатели и другие элементы для установки опорных значений различных регулируемых параметров размещаются на передней панели. Для увеличения точности и удобства работы чувствительный элемент датчика может подключаться к базовому блоку на длинном соединительном шнуре и крепиться в квадратном отверстии 19-дюймового монтажного рельса.

Информация, считываемая с датчиков, используется как для включения различных *исполнительных устройств* (вентиляторы, акустические и оптические извещатели<sup>1</sup>, система пожаротушения и т.д.), так и для передачи на локальную или центральную консоль системного администратора по интерфейсу RS-232, модему или локальной сети Ethernet. Для выполнения последней операции привлекается протокол SNMP. Локальная индикация осуществляется светодиодным или жидкокристаллическим табло. Рост популярности таких решений обусловлен быстрым расширением масштаба локальных сетей и эксплуатацией большинства технических помещений современных СКС без постоянного присутствия обслуживающего персонала.

В случае эксплуатации шкафа в неотапливаемом помещении может возникнуть задача обеспечения в нем требуемой температуры. Компания Legrand решает ее использованием в шкафах специально разработанного для этого нагревателя.

Удобство эксплуатации и обслуживания оборудования, установленного в монтажном шкафу, существенно повышается, если в нем хранится оперативная документация с описанием конфигурации, последних внесенных изменений, дискеты с загрузочными файлами установленного сетевого оборудования, а также монтажный и технологический инструмент. Для их размещения монтажные шкафы снабжаются специальными *футлярами*,

<sup>1</sup> Используются планки обрамления для оптических извещателей и панели изолированного доступа к шкафу.

*карманами и ящиками.* Достаточно часто ящики для удобства работы оборудуются телескопическими направляющими и замком. Карманы и футляры могут изготавливаться из металла или пластика и обычно навешиваются или приклеиваются на боковые стенки шкафов. В шкафах со стальной передней дверью большой популярностью пользуется установка карманов с внутренней стороны.

Не все монтажные места в 19-дюймовом конструктиве бывают заняты в процессе эксплуатации различным оборудованием (недостаточное количество устройств или необходимость обеспечения эффективного охлаждения сетевого оборудования). Эстетические характеристики внутреннего пространства шкафа со стеклянной передней дверью в этом случае существенно возрастают, если неиспользуемые монтажные места на передней панели 19-дюймовых рельсов закрываются *панелями-заглушками* или *панелями-заполнителями* (filler panel). Такие панели, как правило, имеют высоту 1U или 2U (компания AMP предлагает заглушки высотой до 5U), изготавливаются из стали или алюминия и крепятся обычными винтами.

В состав аксессуаров шкафов большой ширины достаточно часто вводится широкий набор *адаптеров* для монтажа оборудования с крепежными размерами меньшей ширины. АдAPTERЫ выполняются в виде крепежных уголков или П-образных деталей. Кроме своего прямого назначения, на практике эти элементы иногда используются для установки оборудования на задней панели монтажных рельсов шкафа.

Наличие набора *герметизирующих компонентов* для дверей, боковых стенок, основания и крышки позволяет, в случае необходимости, увеличить уровень защиты внутреннего пространства. Так, например, наборы 27414BR и 27414BP немецкой компании Ackermann позволяют добиться степени защиты стандартных шкафов IP54.

Некоторые производители монтажного оборудования предлагают для своей продукции литые металлические формы, выполняющие функции балласта и предназначенные для размещения на основании монтажного шкафа с целью смещения его центра тяжести вниз и придания ему тем самым дополнительной устойчивости. Применение данных форм обязательно в случае установки на выдвижных полках тяжелого оборудования типа серверов и источников бесперебойного питания большой мощности.

## 5.2. Декоративные кабельные короба

### 5.2.1. Назначение и конструктивные особенности настенных коробов

#### 5.2.1.1. Основные требования к коробам

Декоративные настенные кабельные короба<sup>1</sup> предназначены для укладки информационных и силовых кабелей различного назначения и установки розеток. Декоративные короба используются в тех случаях, когда:

- прокладка кабелей другими способами невозможна или нецелесообразна;
- возникает потребность в защите кабелей от механических повреждений, попаданий на них брызг воды и других жидкостей;
- необходимо обеспечение высоких эстетических характеристик внутренней отделки офисных помещений.

<sup>1</sup> Для обозначения этих изделий часто используется название «панель витражная» или «витражный короб» или «акустический рулонный кабельный короб».

Как изделие электротехнического назначения кабельный короб характеризуется рядом параметров и должен отвечать определенному комплексу требований.

Эстетические характеристики короба важны, потому что они в основном устанавливаются в офисных помещениях и должны иметь соответствующий внешний вид.

Область применения коробов также диктует достаточно жесткие требования по уровню их пожаробезопасности. Данное понятие включает в себя все положения, относящиеся к кабельным изделиям СКС (см. главу 9). Дополнительно учитываются так называемые аэродинамические критерии, то есть способность короба создавать тягу, обеспечивать приток свежего воздуха и другие факторы, увеличивающие опасность распространения пламени.

Для обеспечения длительного срока службы с учетом специфики применения короб должен иметь достаточно высокую ударопрочность и устойчивость к ультрафиолетовому излучению.

Под электрическими параметрами обычно понимается пробивная стойкость, которая достигает 240 кВ/см и более. Это позволяет обеспечить эффективную защиту оборудования и персонала в аварийных ситуациях. Иногда вместо параметра пробивной стойкости указывается максимальное длительное напряжение, которое выдерживает короб.

Для металлических коробов и коробов с металлизацией дополнительно контролируется также переходное сопротивление между секциями.

### **5.2.1.2. Виды коробов**

Кабельные короба представляют собой полые закрытые желоба различных сечений, обязательно имеющие съемную или, по меньшей мере, откидную крышку<sup>1</sup> и предназначенные для монтажа на любой плоской капитальной или декоративной вертикальной поверхности. Наиболее популярны на практике прямоугольные сечения (рис. 5.19). Кроме них производятся трапециевидные, треугольные<sup>2</sup> и полукруглые в сечении короба и декоративные плинтусы. Короб может быть:

- *цельным* – в этом случае он состоит из единого куска пластика, а по одному из его ребер имеется разрез с пазами для крепления. С противоположной стороны пластика в зоне изгиба имеет меньшую толщину и за счет этого обладает повышенной гибкостью (рис. 5.19а). Благодаря наличию разреза и утоньшения, одна из сторон короба может открываться и выполнять функции крышки; фиксация крышки короба может проводиться как обычной, так и двухсторонней защелкой (рис. 5.20). Максимальный размер цельных коробов обычно не превышает 38×24 мм.
- *составными*, то есть состоящим из двух компонентов: основания и крышки. Крышки выполняются как П-образными (другими словами, охватывающими – рис. 5.19б), так и плоскими (рис. 5.19в). П-образная крышка крепится к основанию на боковых защелках, причем последние могут располагаться как в верхней, так и в нижней части боковых стенок основания. Плоская крышка при установке вставляется своими крепежными выступами в пазы на отгибающихся боковых стенках основания. Первая разновидность крепления характерна для коробов небольшого размера (до 60×16 включительно), вторая часто используется в коробах с большим поперечным сечением;

<sup>1</sup> Существуют пирамидальные пневматические короба без крышки. Однако это неизбежно в работе с изделием, поэтому параметры новых технологий выпускаются такими коробами не выпускаются.

<sup>2</sup> Для установки в телескопических и пружинящих подвесках.

- \* **сборным с поворотной крышкой** (рис. 5.19г). В этом варианте крышка Г-образной формы является отдельным элементом, однако, при сборке короба вставляется своим валикообразным выступом в соответствующий паз на основании. При необходимости доступа во внутреннее пространство короба отстегивается боковая защелка, и крышка откидывается вбок или вниз на полученном шарнире. От цельной конструкции этот короб отличается большей долговечностью и удобством в работе (крышка откидывается на существенно больший угол), однако уступает им по стоимости.



Рис. 5.19. Конструкции прямоугольных коробов: а) цельный; б) составной с П-образной крышкой; в) составной с плоской крышкой; г) сборный с поворотной крышкой; д) напольный короб

Отметим, что некоторые разновидности составных коробов, предназначенные для использования в качестве илингуса и вилотну прилегающие своей нижней частью к полу, могут иметь Г-образную крышку с одной верхней защелкой. Плоскость крышки плотно закрывает внутреннюю часть короба за счет упругости материала. Иногда на таких крышках предусматривается дополнительный козырек. Он образует паз, куда вставляется край ковролина.



Рис. 5.20. Виды защелок цельных коробов: а) одиночная; б) двойная

Обычно удаление крышки для доступа во внутреннее пространство короба большинства конструкций не вызывает каких-либо проблем. В коробах серии AXIS немецкой компании Rehau эта операция может быть выполнена только с помощью специального инструмента, что позволяет обеспечить эффективную защиту проводов от доступа посторонних лиц при прокладке кабелей в офисных и жилых помещениях.

В некоторых случаях применение обычного декоративного короба может быть затруднено из-за того, что поверхность для его монтажа является недостаточно плоской. Часто встречающимся на практике примером такой поверхности является неоштукатуренная кирпичная кладка. В этой ситуации компании Panduit и Thorsman предлагают вместо основания использовать несколько металлических скобок, которые крепятся к стене винтами. Внутри скобок укладываются кабели, а затем они закрываются П-образной крышкой.

Монтаж декоративных коробов выполняется:

- \* в большинстве случаев непосредственно на стене с использованием механической фиксации; тип крепежного элемента при этом выбирается в зависимости от материала стены (подробнее см. раздел 11.5);

- при наличии ровной плоской поверхности короба небольшого размера (до 40×16 мм включительно) могут монтироваться на kleю. Клеевое крепление, в свою очередь, имеет две разновидности. Первая из них основана на установке короба с помощью kleевой ленты, с рабочей поверхности которой перед монтажом удаляется защитная пленка. Во втором случае нижняя поверхность короба предварительно промазывается специальным kleем. При этом желательно, чтобы для увеличения прочности крепления данная поверхность была рифленой;
- некоторые типы коробов шириной 19 и 25 мм могут крепиться к металлической мебели на магнитных полосах (вариант компании Panduit);
- для монтажа коробов над фальшпотолком, на неровных стенах и в других аналогичных условиях могут быть использованы разнообразные крепежные кронштейны, уголки и т.д.

Прямоугольные короба различаются по размерам поперечного сечения, которое, как правило, указывается в его типе (габаритные размеры). Обычно у производителей существуют серии типоразмеров от малого сечения (например, 14×7 мм) до большого сечения (например, 250×60 мм). Какие-либо стандарты в этой области авторам данной монографии неизвестны. Выбор размера короба определяется, в первую очередь, количеством укладываемых в него кабелей и способом установки розеток. Примерное соответствие между размером короба наиболее популярных на практике типоразмеров и его емкостью при условии методом монтажа розеток «в профиль» и «вдоль профиля» (см. раздел 5.2.3) приводится в табл. 5.4. Отметим, что некоторые производители СКС (например, AESP) запрещают использовать короба малого сечения при реализации своих систем, так как в них не удается обеспечить заданный радиус изгиба кабелей при прохождении поворотов.

**Таблица 5.4. Типовая емкость декоративных коробов при их максимальном эксплуатационном заполнении**

Размер короба, мм	40×12	60×16	75×20	100×50
Количество 4-порных кабелей UTP	12	16	24	80

Внутреннее пространство коробов больших размеров (не менее 40×16 мм) разбивается на две и более секции, что делает их более удобными в работе. Необходимость применения секционирования внутреннего пространства возникает также в случаях, когда действующие нормы требуют раздельной прокладки кабелей разного назначения, например, силовых и информационных. Боковые полости предназначены для прокладки в них силовых и информационных кабелей с соблюдением действующих норм по их пространственному разносу, тогда как центральная часть используется для установки розеток различного назначения. Известно, что объем силовых кабелей в типовых офисных применениях оказывается существенно меньшим по сравнению с объемом информационных кабелей при одинаковом количестве розеточных блоков. С учетом этого факта иногда используется несимметричное деление внутреннего пространства коробов. Так, например, в коробе T70 компании Panduit секция силовых проводов имеет площадь поперечного сечения 587 мм<sup>2</sup>, тогда как площадь поперечного сечения секции информационных кабелей составляет 2013 мм<sup>2</sup>.

В коробах сечением до 60(16 мм с секционированием внутреннего пространства в большинстве случаев используются межсекционные разделители, которые являются интегральной составной частью их конструкции. В коробах больших размеров предусматриваются съемные разделители, которые обычно вставляются в назы на днище или устанавливаются

на крепежные рейки. Реже используется установка разделителей на фиксаторах через отверстия в днище короба.

Съемные разделители могут как дополнять штатные, так и быть основными и единственными элементами этого типа в коробе. Короба со штатными разделителями в зависимости от варианта конструктивного исполнения при одинаковом сечении могут иметь различное их количество, что необходимо учитывать при заказе. Обычно стационарные межсекционные перегородки имеют сплошную структуру. В некоторых коробах серии INKA шведской фирмы Thorsman через каждые 200 мм в межсекционной перегородке выполнены отверстия, которые несколько снижают массу готового изделия и облегчают подвод кабелей к розеточным модулям.

В коробах большого размера со штатными и/или дополнительными разделителями с целью улучшения удобства эксплуатационного обслуживания достаточно широко распространено применение продольного разделения крышки на несколько составных частей.

Одним из слабых мест коробов большого поперечного сечения традиционной конструкции является малая жесткость их боковых стенок, что сопровождается некоторой «хлипкостью» изделия в поперечном направлении относительно оси прокладки. Для устранения этого недостатка на практике используется два пути. Первый из них основан на довольно значительном уменьшении высоты боковой стенки (или даже полном отказе от нее) и применении Г-образной в сечении крышки, которая закрывает боковую полость короба. Второй путь избрали специалисты английской компании Mita, в коробах которой использована двойная боковая стенка с внутренними поперечными перегородками. Эффект увеличения жесткости конструкции достигается также в случае применения скошенной краевой части короба с внешней стенкой уменьшенной высоты.

Упомянутая выше компания Mita выпускает оригинальные трансформируемые короба (transformer trunking) размером до 25×16 мм. Короб поставляется на объект в виде плоской конструкции, крепится на стене, а затем у него поднимаются боковые крылья для формирования стенок. Та же идея использована компанией Thorsman, однако короб хранится скомпактованным в бухту в картонной коробке с ручками для переноски. Большая длина (12 и 15 м) такого изделия гарантирует минимум отходов при установке, так как от бухты всегда отрезается кусок необходимого размера. Из-за трудностей визуального контроля остатка такого короба в упаковке за 2 м до конца на него может быть нанесена контрольная метка.

Обычно короб крепится виллотной к несущей поверхности шурупами или аналогичными им крепежными элементами. Если в силу каких-либо причин такой вариант установки является нецелесообразным, то применяются крепежные кронштейны разнообразной формы и конструкции. Некоторое облегчение процесса установки коробов фирмы Rehan достигается за счет наличия на их основании отверстий под шурупы, просверленных предварительно, с определенным шагом.

### 5.2.1.3. Материалы и окраска

Основными материалами, из которых изготавливаются декоративные короба, являются ударопрочные пластмассы и металлы (алюминий, обычная оцинкованная или нержавеющая сталь).

Для изготовления пластмассовых коробов используется, главным образом, поливинилхлорид. Это обусловлено легкостью его обработки, небольшой стоимостью и возможностью достижения высоких эстетических характеристик простыми средствами. Главный недостаток поливинилхлорида (наличие в его составе галогенидов) устранен в безгалогенных

пластмассах, однако их широкое применение сдерживается высокой стоимостью данных видов полимеров [112].

Основными преимуществами пластмассовых коробов являются несколько меньшая масса, большая гибкость, что позволяет плотно облегать небольшие неровности поверхности установки, и легкость обработки. Металлические короба при наличии заземления дополнительно к механической защите кабеля выполняют функции внешнего экрана для проложенных в них кабелей. Выпускаются также пластмассовые декоративные короба, имеющие алюминиевую пленку на внутренних стенах и средства ее заземления. Функции последних наиболее часто выполняет короткая гибкая шина с кольцевыми контактами под винт на концах.

Проведенные экспериментальные исследования [113] показывают, что применение алюминиевого короба снижает мощность помех примерно на 25 дБ, а металлическое напыление на пластмассовом коробе – на 10 дБ в частотном диапазоне от 100 МГц до 1 ГГц. Стальной короб по своим характеристикам экранирования занимает промежуточное положение между алюминиевым и пластмассовым с напылением. При этом эффективность экранирования в значительной степени зависит от качества монтажа короба и величины переходного сопротивления между отдельными его секциями. Для обеспечения низкого значения последнего параметра рекомендуется прокладка внутри короба дополнительного неизолированного заземленного провода (аналог дренажного проводника экранированных кабелей). Некоторые фирмы предлагают для своих металлических изделий штатные заземляющие проводники, которые соединяют отдельные секции.

Внешняя поверхность пластмассовых коробов может быть матовой или глянцевой. Глянцевое покрытие меньше подвержено загрязнению и за счет отражающего эффекта принимает легкий оттенок цвета окружающего интерьера, однако короба с матовым покрытием имеют меньшую стоимость. Большинство изготавителей выпускают короба нескольких основных цветов. Наибольшее распространение получил белый цвет. В некоторых случаях, определяемых конкретными местными условиями, возможно применение коробов другой окраски. Определенное улучшение эстетических характеристик коробов со вставной плоской крышкой компании Legrand достигается закладкой цветных вставок в навы для установки крышки.

Для обеспечения высоких эстетических характеристик установленных изделий рассматриваемого вида в последнее время все большую популярность приобретает решение, основанное на защите внешней поверхности крышки и основания самоклеющейся полимерной пленкой, которая удаляется после установки (например, изделия немецкой фирмы Rehau и испанской компании Unex).

Металлические короба также окрашиваются в один из типовых цветов по каталогу производителя или в любой цвет по специальному заказу. Для окраски используются эмали или техника анодирования. Обычно стоимость короба с нестандартным цветом увеличивается примерно наполовину, а время выполнения заказа возрастает в 2,5–3 раза. Как правило, можно заказать специальный цвет и для пластмассовых декоративных коробов, при этом следует ожидать такого же увеличения стоимости и времени исполнения заказа. За счет однородности материала пластмассового короба на нем по сравнению с окрашенным металлическим коробом обычно менее заметны царапины, которые неизбежно появляются на внешней поверхности в процессе эксплуатации.

При выборе материала пластмассовых коробов и краски металлических особое внимание уделяется устойчивости этих материалов к ультрафиолетовому излучению, так как именно этот параметр обеспечивает сохранение высокой эстетики короба на протяжении длительного времени.

Стоимость металлических коробов существенно выше, чем пластмассовых. Их рекомендуется применять в случаях, когда требуется особо надежная механическая и электромагнитная защита кабелей.

В очень редких случаях на практике встречаются также короба из других материалов. Так, например, шведская компания Thorsman предлагает шесть типоразмеров коробов серии TMW, для изготовления которых использована твердая береза или сосна [114]. Необходимые противоножевые параметры этих изделий достигаются за счет пропитки дерева огнезащитным лаком.

Поставка коробов в подавляющем большинстве случаев производится 2-метровыми упаковками. Наиболее известными по состоянию на середину 1999 года исключениями из этого правила являются 3-метровые короба некоторых видов производства компании Panduit и короба серии Perimeter компании Siemens (длина упаковки 1,8, 2,4 и 3 м). 3-метровые секции заметно менее удобны при транспортировке и переноске, однако их применение позволяет в подавляющем большинстве случаев реализовать вертикальные участки без промежуточных стыков и сэкономить на аксессуарах. В одной стандартной упаковке может быть от 20 до 100 м короба в зависимости от длины секции и размеров ее поперечного сечения.

На внутреннюю поверхность короба наносится маркирующий индекс, который включает в себя тип, цифровой код, наименование сертифицирующей организации и стандарта, которому отвечает это изделие.

### 5.2.2. Стандартные комплектующие элементы

Для каждого из типоразмеров короба производители предлагают более или менее полный ряд следующих стандартных комплектующих элементов. Эти элементы существенно расширяют возможности прокладки и монтажа, а также улучшают эстетические характеристики смонтированных коробов. Некоторые из стандартных комплектующих элементов изображены на рис. 5.21.

**Внутренний угол** (рис. 5.21а) используется для оформления поворотов короба на внутренних стыках стен. В подавляющем большинстве случаев этот элемент представляет собой одну деталь, иногда он, как, впрочем, и все остальные перечисленные далее элементы, вилот до адаптеров, делится на основание и крышку.

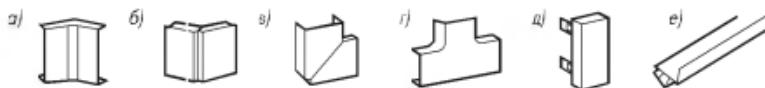


Рис. 5.21. Типовые комплектующие элементы декоративных кабельных коробов: а) внутренний угол; б) внешний угол; в) плоский угол; г) отвод; д) торцевая заглушка; е) разделятельная стенка

**Внешний угол** (рис. 5.21б) применяется при поворотах короба на выступающих стыках стен. Угол конструктивно выполняется в виде крышки, закрывающей место стыка двух коробов, или оформляется как угловой фрагмент короба. Внутренний и внешний углы в виде крышки могут иметь фиксированный или гибкий разворот. В первом случае угол представляет собой цельную пластиковую конструкцию, размах крыльев которой имеет одно из фиксированных значений: 45°, 60°, 90°, 120° или 135°. При применении гибкого разворота крылья скреплены шарнирами, которые позволяют придать ему практически любое значение от 10° до 170°. Последнее свойство хотя и заметно увеличивает стоимость готового изделия, но придает ему большую ценность в российских условиях, так как угол

стыка стен на практике часто значительно отличается от прямого. Кроме того, на коробах небольшого размера наличие гибкого разворота позволяет использовать одну и ту же конструкцию в качестве внутреннего или внешнего угла в зависимости от ситуации.

*Плоский угол* (рис. 5.21в) используется для оформления поворотов короба на 90° на плоской стене. В тех случаях, когда в коробах выполняется укладка кабелей с большим минимально допустимым радиусом изгиба (главным образом, оптических), применяются специальные конструкции углов с дополнительными выступами во внутреннюю или внешнюю области (рис. 5.22).

*Отвод, тройник* или *T-образный переход* (рис. 5.21г) обеспечивает разветвление короба в сторону под углом 90°. Наиболее распространены варианты, когда все три короба имеют одинаковые габариты. Известны единичные образцы изделий этого типа, в которых отводимый короб имеет существенно меньшие габариты.



Рис. 5.22. Примеры конструкций внутренних углов для прокладки кабелей с большим допустимым радиусом изгиба

Тройник может быть выполнен в двух вариантах. В первом он не выступает по высоте за габарит короба, второй вариант основан на использовании выступающей крышки. Несмотря на несколько худшие эстетические характеристики, второе решение позволяет не резать боковую стенку короба, так как ответвляемые кабели проходят над ней.

*Крестовой соединитель* используется для оформления точек пересечения под прямым углом двух коробов одинакового или различного размера.

*Адаптер к коробам различного сечения* – переходник, используемый при стыковке коробов с разным поперечным сечением. Обычно эти элементы обеспечивают переход со всех типоразмеров на все типоразмеры короба, производимого одной и той же фирмой. Адаптеры бывают прямыми, совмещенными с внутренним (внешним или плоским) углом, а также адаптеры-тройники. Часто они используется для согласования с внутристенными кабельными каналами, хотя некоторые фирмы выпускают для этого отдельные элементы.

*Заглушка* (рис. 5.21д) – это крышка на торцевом срезе короба, удерживаемая на месте силой трения специальных лапок, входящих между выступами на его днище и стенках. Иногда заглушка крепится винтами. В случае применения короба в качестве плинтуса она достаточно часто имеет несимметричную форму. В этой ситуации заглушки дополнительно делятся на левые и правые.

*Соединительная деталь* – элемент, устанавливаемый на место стыка двух сегментов короба. Она закрывает шов и создает принудительное выравнивание соединяемых коробов и их крышок. В металлических коробах одновременно обеспечивает минимизацию переходного сопротивления между отдельными секциями. Для дополнительного улучшения параметров места стыка иногда комбинируется с внутренним соединителем, который может быть реализован в двух вариантах. Первая разновидность соединительной детали имеет плоскую или круглую форму, вставляется внутрь короба вилотную к его боковой стенке (часто в специально предназначенные для этого назы) и за счет этого очень точно выравнивает секции относительно друг друга. Внутренний соединитель может быть выполнен в виде пластиковой детали (предложение фирмы Panduit) или металлического стержня (вариант компании Rehau). Вторая разновидность соединительной детали реализуется

в форме зажима, который устанавливается на рельсы и выступы для монтажа разделительных стенок. Данное решение используется, например, компанией Thorsman в коробах серии FrontLine [114].

*Разделительная стенка* (рис. 5.21e) – съемный элемент, предназначенный для деления внутреннего пространства короба большого сечения (обычно 75×20 мм и более) на отдельные секции, используемые для укладки кабелей различного назначения и формирования центральной полости для установки внутреннего розеточного модуля. Наиболее популярны одинарные стенки, иногда встречаются также двойные.

*Декоративные накладки, фартуки или входные манжеты* закрывают место входа короба в стену, фальшпотолок и прочие аналогичные конструкции. Иногда предлагается ряд разновидностей этого элемента с симметричной или несимметричной формой, каждый из которых ориентирован на применение в определенной ситуации ввода короба в отверстие (в углу, на стыке стен и т.д.). Манжеты могут быть выполнены в виде целиковой детали, обеваемой на короб перед монтажом. В ряде случаев они состоят из двух половинок и одеваются на короб после его установки.

*Держатель, или фиксатор кабеля* – накладка большей или меньшей ширины и длины, устанавливаемая на пазы крышки короба или отдельных его секций под основной крышкой. Предотвращает выпадение кабелей при полном заполнении полостей для его укладки при демонтированной крышке. Для установки накладки в пазах основания, куда входит выступ плоской крышки, иногда выполняется специальное отверстие. Большинство держателей представляет собой одиночную деталь. Известны также многозвездные держатели, которые образуются несколькими одинаковыми элементами, входящими в зацепление друг с другом и устанавливаемыми на пазы крышки и/или на верхнюю часть разделительной стенки.

*Дополнительные комплектующие элементы* представлены звукоизглощающими пластиинами или жгутами для акустической изоляции проходов между помещениями, огнезащитными вставками, защитными колпачками для головок винтов, проходными втулками и накладками на кромки для защиты оболочек кабелей от механических повреждений во время прокладки.

Поставка стандартных комплектующих элементов производится в коробочной или пакетной упаковке. На упаковке обычно приводится разнообразная служебная информация, которая дополняется штрих-кодом, облегчающим ведение автоматизированного учета. Количество отдельных элементов в коробке или пакете целиком и полностью определяется их габаритными размерами и обычно составляет от 1 до 20 штук.

### 5.2.3. Средства установки розеток в рабочих помещениях

В состав стандартных комплектующих деталей декоративных коробов обязательно включается ряд элементов, обеспечивающих установку розеток различного типа – модульных, коаксиальных, оптических и силовых, объединяемых обобщающим понятием *розеточных модулей*. Применяемые при их разработке дизайнерские решения обеспечивают внешний вид розетки как неотъемлемой части короба, причем все эти модули выполнены в едином конструктивном стиле и имеют одинаковый способ крепления. Установка розетки может быть произведена:

- во внутреннее пространство короба;
- ~~на короб~~;
- рядом с коробом.

Для реализации каждого из основных вариантов установки используются свои технические средства, рассмотренные ниже. Общие качественные характеристики этих вариантов приводятся в табл. 5.5.

*Таблица 5.5. Сравнительные характеристики различных вариантов установки розеток*

Параметр	В короб	На короб	Рядом с коробом
Сложность реализации	Низкая	Средняя	Высокая
Стоимость	Низкая	Низкая	Высокая
Эстетические характеристики	Высокие	Низкие	Средние
Требуемая емкость короба	Высокая	Низкая	Низкая

Следует отметить, что для расширения функциональных возможностей своей продукции производители коробов иногда разрабатывают специализированные адаптеры, позволяющие установить некоторые типы широко распространенных розеточных модулей другой компании в свои механизмы крепления. Более того, некоторые изготовители оборудования для СКС, в производственной программе которых отсутствуют декоративные короба, сертифицируют изделия некоторых фирм на соответствие своей продукции и рекомендуют их применение в процессе создания кабельной системы. Одним из наиболее известных в нашей стране примеров тесной интеграции в этой области является альянс Lucent Technologies с Legrand и Thorsman.

Дополнительно укажем еще на два момента. Во-первых, кроме розеток, аналогичным образом без применения каких-либо вспомогательных элементов в короб могут быть установлены выключатели освещения, регуляторы различного назначения, переключатели, датчики и другие аналогичные компоненты, в том числе снабженные элементами оптической индикации. Подобная стандартизация существенно упрощает процесс монтажа различных розеток и расширяет функциональные возможности и области использования декоративных коробов. Во-вторых, на практике более популярны так называемые одноштативные варианты для установки розеточных модулей. В случае необходимости монтажа нескольких модулей в одном месте применяются многоместные (иначе многоштативные) решения, отличающиеся от предшествующих только большим числом посадочных мест. Максимальное количество таких посадочных мест может достигать шести в известных конструкциях, хотя наибольшее распространение получили 2- и 3-штативные элементы.

### **5.2.3.1. Установка розетки во внутреннее пространство короба**

Общий вид короба с установленной в него розеткой изображен на рис. 5.23. Набор технических средств для выполнения этого вида установки включает в себя монтажную коробку, которая часто называется подрозетником, розеточный модуль (с адаптером, в случае необходимости), кронштейн крепления и лицевую пластину.

Монтажная коробка представляет собой открытый с лицевой стороны пластмассовый корпус с элементами установки во внутреннюю полость короба. При этом различают два основных варианта крепления. Первый из них основан на установке коробки на наксы для крышки короба или на наксы межсекционных переборок и выполняется обычно на основе защелок той или иной конструкции. Второй вариант предусматривает крепление на соответствующие выступы (например, на рейку DIN) днища короба и производится с помощью поворотных зажимов. На корпусе коробки предусмотрены отверстия для кронштейна

крепления, вырезы для ввода кабелей, часто закрытые сменными заглушками, а также два отверстия для фиксирующих винтов крепежного кронштейна. Расстояние между этими отверстиями составляет 60 мм для европейского варианта и 93 мм – для американского. Некоторые конструкции монтажных коробок (например, FB175 фирмы Marshall) предусматривают наличие штатного внутреннего защитного экрана.

Кронштейн крепления розеточного модуля выполнен в виде металлической пластины с несколькими фигурными вырезами и отверстиями для крепления к монтажной коробке. Центральный вырез обес печивает крепление розеточного модуля на пластмассовых защелках.

Как правило, для установки розетки во внутреннее пространство применяется многосекционный короб. Центральная секция используется только или преимущественно для монтажа розеток, силовые и информационные кабели различного назначения прокладываются в боковых секциях.

Лицевая пластина закрывает механизм крепления розеточного модуля и выполняет функции декоративной накладки. Обычно лицевые пластины крепятся на пластмассовых защелках или винтах, крепление на разрезном штыре, когда пластина удерживается только силой трения, применяется значительно реже. Иногда они также имеют установочные отверстия и вырезы для установки розеточного модуля, что позволяет отказаться от применения отдельного кронштейна крепления.

Установка розетки во внутреннее пространство короба обес печивает очень хорошие эстетические характеристики, однако для этого требуется короб с большими размерами, так как после установки монтажная коробка перекрывает часть внутреннего пространства короба. Для частичного устранения указанного недостатка предложено два решения. Первое из них основано на применении лицевых пластин с угловой установкой розеточных модулей. За счет меньшей потребности в монтажной высоте это позволяет использовать монтажные коробки меньшей глубины. Второе решение предполагает отказ от монтажной коробки и ее замену на небольшие крепежные кронштейны, которые могут быть дополнены съемными боковыми экранами.

### **5.2.3.2. Установка розетки на короб**

Установка розетки на короб (рис. 5.23) осуществляется с помощью монтажной рамки и розеточного модуля.

Монтажная рамка представляет собой пластмассовое основание с пазами для установки на короб и вырезом под розеточный модуль. Последний фиксируется в рамке на защелках или винтах и закрывается декоративной лицевой пластиной.

Рассматриваемый способ установки розеток позволяет использовать по сравнению с предшествующим вариантом короба несколько меньшего сечения. Однако выступающие над поверхностью короба розетки менее защищены от механических повреждений и, по мнению большинства экспертов, обладают наихудшими из рассматриваемых вариантов установки эстетическими характеристиками.

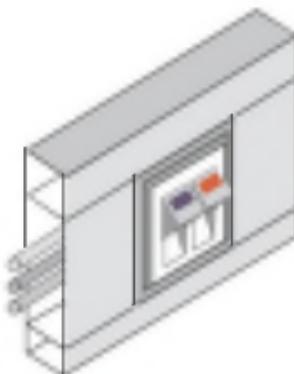


Рис. 5.23. Установка розетки на короб



Рис. 5.24. Установка розетки на короб

Рассматриваемый способ установки розетки часто обозначают как «крепление в профиль».

Упомянутое в предыдущем разделе решение, основанное на применении лицевых пластины с внешней угловой установкой розеточных модулей, может рассматриваться как промежуточный вариант, объединяющий в себе основные черты методов установки розеток во внутреннее пространство и на короб.

### 5.2.3.3. Установка розетки рядом с коробом

Установка розетки рядом с коробом (рис. 5.25) во многом объединяет достоинства двух предшествующих вариантов, однако, применима только к коробам небольших размеров. Для реализации этого метода аналогично случаю крепления в профиль также используются монтажная рамка и розеточный модуль.

Монтажная рамка представляет собой основание, предназначенное для установки на несущую поверхность (стена, мебель и т.д.) рядом с коробом и имеющее вырез для установки розеточного модуля и отверстия для крепежных шурупов или винтов. В большинстве случаев снабжается дополнительной накладкой, закрывающей место вывода кабелей из короба к розеточному модулю. Рамка крепится рядом с коробом при помощи шурупов или двухсторонней липкой ленты таким образом, чтобы накладка перекрывала короб. В верхний вырез рамки устанавливается розеточный модуль.

Крепление розетки рядом с коробом носит часто употребляемое на практике название «крепление вдоль профиля».

Рамка может устанавливаться горизонтально или вертикально в зависимости от ориентации декоративного короба. На практике чаще используется последний вариант.

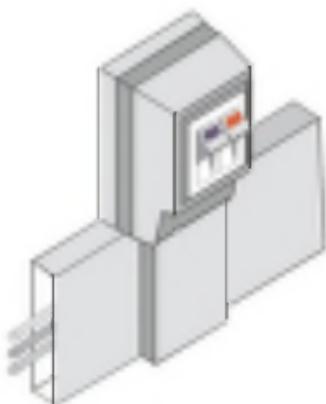


Рис. 5.25. Установка розетки рядом с коробом

Розетки, установленные креплением вдоль профиля, не слишком сильно выступают над поверхностью стены, имеют хорошие эстетические показатели и позволяют полностью использовать внутреннее пространство короба для прокладки кабеля. Их недостатком является несколько большая трудоемкость монтажа (для крепления требуется просверлить в стене минимум два дополнительных отверстия), а также необходимость применения монтажной рамки.

#### **5.2.3.4. Комбинированные решения**

К решениям этого типа отнесем те технические средства, основой которых является установка розеток рядом с коробом. Дополнительно они имеют черты других видов монтажа. В этой области известны следующие изделия.

Определенную популярность получили внешние кориусы информационных розеток (обычно на 6 и 12 посадочных мест под модули различных типов), позволяющие производить их установку рядом с коробом. В этих розетках кориус состоит из двух частей. Нижняя часть выполняет функции основания, а верхняя часть закрывает основание после его монтажа. От «рамочных» решений данный вариант визуально отличается тем, что меньше выступает в сторону относительно короба (за счет частичного «набегания» на него основания) и заметно выступает над его поверхностью.

Компанией Panduit разработан так называемый workstation outlet center Q, также устанавливаемый рядом с коробом. Данное изделие, как это следует из его названия, предназначено для обслуживания одного рабочего места в типовой конфигурации и содержит посадочные места для двух силовых и двух информационных розеток. При этом силовые розетки монтируются в части, находящейся вне короба, а информационные – устанавливаются в крышке, закрывающей вырез короба. Применение такой конфигурации за счет выноса крупногабаритных силовых розеток за пределы короба позволяет заметно уменьшить его габариты.

#### **5.2.3.5. Розетки мультимедиа**

Под розеткой мультимедиа понимается небольшая пластмассовая или (реже) металлическая коробка с посадочными местами под электрические и оптические розетки разъемов различных типов, предназначенная для установки на рабочих местах пользователей. Свое название розетка мультимедиа получила благодаря возможности заводить в нее не только электрические, но и оптические кабели. Обязательным элементом конструкции розетки является наличие внутреннего штатного или дополнительного организатора световодов, на который с соблюдением заданного радиуса изгиба производится намотка типового технологического запаса волокна длиной 1 м. Иногда организатор световодов дополняется организатором механических спlices или гильз сварных сростков.

Кориус розетки обычно белый, но возможно использование и других цветов. Наиболее распространены конструкции в виде параллелепипеда со скругленными кромками отдельных граней, иногда встречаются кориусы более сложной многогранной призматической формы (например, СТ-МММО-(XX) компании Siemon). Стандартными местами ввода кабелей являются задняя поверхность кориуса и его днище, где предусмотрены соответствующие вырезы, закрытые сдвижными или удаляемыми в процессе монтажа технологическими крышками.

Установка розетки мультимедиа выполняется на стену или (значительно реже) на пол, некоторые типы этих элементов могут комплектоваться магнитами и устанавливаться на

металлические поверхности. Как правило, фиксирующие винты и клейкая двухсторонняя лента входят в комплект поставки рассматриваемых изделий, магнитные фиксаторы заказываются специально. Подвод кабелей к розеткам осуществляется через короб или внутристенный кабельный канал. Известны также конструкции, которые монтируются непосредственно на короб по типу розеток вдоль профиля, но без использования отдельной монтажной рамки за счет наличия вводов коробов на узкой боковой поверхности.

Розетки оптических и электрических разъемов устанавливаются обычно на сменных вставках различной конструкции на боковой поверхности корпуса. Плоские вставкидвигаются на свое место по направляющим стоеч, вставки уголковой формы крепятся винтами к днищу. Некоторые конструкции предусматривают размещение одной-двух розеток непосредственно на защитной крышке (например, BRACOC фирмы Hubbell). Для увеличения плотности установки портов без увеличения габаритов корпуса используется угловой монтаж вставок (корпус типа ST-MMMO-(XX) компании Siemon). Кроме индивидуальных вставок также находят использование сменные передние панели с максимум четырьмя посадочными местами под розетки различных типов. На практике розетки мультимедиа очень часто выполняют функции многоользовательских розеток MUTO в открытом офисе. Согласно бюллетеню TSB-75, рекомендуется, чтобы коммутационный элемент данной разновидности обслуживал не более 12 рабочих мест. На основании этого розетки мультимедиа обычно рассчитываются на небольшое количество посадочных мест под розеточные модули.

Общие сведения о розетках мультимедиа некоторых фирм-изготовителей приводятся в табл. 5.6.

**Таблица 5.6. Технические характеристики розеток мультимедиа**

Фирма-изготовитель	Тип	Габаритные размеры, мм	Количество розеток	Типы розеток
AMP	559274-1	170×146×38	6	ST, SC, FC, модульная, BNC
Hubbell	BRACOC	133×133×38	4	ST, BNC, IBM, модульная
Lucent Technologies	40A1	175×142×41	8	ST, SC, MIC, BNC, модульная
Mod-Tap	17-5229-02 17-B143G	197×159×57	8	ST, SC, BNC, модульная
Panduit	CBXF6 CBXF12	170×120×25 170×170×46	6 12	ST, SC, BNC, модульная, RCA
Siemon	ST-MMO-(XX)	200×200×57	24	ST, SC, BNC, RCA

## 5.2.4. Элементы подключения рабочих мест в больших залах

К элементам подключения рабочих мест в больших залах относятся подпольные и напольные коробки, а также декоративные колонны и розеточные панели. Сюда же отнесем корпуса для монтажа оборудования консолидационных точек. Они функционально дополняют декоративные короба и позволяют существенно расширить круг задач, решаемых в процессе создания СКС стандартными средствами. Кроме того, перечисленные элементы часто входят в производственную программу фирм-производителей декоративных коробов, выполнены в одном дизайне с ними, а работа с этими элементами не требует применения дополнительных технологических приспособлений.

Рост интереса к указанной продукции в нашей стране, как, впрочем, и во всем мире, определяется возрастающей популярностью организации открытых офисов.

### 5.2.4.1. Подпольные коробки

Конструктивные элементы рассматриваемого вида обеспечивают подключение к СКС рабочих мест, расположенных в залах большой площади на значительном удалении от стен, и подачу на них электропитания. Они используются также в случае применения для разводки кабелей горизонтальной подсистемы подпольных каналов. Кроме розеток различного назначения в коробках могут монтироваться и некоторые виды предназначенного для этого активного оборудования [115].

Подпольная коробка представляет собой корпус с крышкой, которая укладывается на стойки фальшпола вместо одной из панелей или же просто вставляется своим фланцем в вырез в такой панели. Для изготовления корпуса используется оцинкованная сталь, алюминий или ударопрочный пластик (полиамид). Подавляющее большинство конструкций имеют прямоугольную в плане форму размером примерно 300×300 или 300×200 мм, но известны единичные образцы коробок круглого поперечного сечения (например, изделие типа GRAF-9 немецкой компании Ackermann).

Обычно изготовитель предлагает коробки одного размера. Известно также предложение Заказчику коробок различных размеров, выполненных в едином конструктивном стиле (фирмы Ackermann, AMP). Тогда в названии в явном виде часто указывается количество посадочных мест под розеточные модули.

В тех случаях, когда коробка производится изготовителем фальшпола, на ней предусматриваются те или иные конструктивные элементы, обеспечивающие ее монтаж в различных конструктивных вариантах плит или опор фальшпола. Силовые и информационные розетки устанавливаются в коробке вертикально друг напротив друга или же вставляются в горизонтальную панель. Известны также конструкции коробок, в которых комбинируются горизонтальный и вертикальный варианты монтажа розеток. Крепеж розеточных модулей выполняется их штатными средствами. Минимальная величина зазора между модулем и крышкой обеспечивает нормальный радиус изгиба кабелей и составляет в известных конструкциях не менее 45 мм. Для ввода горизонтальных и силовых кабелей в днище и/или боковых стенках коробки предусматриваются кабельные вводы с элементами герметизации. Во избежание попадания пыли и грязи крышка коробки снабжается резиновым уплотнителем, который обеспечивает уровень защиты внутреннего пространства IP20.

Выход соединительных шнуров и силовых кабелей реализуется по двум различным схемам. Согласно первой из них, на крышке предусматривается отгиб длиной 4–5 см или небольшая поднимающаяся вверх дверца с фиксатором в полуоткрытом положении (под углом около 30° относительно горизонтали). По второй схеме узел доступа во внутреннее пространство выполняется в форме фигурной поворотной шайбы, которая расположена в плоскости крышки. Шайба может быть установлена в двух положениях: в закрытом и для пропуска кабеля шнуря.

Крышка коробки может окрашиваться в различный цвет, а ее поверхность приспособлена на наклейки ковровых покрытий или линолеума.

Известны также единичные образцы подпольных коробок, розетки электрических, оптических и силовых разъемов которых выведены непосредственно на верхнюю крышку. Эти изделия естественным образом монтируются так, чтобы они находились под рабочими столами пользователей в защищенном от механических повреждений месте.

Различные варианты конструктивной реализации коробок изображены на рис. 5.26 и отличаются в основном принципом установки розеточных модулей. Панели для их монтажа могут располагаться под углом (рис. 5.26а, крышка и каркас панели жестко связаны друг с другом), горизонтально (рис. 5.26б, крышка независима от панели) или во внутренней полости друг напротив друга (рис. 5.26в).



Рис. 5.26. Варианты конструктивной реализации подпольных коробок: а) с жесткой связью крышки и панели; б) с независимой крышкой; в) с установкой розеток друг напротив друга

#### 5.2.4.2. Напольные и настольные коробки

Напольные коробки, мини-пьедесталы или просто пьедесталы (от англ. pedestal, рис. 5.27) предназначены для установки на поверхность фальшпола без коврового покрытия и обеспечивают подведение к рабочему месту компьютерных, силовых и телефонных розеток [116]. В отличие от подпольных коробок, напольные в подавляющем большинстве случаев рассчитаны на обслуживание одного, максимум двух рабочих мест и имеют,

соответственно, меньшие габариты. Корпус коробки изготавливается из алюминия или пластмассы. Пластмассовые корпуса обычно имеют форму усеченной пирамиды, алюминиевые снабжаются окружной штампованной крышкой.

Передняя панель с розетками для облегчения подключения оконечных шнурков монтируется с большим или меньшим положительным наклоном относительно вертикали. Кроме обычной ориентации розеток модульных разъемов, известны также коробки с разворотом их на 90°. Такое «несимметричное» решение не получило широкого распространения, а его появление объясняется,

Рис. 5.27. Напольная коробка

по-видимому, стремлением разработчиков предоставить пользователю возможность визуального контроля защелки во время процесса отключения соединительного шнура.

Условия эксплуатации пьедесталов заставляют разработчиков обращать самое пристальное внимание на элементы механической защиты их передних панелей с розетками модульных разъемов. В этой области известны два основных конструктивных решения, часто взаимно дополняющих друг друга. Первое из них основано на применении выступающего свеса крышки, второе – защитной дуги.

Немецкая компания Deutsche Electraplan выпускает пьедесталы увеличенной емкости. Выбор типа силовой и информационной розетки в этих конструкциях производится подключением сменной модульной вставки. Особенностью изделий серии 622141 XXX является двухэтажная конструкция, которая позволяет увеличить емкость корпуса до 16 портов.

Для обеспечения соответствующих эстетических характеристик обычно предлагается несколько типовых вариантов окраски корпусов на выбор. Ввод подводящих силовых и телекоммуникационных кабелей осуществляется снизу через резиновый уплотнитель. Напольная коробка выступает над поверхностью пола и потому несколько неудобна в практической эксплуатации. Их выпуском занимается относительно немногих компаний.



Настольная коробка как элемент СКС распространена на практике в очень ограниченных пределах. Как конструктивный элемент она не имеет каких-либо заметных отличительных особенностей от обычной напольной коробки. Помимо обычных офисных помещений со стационарной мебелью может рекомендоваться для применения также в лекционных залах, так как является очень удобным средством для подключения переносного компьютера во время проведения отчетов, презентаций и других аналогичных мероприятий.

### **Настольные розетки**

Настольные розетки (desktop monuments) фактически являются аналогами изделий, рассмотренных в предыдущем разделе, ориентированными на специфическую область применения. Они отличаются от них только использованием специальных элементов крепления к офисной мебели. Например, изделия серии 5562XX компании AMP крепятся к столешнице рабочего стола обычным винтовым зажимом.

Максимальная емкость настольных розеток, которые по определению обслуживают одного пользователя, не превышает четырех розеточных модулей.

Настольная розетка как элемент СКС распространена на практике в очень ограниченных пределах. Кроме обычных офисных помещений со стационарной мебелью рекомендуется применять ее в лекционных залах, так как она представляет собой удобное средство подключения переносного компьютера во время проведения отчетов, презентаций и других аналогичных мероприятий.

### **5.2.4.3. Декоративные колонны**

Еще одним элементом, который обеспечивает подключение рабочих мест к СКС в больших залах, являются вертикальные колонны. Эти изделия изготавливаются в двух основных конструктивных вариантах: в виде выступающей из пола колонки высотой до 0,6 м или же непрерывной колонны, которая проходит от пола до потолка.

Колонка (рис. 5.28) обычно имеет прямоугольное или квадратное поперечное сечение, колонки треугольной в сечении формы встречаются существенно реже. Для увеличения механической прочности применяется установка внутренней штатной или съемной разделятельной стенки. При недостаточной емкости используются два коробчатых элемента, которыестыкаются задними несъемными панелями вилотную друг с другом. Установка колонки осуществляется на монтажное основание. Подвод информационных и/или силовых кабелей к колонке может выполняться как из-под фальшпола, так и с помощью напольного короба.

Иногда напольные колонки оборудуются дверцами, закрывающими электрические и информационные розетки. Примером такого решения служит изделие типа POS-200 фирмы Thorsman.

Кроме больших залов колонки иногда используются в аудиториях учебных центров, где они устанавливаются вилотную к боковой панели стола. Такое решение обеспечивает, в случае необходимости, легкость перемещения и замены столов.

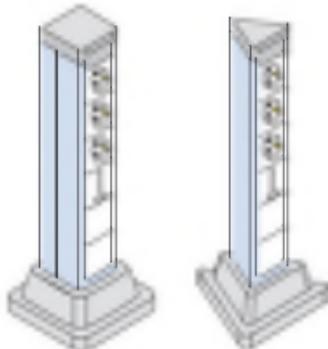


Рис. 5.28. Различные виды декоративных напольных колонок

Известные авторам данной работы колонны (другое название – сервисные стойки) изготавливаются из анодированного алюминия и выполняются по двум основным схемам. Согласно первой из них, в качестве основы применяется короб прямоугольного или квадратного сечения, а также тавровая или двутавровая балка (колонки серии Prestige фирмы MK Electric, [117]). Второй подход реализуется с использованием основы, на которую навешиваются остальные элементы. Здесь возможны достаточно широкие вариации форм и конструкций основы. Так, например, компания Thorsman применяет две параллельные несущие трубы относительно небольшого диаметра, а фирма Nordic Aluminium использует одиночную вертикальную стойку. Основой колонны серии INTEGRATION 45 компании INFRA+ является вертикальный короб, к которому в виде накладок пристыковываются в нижней части одна или две колонки с посадочными местами под информационные и силовые розетки.

Одна из проблем, требующих решения в случае применения колонны, – необходимость ее фиксации между полом и потолком. Задача решается двумя способами. Согласно первому из них, колонна состоит из двух частей и имеет телескопическую конструкцию (вариант компании Legrand). Нижняя часть устанавливается на подиантник из резины или другого эластичного материала с высоким коэффициентом трения, и дополнительного может крепиться к полу шурупами или анкерными болтами. Верхняя часть крепится к потолку с помощью монтажной скобы. Для придания собранной конструкции необходимой жесткости применяется винтовой домкрат, устанавливаемый на опору нижней части под подвижной верхней. Второй способ использован фирмой Nordic Aluminium и основан на применении непрерывной колонны и винтового домкрата с большим ходом рабочего элемента. Кроме основных фиксаторов иногда применяются дополнительные в виде зажимов, которые крепят колонну к столешнице рабочего места.

Механическая прочность самой колонны и ее крепления достаточно высока. Это позволяет, в частности, после монтажа боковых консолей устанавливать на некоторых колоннах фирмы Thorsman системный блок и монитор (рис. 5.29).

Место прохода колонной фальшпотолка для обеспечения соответствующих эстетических характеристик обычно закрывается декоративной накладкой.



Рис. 5.29. Напольная колонна с боковыми консолями для монтажа дополнительного оборудования

#### 5.2.4.4. Розеточная панель

Розеточная панель конструктивно выполняется в виде короткого отрезка короба относительно большого поперечного сечения с торцевыми крышками и может комплектоваться несколькими силовыми и информационными розетками, а также выключателями. Этот вид

устройства для подключения пользователей размещается под столешницей рабочего стола с применением специально разработанных для этого зажимов. Панель наиболее эффективна для мебели с внутренними полостями для прокладки кабелей, может быть с успехом скомбинирована с декоративными колоннами. В последнем случае для прокладки кабелей рекомендуется использовать гибкую гофрированную трубку.

Известны также розеточные панели для вертикальной установки, которые крепятся в рабочем положении рядом с боковой стенкой корпуса стола. Конструктивно такие панели практически полностью повторяют напольные колонки и отличаются от них только отсутствием основания.

#### **5.2.4.5. Корпусы для оборудования консолидационных точек**

Корпуса для оборудования консолидационных точек предназначены для монтажа на стенах или колоннах помещений открытых офисов. Представляют собой коробку с соответствующим дизайном и необходимым для открытого монтажа уровнем отделки внешней поверхности. Для защиты от несанкционированного доступа крышка корпуса закрывается на замок или засов. Центральная часть крышки может быть изготовлена из прозрачного пластика, что позволяет визуально контролировать состояние разводки кабелей. Роль элементов для выполнения электрической разводки кабелей играют обычно кроссовые блоки типа 110 в различных вариантах конструктивного исполнения, которые дополняются организаторами. На рынке доступны также корпуса для монтажа блоков типа 66.

В зависимости от габаритных размеров и вида монтажа иногда различают вертикальный и горизонтальный варианты корпусов (например, изделия СРЕН-(ХХ) и СРЕВ-(ХХ) компании *Siemon*).

#### **5.2.5. Другие виды коробов**

##### **5.2.5.1. Короба для прокладки волоконно-оптических кабелей**

Специальные короба для прокладки волоконно-оптических кабелей появились только в конце 90-х годов в связи с быстрым ростом объемов волоконно-оптической техники в составе СКС. Они применяются для организации локальной разводки в помещениях кроссовых и аппаратных. Предназначены, главным образом, для использования в подвесном исполнении и организации спусков к коммутационным полкам и активному оборудованию, смонтированному в открытых стойках. В эти короба укладываются соединительные и коммутационные шнуры, а также кабели типа riser для вертикальной проводки. В некоторых случаях изготовитель запрещает использовать эти короба для прокладки других видов кабелей, кроме волоконно-оптических.

Основным назначением изделий этого типа является [118]:

- пространственное разделение оптических кабелей от кабелей других типов;
- соблюдение минимально допустимого радиуса изгиба;
- ограничение растягивающих усилий, действующих на кабель;
- упрощение процесса прокладки кабелей и работы с оптическими коммутационными шнурами.

В отличие от обычных рассматриваемые в данном разделе короба имеют следующие особенности:

- наличие только прямоугольных поперечных сечений и существенно меньшее количество типоразмеров;
- применение специальных технических средств и конструктивных решений для ограничения минимального радиуса изгиба укладываемых кабелей величиной 30 мм;
- наличие развитой номенклатуры вертикальных спусков с соответствующими аксессуарами для укладки в них междустоечных соединительных шнурков;
- окраска коробов в яркие цвета (оранжевый или желтый).

Наиболее существенные отличия между указанными видами коробов определяются их назначением.

Основными материалами для изготовления коробов являются поливинилхлорид и поликарбонат [119].

Для облегчения процесса сборки и установки коробов в рабочем помещении сращивание отдельных секций, а также установка аксессуаров выполняется с помощью специальных замков. Подвеска коробов к потолочным и другим аналогичным конструкциям выполняется на предназначенных для этого кронштейнах различной формы и размера.

Номенклатура аксессуаров для коробов рассматриваемого вида в основном повторяет номенклатуру аксессуаров для обычных коробов и включает в себя углы, тройники и основные разновидности адаптеров, а также торцевые крышки. Для облегчения обхода различных вертикальных стоек (на практике необходимость в этой операции часто возникает из-за особенностей использования коробов) применяют так называемый центрирующий адаптер (centering adapter) змеевидной формы. Контроль правильности укладки оптических кабелей обеспечивается изготавлением углов и адаптеров из прозрачной пластмассы (решение компании Panduit).

Оптические кабели по сравнению с электрическими являются более критичными к соблюдению минимального радиуса изгиба и величине сдавливающих усилий. Поэтому короба для таких кабелей значительно чаще снабжаются разделительными стенками в поворотах, отводах и других аналогичных аксессуарах.

По имеющимся в распоряжении авторов сведениям, короба для прокладки волоконно-оптических кабелей по состоянию на середину 1999 года предлагаются как изготовителями оборудования СКС, так и производителями различных аксессуаров для оптических кабелей. На рынке они распространяются в виде комплексного решения (собственно короб, аксессуары, крепежные элементы и инструмент) под отдельными торговыми марками (например, Lightway фирмы Siemon<sup>1</sup>, PANDUCT компании Panduit, FIST компании Raychem и Lightguide fiber optic protection system фирмы HellermannTyton).

### **5.2.5.2. Короба для монтажа под фальшполом и за фальшпотолком**

Кроме настенных на практике встречаются также специальные конструкции коробов общего применения для монтажа под фальшполом и за фальшпотолком. Эти изделия не имеют каких-либо существенных отличий от декоративных коробов за исключением менее качественной отделки и, возможно, большей механической прочности, что определяется условиями их эксплуатации. Основные особенности обусловлены, главным образом, частой необходимости двухуровневого монтажа таких коробов и вывода проводов в настенные декоративные

<sup>1</sup> В настоящий момент данное изделие представлена на базе СКБ-приоритет институтской формы «Штандарт» (г. Санкт-Петербург), который непосредственно является его производителем.

короба и рассмотренные выше элементы подключения рабочих мест в больших залах. Учитывается также возможность их использования для организации вертикальных стояков.

Изделия рассматриваемого вида изготавливаются из металла или пластика и обладают примерно идентичными массогабаритными и прочностными характеристиками. Основным преимуществом пластмассовых коробов считается отсутствие необходимости их заземления, так как эта операция на практике выливается в трудоемкую процедуру из-за особенностей мест их монтажа.

Конструктивно короба рассматриваемой в этом разделе разновидности отличаются от аналогов офисного назначения отсутствием секционирования внутреннего пространства и небольшими типоразмерами. Возможно также применение перфорированного днища, что обеспечивает крепление кабелей и их жгутов пластиковыми стяжками и особенно полезно в случае организации вертикальных стояков.

Для реализации двухуровневой прокладки используются специальные переходные элементы, которые выбираются с учетом высоты короба с установленной на нем крышкой. Переход может быть как жестким фиксированным, так и мягким на шарнире. При сборке коробов для монтажа под фальшполом их отдельные секции устанавливаются на опоры. Отдельные секции коробов для монтажа за фальшпотолком укладываются на траверсы подвесных опор или стенных кронштейнов.

Проход поворотов с большим радиусом изгиба легко осуществляется с помощью поворотов, корпус которых изготовлен из гофрированного материала.

Монтаж за фальшпотолком и фальшполом требует соблюдения достаточно жестких противопожарных норм. Поэтому в составе стандартных комплектующих изделий коробов рассматриваемого вида имеется набор различных переходников на металлорукава и аналогичные им изделия, а также огнезащитные маты и другие средства для установки огнезащитных заглушек.

Кроме коробов для настенного или потолочного крепления существуют и так называемые напольные короба. Их основным назначением является защита кабелей от механических повреждений при прокладке в пешеходных переходах. Эти изделия, как правило, имеют небольшую емкость, отличаются полуциркульной или близкой к ней формой поперечного сечения и снабжены внутренними ребрами жесткости для придания необходимой прочности к воздействию раздавливающих усилий (рис. 5.19в). Напольные короба изготавливаются из металла или пластика и могут иметь несколько основных цветов.

Функциональным аналогом декоративных коробов для прокладки в офисных помещениях являются так называемые кабельные каналы (wiring duct или slotted trunking) [120]. От коробов они отличаются менее качественной внешней отделкой. Достаточно часто их боковые стенки выполнены в виде гребенки с такой шириной зазора между соседними ламелями, которая обеспечивает свободный проход кабелей (рис. 5.30). При необходимости расширения прохода ламель гребенки легко отламывается специальным инструментом или обычными пассатижами. Такой вариант наряду с некоторым снижением массы существенно



Рис. 5.30. Кабельный канал

упрощает процедуру ответвления одного или нескольких кабелей от нутчка. После завершения прокладки кабелей канал закрывается крышкой, входящей в комплект.

### **Специализированные инструменты для работы с декоративными кабельными коробами**

Отличительная особенность декоративного короба состоит в том, что при его монтаже необходимо соблюдать повышенную аккуратность, так как небрежность сборки сразу же бросается в глаза в современном офисном помещении. Поэтому многие компании, занимающиеся выпуском декоративных коробов, вводят в состав поставляемых аксессуаров различные специализированные инструменты и приспособления, облегчающие работу и улучшающие качество сборки.

*Отрезной инструмент* может иметь ручной или электрический привод и используется в форме ручной или электрической дисковой пилы, а также ножниц. Резка при помощи обычных ножовок общего применения настоятельно не рекомендуется из-за сложностей поддержания направления реза, обусловленного наличием на корпусе многочисленных выступов.

*Резаки* для короба выполняются в виде рычажных ножниц или гильотины. Во втором случае они достаточно часто комбинируются с регулируемыми или фиксированными шаблонами.

Различного рода *кондукторы* и *шаблоны* оказывают существенную помощь монтажнику при формировании поворотов канала под заданным углом, а также при сверлении отверстий в заданном месте. Дополнительное преимущество использования этих средств – эффективная защита основной поверхности короба и крышки при случайном соскальзывании или выскакивании инструмента.

*Стемники* крышек применяются несколько реже других технологических аксессуаров. Представляют собой инструмент в виде лопатки, которая позволяет аккуратно поддеть крышку в процессе ее демонтажа.

## **5.3. Выводы**

Применение в составе СКС рассмотренных выше дополнительных компонентов позволяет добиться высоких эстетических характеристик офисных и служебных помещений на всем протяжении срока эксплуатации кабельной системы. Эти изделия обеспечивают также удобство обслуживания, дополнительную механическую защиту и ограничение доступа посторонних лиц к кабельным и коммутационным элементам. В случае выдвижения специальных требований эти компоненты создают дополнительное электромагнитное экранирование как пассивных компонентов кабельной системы, так и активного сетевого оборудования.

На рынке доступна широкая номенклатура монтажных конструктивов и декоративных коробов с соответствующими аксессуарами, что дает возможность стандартными средствами и оптимальным образом по самым различным критериям решить основные виды задач, возникающих в процессе создания СКС.

Применяемое в СКС монтажное оборудование изготавливается в соответствии со стандартами, что обеспечивает взаимозаменяемость аксессуаров различных производителей. Стандартизация в области декоративных коробов, напротив, практически отсутствует. Данный факт определяет очень высокие требования к поставщику этого вида продукции,

При проектировании ЛВС и СКС следует учитывать четко обозначившуюся тенденцию массового использования в составе монтажного оборудования различных датчиков и электромеханических исполнительных элементов с передачей их сигналов в центральный диспетчерский пункт и обратно. Обычно для реализации этих процедур используется протокол SNMP.

Развитие технической базы декоративных коробов идет в направлении как создания специализированных изделий типа коробов для волоконно-оптических кабелей, так и расширения областей их использования. В числе последних отметим магистральные кабельные трассы под фальшполом, за фальшпотолком и в коридорах служебных зон офисных зданий, а также вертикальные стояки.

Процесс сборки коробов и качество их монтажа существенно ускоряется и улучшается в случае применения специализированного монтажного инструмента.

# **ГЛАВА VI**

## **СКС для зданий неофисного типа, сектора SOHO и домашних сетей**

---

Средства вычислительной техники самого разнообразного назначения, а также другие электронные и электротехнические устройства с управляющими контроллерами все более масштабно используются во всех сферах современной жизни. Эффективность функционирования таких устройств возрастает при их объединении в единую систему, что осуществляется с помощью сетей различного назначения. Они могут быть построены по различным принципам, например наложением на телефонную сеть [121] с помощью инфракрасных интерфейсов, на основе радиоканалов или даже с использованием обычной электропроводки. Однако в подавляющем большинстве случаев основой их инфраструктуры являются специально выделенные для этого кабели связи и соответствующее коммутационное оборудование. В зданиях офисного типа (бизнес-центры, банки, органы государственного управления и т.д.) кабельная разводка на протяжении всего последнего десятилетия строится практически всегда исключительно в форме структурированных кабельных систем. Различные аспекты реализации таких систем как технических объектов отработаны до высокой степени совершенства и зафиксированы в ряде известных национальных и международных стандартов.

Необходимость организации сетей передачи информации становится все более актуальной также в зданиях неофисного назначения. В качестве типичных примеров таких объектов недвижимости отметим жилой сектор (начиная от отдельной квартиры, коттеджа и кончая микрорайоном в городской черте или современным поселком в загородной зоне), а также больницы и гостиницы в секторе общественных зданий. Возрастающая сложность слаботочкой кабельной разводки настоятельно требует применения в таких зданиях решений, базирующихся на принципах структурированности. В данной главе рассматриваются СКС, которые монтируются преимущественно в зданиях неофисного назначения и которые по тем или иным критериям (часто формальным) не соответствуют в полном объеме действующим редакциям стандартов на СКС. Также затрагиваются аналогичные системы в секторе SOHO и малых фирм, отличительным признаком которых является малое количество портов (менее 50). Принципы и технические решения, применяемые в этой области, могут быть с успехом использованы также для организации кабельной разводки в выделенном и удаленном от основного офиса помещении, в котором работает часть сотрудников какой-либо средней или крупной компании. В рассматриваемые примеры не входят кабельные системы в зданиях производственного назначения, которые строятся с учетом специфических условий промышленного предприятия.

## 6.1. Общие вопросы построения СКС неофисного типа

### 6.1.1. Особенности области применения

Общие черты кабельных систем данной разновидности и СКС в типичном офисном здании по причинам экономического характера, а также ввиду близости функционального назначения оказываются весьма схожими. При решении задачи создания таких проектов удобно и экономически выгодно использовать подходы, применяемые при построении «классических» СКС. Данное обстоятельство отражено, в частности, в действующих редакциях стандартов TIA/EIA-568-А и ISO/IEC 11801, которые рекомендуют при построении максимально использовать принципы и решения, положенные в основу офисных СКС. Однако специфика области применения неофисных СКС оказывает достаточно сильное влияние как на используемую для их реализации элементную базу, так и на принципы построения. Основные особенности таких кабельных систем определяются следующими обстоятельствами:

- ограниченностью средств, выделяемых на создание СКС (значительное количество СКС неофисного типа реализуется в жилом секторе и оплачивается из личного бюджета пользователей), что предъявляет жесткие требования к параметру «цена-производительность» с упором именно на первую составляющую;
- во многих случаях малой относительной плотностью размещения информационных розеток пользователей и соответственно значительным удельным весом систем с числом портов не выше нескольких десятков;
- большим по сравнению с офисами количеством приложений, одновременно обслуживаемых системой даже по состоянию на сегодняшний день, причем в сочетании с более широким спектром передаваемых сигналов. Последнее, главным образом, обусловлено совместной работой эфирного и кабельного телевидения.

В качестве основных отличительных признаков СКС неофисного типа, вытекающих из перечисленной выше специфики, отметим:

- выделение оборудования и технических решений, применяемых в процессе построения неофисной кабельной разводки, в самостоятельный продукт, продвигаемый на рынке под собственной торговой маркой;
- минимизацию номенклатуры оборудования, необходимого в процессе реализации функционирующей системы (сознательная ориентация на принцип «тонкого каталога»<sup>1</sup>);
- максимально широкое применение стандартной элементной базы СКС офисного типа в сочетании с использованием модульного принципа построения;
- выполнение специализированных изделий в едином дизайне с их функциональными аналогами из «большой» системы;
- достаточно частое, в случае необходимости передачи телевизионных и других широкополосных сигналов, допущение решений, запрещенных действующими стандартами для использования в «классических» СКС;
- относительно более широкое применение на правах штатных приборов активного оборудования, разработанного для подобных систем или адаптированного для работы в их составе;

<sup>1</sup> Приведем пример: каталог СКС «In House» фирмы Opttronics, предназначенный для сектора SOHO, имеет 12 страниц, тогда как каталог «большой» СКС – 200 страниц (формат тот же).

- высокую популярность технических средств, сборка готовой системы из которых не требует использования специального инструмента и предъявляет минимальные требования к уровню профессиональных знаний и квалификации пользователя как проектировщика и монтажника СКС.

### **6.1.2. Функциональные возможности и требования к кабельной системе**

Функциональные возможности СКС неофисного типа достаточно сильно зависят от того сегмента рынка, на потребности которого рассчитаны конкретные технические решения.

Кабельная система небольшого здания или удаленного помещения с рабочей группой естественным образом ориентирована на решение классических офисных задач, в первую очередь, на функционирование учрежденческой мини-АТС и ЛВС. Используемая для ее построения элементная база обеспечивает в основной массе продуктов получение характеристик, соответствующих категории 5e, хотя возникновение потребности передачи сигналов Gigabit Ethernet и ATM 622 в малых офисах в обозримой перспективе представляется маловероятной. Тем не менее, выгода от использования стандартных компонентов существенно превышает прибыль от некоторого снижения стоимости в случае применения устаревшей элементной базы.

Кабельная разводка, смонтированная в жилом доме-коттедже, а также в больших многокомнатных квартирах элитного типа, предназначена для передачи и распределения по отдельным комнатам широкого спектра сигналов самых разнообразных цифровых и аналоговых приборов. Поэтому к ней предъявляются следующие требования:

- поддержка передачи сигналов многоканального телевидения, в том числе ТВ высокой четкости, передаваемого со спутниковой и/или вещательной антенны, а также с внешней линии кабельного приема;
- обеспечение работы видеокамер, в том числе домофона, системы охраны и наблюдения за грудным ребенком с выводом получаемого изображения на контрольный монитор;
- передача управляющих сигналов на исполнительные устройства системы освещения, кондиционирования, приемники спутникового, эфирного и кабельного телевидения, а также системы бытового радиовещания;
- поддержка функционирования в квартире современного комплекса аудио-видео и прочих устройств, объединяемых в единое целое понятием «домашний кинотеатр»;
- возможность организации в коттедже или квартире домашнего офиса;
- обеспечение удобства подключения к сети Internet;
- поддержка работы систем пожарной и охранной сигнализации;
- обеспечение легкости перемещения телефонных аппаратов, факсов и других аналогичных устройств в удобное для пользователя место.

Данные области применения являются наиболее сложными для разработчиков кабельной системы, так как в ней неразрывно сочетаются относительно небольшие объемы цифровых информационных потоков и необходимость обеспечения высококачественной передачи широкополосных аналоговых сигналов.

Известна также разработанная в нашей стране концепция домашней сети<sup>1</sup> Freud, которая развертывается в городском микрорайоне или коттеджном поселке на основе

<sup>1</sup> Опытами, что первые «домашние сети» были нет пока базой для дальнейшего развития, как и дальнейшими сдвигами в сфере технологий, включая появление Ethernet, можно сюда отнести большое количество различных стандартов и протоколов, включая различные стандарты IEEE 802.3, а также определенные различия в сетях домашних и РД.

полноразмерной СКС и обеспечивает его жителям основные виды сервиса «нормальной» локальной сети с учетом бытовой специфики отдельных ее пользователей. Абоненту этой сети предоставляется доступ к электронным доскам объявлений, информация о работе различных коммунальных служб и прохождении бытовых платежей, услуги Internet, возможность сетевых игр, печать на сетевом принтере с доставкой распечаток в почтовый ящик и т.д. Важным преимуществом предлагаемого решения является то, что, согласно заявлениям разработчиков, подключение отдельных пользователей выполняется по цене, не превосходящей цену обычного подключения к сети Internet при более высоком и разнообразном уровне предоставляемого сервиса.

Дополнительно сеть Freud может служить основой для построения системы считывания информации с квартирных счетчиков электроэнергии, воды, газа и т.д., так как многие современные модели этих устройств оснащаются интерфейсами на основе розеток модульных разъемов.

## 6.2. Принципы построения

### 6.2.1. Коммутационные узлы и центры

Основные принципы организации коммутационных узлов и центров «классической» СКС, как известно, определяются стандартом TIA/EIA-569, а сам объект представляет собой техническое помещение, в котором монтируется разнообразное оборудование кабельной системы и устанавливаются сетевые устройства различного назначения. Из-за сравнительно небольших размеров неофисных СКС выделение отдельного помещения под кроссовые и аппаратные практикуется сравнительно редко, и на практике в массовом масштабе используются «открытые» решения.

Кабельная система в коттедже или многокомнатной квартире из-за ее небольших по офисным меркам размеров строится по схеме «простой звезды», то есть реализует принцип централизованного администрирования. Главный пункт такой сети (аналог аппаратурной для «полноразмерной» СКС) располагается преимущественно в прихожей, цокольном этаже, кладовой или в подвале и выполняется в форме настенного монтажного конструктива той или иной разновидности. В случае необходимости его можно размещать в любом подходящем для этого месте. Аналогичные решения достаточно часто используются и в офисах небольших фирм, причем в подавляющем большинстве случаев применяется закрытый или полуоткрытый монтажный конструктив, который устанавливается в одном из дальних от входа углов помещения и, по возможности, в закрытом от посторонних лиц месте.

Пример СКС неофисного типа, в которой возникает необходимость выделения специального служебного помещения, – кабельная разводка упомянутой выше системы Freud. Это происходит из-за того, что к этой сети могут быть подключены несколько сотен абонентов. Центральный коммутационный узел Freud располагается рядом с центральной диспетчерской микрорайона. Он представляет собой классическую аппаратную, в которой, наряду с коммутационным оборудованием кабельной системы, находятся серверы поддержки различных служб, приемники системы кабельного телевидения, модемы для подключения к выделенной линии провайдера сети Internet, а также организованы рабочие места обслуживающего персонала. Местные коммутационные узлы размещаются в подсобных помещениях жилого корпуса и конструктивно выполнены в форме обычного 19-дюймового настенного шкафа с установленным в нем пассивным и активным сетевым оборудованием. Этажные коммутационные устройства, которые обслуживают группу квартир на

одной лестничной площадке, реализуются в виде блоков типа 66, которые монтируются на свободном месте этажных электрических щитков.

Кроме крупных жилищных комплексов специальные технические помещения выделяются в больших общественных помещениях и сооружениях неофисного назначения (больницы, гостиницы, культурные учреждения). Это обусловлено значительным количеством портов СКС, обслуживающих подобные здания (в средней гостинице число информационных розеток составляет несколько сотен и более), а также необходимостью взаимодействия с многочисленными внешними телекоммуникационными службами (эфирное и кабельное телевидение, радиовещание и т.д.).

### **6.2.2. Элементная база**

В настоящее время известны довольно многочисленные специализированные приборы и решения в области построения неофисных кабельных разводок. Они предлагаются в основном в форме функционально закрытых систем, продвигаются на рынке под самостоятельными торговыми марками (табл. 6.1) и ориентированы, главным образом, на применение в бытовом секторе. Не исключается возможность построения структурированных кабельных систем неофисного типа только на основе стандартной для «больших» СКС

*Таблица 6.1. Кабельные системы для малых офисов и неофисных применений*

Фирма	Наименование	Тип кабеля	Штатный монтажный конструктив	Активное оборудование
Brand-Rex, Бельгия	FlexiLAN	UTP cat 5	10 дюймов, кожух	—
Corning, США	Home Way	Гибридный S-UTP cat 5 + coax	Отсутствует, рекомендуется шкаф 1U высоты	—
Elgadphon, Израиль	Elgadphon SOHO	UTP cat 5, STP cat 5	10 дюймов, шкаф	—
Krone, Германия	MinilAN	S-UTP cat 5, STP cat 5	10 дюймов, шкаф	—
Legrand, Франция	VDI	UTP и STP cat 5	10 дюймов, шкаф	—
Network Systems «Зенит», Бельгия	Midi-LAN	UTP и STP cat 5	10 дюймов, шкаф	Концентратор Ethernet, система охранной сигнализации
NORDX/CDT, Канада	RUN (Residential Universal Network)	UTP cat 3, UTP cat 5, coax	10 дюймов, шкаф	Концентратор Ethernet
Ortronics, США	In House	UTP cat 5, coax	10 дюймов, шкаф	Концентратор Ethernet, гигабитный коммутатор, распределитель
Siemon, США	Home Cabling System	UTP cat 5, coax	17 дюймов, рама	—
Telesofe, Норвегия	WTP (Wideband Twisted Pair)	S/STP	1Р и 10 дюймов, шкаф	Телевизионный усилитель-распределитель
Айт, Россия	Айт-СКС-мини	UTP cat 5	10 дюймов, шкаф	—

элементной базы. Естественно, что в составе системы могут быть использованы также отдельные компоненты, разработанные специально для данной области применения, но не включенные в состав оборудования какой-либо конкретной СКС.

### 6.2.2.1. Кабельные изделия

Тип кабеля для организации разводки в СКС неофисного назначения определяется преимущественно той областью применения, на которую изначально ориентируется данное конкретное техническое решение. Так, в системах, предназначенных для развертывания сетей, обслуживающих SOHO, из-за значительно меньших по корпоративным меркам объемов передаваемой информации даже в современных условиях очень популярен кабель категории 3. В тех случаях, когда кабельная разводка предназначена для установки в жилом секторе, в настоящее время примерно равной популярностью пользуются два подхода. Первый из них основан на применении так называемого мультимедиального кабеля типа S/STP с многослойным общим экраном и характеристиками, настроекируемыми до частот, значительно превышающих рабочие частоты даже проекта категории 7 (например, верхняя частота нормировки параметров достаточно популярных в Западной Европе кабелей типа SOHO 860 MultiPurpose фирмы NEK/CDT и MegaLine 8 фирмы Kepro составляет 1 ГГц). Из-за значительной стоимости таких изделий для увеличения экономической эффективности реализуемого на их основе технического решения широко используется принцип Cable Sharing. Второй подход основан на использовании симметричного кабеля категории 3 для поддержки работы телефона и компьютерной сети, тогда как для передачи телевизионных сигналов предназначен коаксиальный кабель<sup>1</sup>. Таким образом, можно констатировать, что в обоих случаях для удовлетворения специфических потребностей неофисных приложений используются решения, выходящие за рамки действующих стандартов на СКС офисного типа. Необходимость именно их применения обусловлена стремлением найти более дешевую альтернативу волоконно-оптической элементной базе, стоимость которой на современном этапе развития техники не позволяет использовать ее в кабельных системах неофисного типа в массовых масштабах.

Необходимость в реализации магистральной части кабельной разводки в многопортовых системах неофисного назначения из-за ее типичных небольших размеров возникает на практике сравнительно редко. В случае появления такой потребности принцип ее реализации очень сильно зависит от места развертывания сети. Так, согласно концепции сети Freud, при ее реализации в жилом микрорайоне подсистема внешних магистралей строится преимущественно на волоконно-оптическом кабеле. В случае же установки сети в коттеджном поселке из-за необходимости передачи телефонных сигналов местной АТС и из соображений минимизации общей стоимости проекта эта подсистема в большинстве случаев реализуется на симметричном электрическом кабеле. При этом в качестве устройств для передачи цифровых информационных потоков используются обычные кабельные модемы. Подключение местных коммутационных узлов к этажным центрам (аналог подсистемы внутренних магистралей обычной СКС) производится многожарным кабелем с его разделкой на панелях типа 66. Разводка по квартирам осуществляется обычным четырехпарным горизонтальным кабелем.

### 6.2.2.2. Коммутационные устройства

Конструкции коммутационных устройств СКС неофисного типа в основном повторяют технические решения, применяемые при построении аналогичного оборудования «больших»

<sup>1</sup> Помимо вышеупомянутой марки столовых кабелей существует обширный ряд кабелей с различными характеристиками, включая кабели для промышленности.

СКС. Так, в частности, используются все типы панелей: с розетками модульных разъемов типов 66 и 110, причем первый из них занимает доминирующее положение. Не исключено применение плинтов для подключения телефонов и другой аппаратуры, не предъявляющей высоких требований к пропускной способности тракта. Примером может являться так называемый LSA Plus distribution block из системы V.D.I. фирмы Legrand.

Отметим также основные особенности в этой области, прямо вытекающие из специфики применения СКС неофисного типа. Первая из них заключается в более частом использовании отличных от перечисленных выше видов разъемов, в том числе запрещенных для применения в «классических» СКС действующими и перспективными редакциями стандартов. Так, в частности, в системе RUN фирмы NORDX/CDT в перечень штатных продуктов входят коаксиальные разъемы под телевизионный кабель RG6U (дополнительно на них реализуется разветвитель), а в системе PL, которая будет упоминаться ниже, функции элементов для подключения шнурков выполняют Г-адаптеры с розетками модульных разъемов. Вторая особенность состоит в том, что коммутационные панели часто конструируются на основе использования разборных блоков, причем в этих блоках, как и в панели телекоммуникационных розеток, устанавливаются одинаковые вставки с элементами соответствующих разъемов. И, наконец, с целью уменьшения ширины монтажного конструктива панели в некоторых случаях устанавливаются в вертикальном положении, что облегчает соблюдение заданного радиуса изгиба коммутационных шнурков.

Кроме коммутационных панелей в монтажных конструкциях центральных пунктов домашних сетей часто устанавливаются различные специализированные адаптеры, выполненные в форме панелей. Так, например, известно предложение адаптеров ISDN, а также реализация в виде панелей пассивных разветвителей телевизионных сигналов.

Небольшие размеры кабельной системы в секторе SOHO и соответственно малые габариты используемых при их реализации коммутационно-распределительных устройств определяют также значительно меньшую длину коммутационных шнурков. Так, например, в системе RUN минимальная длина стандартного шнура составляет всего 8,9 см, а в состав системы In House фирмы Ortronics входит шнур длиной 7,6 см (в большинстве офисных СКС значение этого параметра составляет не менее 60 см). Исходя из этого, в некоторых системах даже принята дюймовая мера указания длины шнурков вместо традиционной футовой или метровой.

В тех случаях, когда поддерживаемый кабельной системой тракт передачи телевизионных сигналов строится на коаксиальных кабелях, в перечень штатного оборудования СКС вводятся шнуры различной длины с коаксиальными разъемами.

### **6.2.2.3. Информационные розетки**

В жилом секторе кабельная проводка традиционно выполняется в основном по скрытой схеме. Поэтому в составе оборудования для построения домашних сетей обычно предлагается широкий выбор самых разнообразных лицевых панелей. Они предназначены для крепления на обычные монтажные коробки и снабжены стандартными гнездами для установки в них разъемов различных типов. При этом в перечень этих изделий, которые очень часто выполняются с унифицированным пластмассовым держателем, наряду с традиционными компонентами включаются нетипичные для СКС офисного назначения

розеточные модули типов RCA, F и некоторые другие, ориентированные, главным образом, на поддержку передачи телевизионных и радиовещательных каналов, а также сигналов звуковоспроизводящей аппаратуры. На практике встречается также применение специализированных телефонных розеток в соответствии с национальными стандартами. В том случае, если число постов на одном таком изделии превышает два, их иногда называют панелями мультимедиа. Другой разновидностью специализированных информационных розеток для установки в домашних сетях являются модульные многостоечные панели, обеспечивающие доступ к ресурсам нескольких приложений одновременно за счет наличия внутренних переключателей или разветвителей, позволяющих применять шлейфовые соединения.

Не исключено также создание специализированных панелей, которые ориентированы преимущественно на применение в бытовом секторе. В качестве примера такого устройства укажем панель типа MX-WP-SS компании Siemon. Данное изделие в зависимости от вида исполнения предназначено для установки обычной или keystone-розетки стандартного модульного разъема и отличается от аналогичных продуктов офисного назначения наличием двух пластмассовых выступов, используемых для навешивания на них телефонного аппарата при его эксплуатации в настенном варианте. При этом соединительный шнур одним своим концом подключается к гнезду на нижней поверхности корпуса аппарата и не виден за счет этого пользователю, что обеспечивает всему решению очень высокие эстетические показатели.

Наряду с обычной элементной базой для использования на рабочих местах в неофисных сетях имеется ряд оригинальных специализированных образцов *passивных компонентов*, разработанных именно для этой области применения и являющихся составной частью тракта передачи сигнала. В качестве иллюстрации данного положения отметим решения норвежской компании Telesafe, применяемые в составе кабельной системы WTP. В перечне компонентов этой системы имеется монтажный шнур типа 6610-759, с помощью которого в соответствии с принципом cable sharing выполняется распределение отдельных витых пар кабеля S/STP по трем отдельным розеточным модулям в общей панели. Для подключения к коаксиальному телевизионному разъему в шнуре предусматривается встроенный *балун*, а соединение с горизонтальным кабелем производится через высокочастотный мультимедиальный разъем CMG с форм-фактором стандартного модульного разъема. Еще большие удобства при монтаже дает применение четырехпостовой розеточной панели мультимедиа типа 6800-2010. Она также реализует принцип cable sharing, но на иной конструктивной схеме. В составе данного изделия имеется линейная гребенка контактов Krome. Распределение отдельных пар кабеля S/STP по розеточному модулю с разводкой Ethernet, телефонному и телевизионному разъемам производится по токоведущим дорожкам внутренней печатной платы. В составе изделия имеется также встроенный балун для перехода с витой пары на коаксиальный кабель, подключенный к несимметричному телевизионному разъему. Дополнительно рядом с телевизионной располагается розетка радиовещания, которая электрически отделена от нее ФНЧ и работает в случае передачи радиовещательного сигнала вместе с телевизионной по принципу частотного мультиплексирования. Использование такого решения обеспечивает возможность получения в трактах системы WTP параметров передачи сигналов, значительно превосходящих известные требования категории 7, несмотря на наличие трех дополнительных разъемных соединений.

Примером специализированных изделий оригинальной конструкции, которые не относятся к тракту передачи сигнала, являются входящие в состав системы In House коммутационные панели. Они отличаются вертикальным расположением розеток и имеют монтажную пластины достаточно сложной пространственной формы. Их применение позволяет, во-первых, увеличить радиус изгиба коммутационных шнурков и, во-вторых, получить защищенную от внешних воздействий внутреннюю полость для выполнения разводки кабелей на розетках в тесном пространстве монтажного конструктива.

#### **6.2.2.4. Декоративные короба**

Скрытый характер проводки, характерный для современных жилых помещений, делает малоактуальным использование для построения кабельной разводки декоративных коробов, которые отсутствуют в составе компонентов известных СКС бытового назначения. Тем не менее и в этой области имеются единичные образцы изделий, ориентированных именно на жилой сектор. Так, в частности, немецкой компанией Rehau предлагается декоративный короб, отдельная секция которого предназначена для подводящих труб центрального газового или водяного отопления.

В тех случаях, когда использование скрытой схемы проводки невозможно или нецелесообразно по тем или иным причинам, наряду с традиционными изделиями прямоугольного сечения часто применяются декоративные короба, выполненные в форме полового или потолочного плинтуса. От обычных коробов офисного назначения эта продукция отличается главным образом треугольным поперечным сечением. Информационные розетки из-за небольших габаритных размеров короба выполняются обычно по схеме с креплением вдоль профиля.

### **6.3. Монтажные конструктивы**

#### **6.3.1. Разновидности реализации**

Общим решением в рассматриваемой области является, во-первых, практически обязательное введение в состав компонентов специализированного монтажного конструктива и, во-вторых, почти новоместный отказ от 19-дюймового стандарта как избыточного по габаритам для данной области применения в пользу использования оборудования меньшего размера. Так, например, ширина стандартного шкафчика системы Ай-Ти-СКС-мини составляет 310 мм, ширина панели так называемого командного центра (Command Center) системы Home Cabling System фирмы Siemon равна 531 мм (17 дюймов) и т.д. Кроме того, из-за небольшого количества обслуживаемых портов в известных решениях применяются исключительно настенные варианты монтажного оборудования.

Из-за значительно более разнообразных условий монтажа, которые могут встретиться при построении кабельных систем в секторе SOHO, на практике наблюдается также заметно большее количество вариаций реализации монтажных конструктивов (рис. 6.1).

Закрытые и открытые конструктивы представляют собой уменьшенный аналог обычного 19-дюймового оборудования (шкаф и настенная рама соответственно). К полуоткрытым отнесем те из них, у которых часть системы выносится из шкафа или функционально аналогичного ему конструктива и устанавливается открыто рядом с ним. Здесь возможно

Рис. 6.1

Схемы реализации монтажных конструктивов для сектора SOHO



два основных варианта в зависимости от того, какой вид оборудования выносится: коммутационное или сетевое. И, наконец, комбинированное решение представляет собой монтажное основание, на которое после установки приборов навешивается защитный кожух.

В тех ситуациях, когда отказ от 19-дюймового конструктива невозможен или нецелесообразен по тем или иным причинам, могут использоваться технические решения, обеспечивающие минимизацию габаритов монтажных устройств и, в первую очередь, их глубины. Данная задача решается в традиционных конструкциях:

- изменением способа установки концентратора (плоскостью корпюса к стене с разворотом розеток модульных разъемов вбок или вверх);
- выносом его за пределы шкафа с установкой на полку (полузакрытая схема).

Имеется также значительное количество конструктивов нетрадиционной конструкции, более подробно рассмотренных в разделе 6.3.3.

## 6.3.2. Шкафчики

### 6.3.2.1. Конструктивные особенности

Наиболее распространенным монтажным элементом для построения СКС неофисного типа являются настенные шкафчики, реализующие на практике закрытую схему построения конструктива. В отличие от своих собратьев из «больших» СКС данные изделия имеют меньшую ширину. Наибольшей популярностью здесь пользуется половинный формат (10 дюймов или 19"/2) от стандартной ширины. Как и в области «больших» шкафов, наряду с производителями СКС они выпускаются фирмами, специализирующимися на изготовлении монтажного оборудования. Преимуществом подобного решения является также доступность широкого спектра аксессуаров (полки, организаторы, распределители силового электронитания и т.д.). При этом за счет маленьких габаритов и соответственно более экономного расхода металла в сочетании с меньшей толщиной стального листа (типичное значение порядка 1 мм) и пониженных требований к точности изготовления стоимость такого шкафчика оказывается на 60–80% меньше по сравнению с 19-дюймовым аналогичной высоты.

Из основных технических особенностей 10-дюймовых вариантов отметим:

- реализацию в подавляющем большинстве случаев по 2-секционной схеме;
- использование только одной пары монтажных рельсов с возможностью изменения глубины их установки;
- не исключается отказ от принципа монтажа на направляющих рельсах с помощью винтов и квадратных гаек в пользу другого решения.

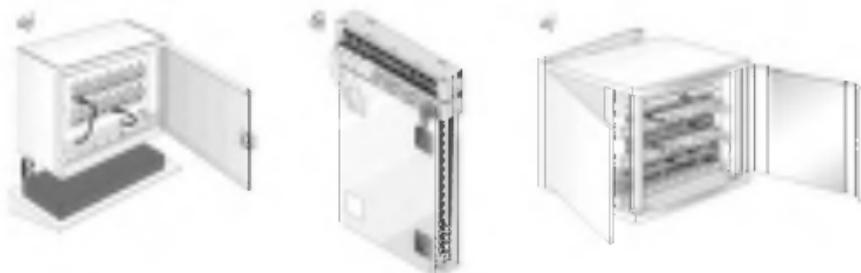


Рис. 6.2. Варианты реализации монтажных конструктивов: а) решение с выносной полкой; б) конструктив ящичного типа; в) 10-дюймовый шкафчик классической конструкции

Из-за небольшой мощности (не более нескольких десятков ватт) активного оборудования, устанавливаемого в таких шкафчиках, применение устройств принудительного охлаждения является избыточным. Для удаления тепла на боковых стенках шкафа возможно выполнение нескольких вентиляционных отверстий.

Шкафчики могут иметь различную высоту. На практике, как следует из данных табл. 6.2, наибольшей популярностью пользуются размеры 6 и 8 юнитов, что позволяет обслуживать 16–20 портов кабельной системы. При необходимости увеличения количества обслуживаемых портов два шкафчика могут устанавливаться друг над другом (система АйТи-СКС-мини) или рядом (система USN-32 фирмы Molex). Дальнейшее каскадирование представляется малоцелесообразным, так как решение переходит в класс стандартных СКС, и более выгодным в таких случаях является применение обычного 19-дюймового конструктива.

Кроме поддержки принципа каскадирования определенную популярность на практике получило решение, основанное на включении в состав системы монтажных конструктивов нескольких размеров по высоте (обычно трех). Это обеспечивает достаточно высокую гибкость согласования с потребностями конкретной реализации неофисной СКС. В частности, такого подхода придерживаются фирмы NORDX/CDT, Ortronics, Ackermann и некоторые другие.

Примером конструктива, в котором использован монтаж коммутационного оборудования не на рельсы крепления, является шкафчик Artnural из состава системы V.D.I. компании Legrand. В нем для установки коммутационных панелей и телефонных плинт применяны четыре вертикальные круглые стойки диаметром 12 мм. Из-за небольшой глубины (всего 137 мм) подобное решение в фирменной технической документации даже называется не шкафчиком, а щитком.

Требование упрощения и удешевления решения накладывает заметный отпечаток на техническую реализацию конструктивов, ориентированных на применение в неофисных СКС. Так, в частности, это требование является одной из причин достаточно широкого распространения комбинированных схем реализации конструктивов. Примером может служить шкафчик системы FlexiLAN фирмы Brand-Rex, не имеющей задней стенки, выполненный в виде кожуха с передней дверцей, который навешивается на монтажное основание для установки панелей. Классический вариант может изготавливаться без задней стенки. В тех случаях, когда в силу каких-либо причин требуется дополнительная защита внутреннего пространства, шкаф может комплектоваться стальной задней стенкой. Этот элемент входит в комплект поставки (АйТи-СКС-мини) или, в случае необходимости, заказывается отдельно и устанавливается на свое штатное

Таблица 6.2. Монтажные конструктивы и аксессуары для систем сектора SOHO

Фирма	Тип продукта	Монтажный конструктив	Модульная панель	Панель типа 110
Elgadphon, Израиль	Elgadphon SOHO	Шкаф 10 дюймов, 6U, 3 секции	UTP и STP, 8 портов, – 1,25U	–
АйТи, Россия	АйТи-СКС-мини	Шкаф 10 дюймов, 8U, 2 секции	STP, 10 портов, наборная, 1U	50 пар
Контур, Россия	–	Шкаф 10 дюймов, 6U, 2 секции	UTP, 8 портов, 1U	50 пар
Krone, Германия	MinilAN	Шкаф 10 дюймов, 8U, 2 секции	UTP и STP, 8 портов, – 1U	–
Rittal, Германия	–	Шкаф 10 дюймов, 6U, 2 секции	–	–
Molex, США	USN-32*	Шкаф 10 дюймов, 2 секции	UTP и STP, 16 портов, модульная, 2U	–
Legrand, Франция	V.D.I.	Шкаф 10 дюймов, 2 секции, без рельсов	UTP и STP, 20 портов, 2U	–
Brand-Rex, Великобритания	FlexiLAN	Кожух 10 дюймов	–	–
Network Systems & Services, Великобритания	Midi-LAN	Шкаф 10 дюймов	8 портов, UTP и STP, наборная, 1U	–

Фирма	Организатор шнурков	Полка	Панель электропитания	Дополнительное оборудование
Elgadphon, Израиль	Панельный, 0,75U, 0,75U	0,75U, глубина 159 мм	–	–
АйТи, Россия	Кольцевой, 3	1U, глубина 170 мм	2 розетки, заземление	Шнурсы 0,4 м
Контур, Россия	Кольцевой, 4	1U, глубина 170 мм	3 розетки, выключатель	–
Krone, Германия	Кольцевой	1U	–	Шнурсы 0,3 и 0,5 м, заглушка
Rittal, Германия	–	–	–	–
Molex, США	–	1U, глубина 161 мм	–	–
Legrand, Франция	–	–	–	Шнурсы 0,6 м, телефонные плинты

Brand-Rex, Великобритания	Кольцевой, 3 кольца	1U, глубина 100 мм	–	Телефонные и ISDN панели, заглушки 1 и 2U
---------------------------	---------------------	--------------------	---	---

\* USN – Uniwersalna szafka nascienna, универсальный настенный шкафчик.

место перед монтажом (решение чешской компании Zerak). Шкафчик производства фирмы АйТи из состава АйТи-СКС-мини выполнен по схеме «перевертыша», то есть он имеет абсолютно симметричную конструкцию, и для изменения направления открывания дверцы этот шкафчик в процессе монтажа просто переворачивается на 180°.

Крепление штатных элементов в шкафчиках производится различными способами. Наибольшее распространение получили винты и квадратные гайки, унифицированные с 19-дюймовым монтажным оборудованием. Могут использоваться также обратная цанга (Molex) или винты типа саморезов (NTT).

Отметим также, что в системах рассматриваемого вида из-за понятных особенностей мест развертывания очень часто менее остро стоит проблема защиты смонтированного оборудования от доступа посторонних лиц. В силу этого для монтажа оборудования в них часто применяются открытые настенные рамы (Home Cabling System фирмы Siemon) или легкие шкафчики без запирающейся на замок повышенной секретности передней дверцы (система RUN компании NODRX/CDT). Не исключен даже вариант применения патентованного замка повышенной секретности (система USN-32 фирмы Molex). Необходимость использования запирающихся на замок закрытых конструктивов возникает, главным образом, при установке оборудования в коридорах или при организации небольших офисов.

### **6.3.2.2. Аксессуары**

Шкафчики для реализации СКС в секторе SOHO комплектуются достаточно развитым набором аксессуаров, в который входят коммутационные панели различных видов, организаторы коммутационных шнурков, полки и распределители силового электропитания.

Реализация коммутационных панелей с розетками модульных разъемов осуществляется по двум различным схемам. Первая из них представляет собой фиксированное, с точки зрения отдельного порта, решение и встречается на практике достаточно редко. По классической фиксированной схеме реализована коммутационная панель фирмы Elgadphon. Еще одним примером продукции этой разновидности являются так называемые модульные вставки емкостью 6–8 портов системы RUN компании NORDX/CDT. Кроме чисто коммутационных панелей в виде модульной вставки выполняются также различные адаптеры, распределители и другие аналогичные изделия.

Гораздо большую популярность получила нефиксированная схема формирования коммутационной панели, которая, во-первых, позволяет очень гибко согласовывать емкость системы с фактическими потребностями пользователя и, во-вторых, применять во всей системе единый тип розеточного модуля. При этом, в зависимости от принятого в СКС принципа построения, может использоваться как модульная (фирма Molex, вставки типа Euromod), так и наборная (АйТи-СКС-мини) конструкция.

Коммутационные панели с модульными разъемами снабжаются обычными и экранированными розетками. Плотность компоновки составляет от 8 до 10 портов на одну панель высотой 1U; наиболее популярно 8-портовое решение. Наряду с 8-контактными универсальными розетками не исключена возможность применения панелей с 6-контактными розетками для обслуживания телефонов (система V.D.I. компании Legrand).

Панели с разъемами типа 110 предназначены в первую очередь для обслуживания телефонных приложений. В составе штатных аксессуаров общезвестные решения для сектора SOHO присутствуют только в продуктах российского производства (АйТи и Контур). Отметим также, что из-за значительных габаритов вилки разъема 110 компания АйТи рекомендует пользоваться для коммутации монтажными шнурами с вилками модульных разъемов. Неоконцованный конец шнура разделяется на контактном блоке разъема типа 110.

Полки выполняются в варианте с краевым двухточечным креплением, имеют высоту 1U и предназначены для установки на них малопортовых концентраторов, маршрутизаторов и другого аналогичного оборудования производства фирм D-Link, 3Com, Allied Telesyn

и Cisco, ширина рабочей поверхности которых составляет примерно 17 см. На ней иногда выполняются отверстия для крепежных винтов дополнительной фиксации. Для увеличения удобства эксплуатации в некоторых случаях полка снабжается отгибом заднего конца рабочей поверхности вверх.

Панели электропитания реализуются по горизонтальной схеме с передним расположением розеток, имеют в известных конструкциях два розеточных модуля и снабжаются клавишным выключателем.

Организаторы кроссовых шнуров известны в вариантах щелевого и кольцевого типа, в последнем случае выполняются с тремя или четырьмя кольцами и устанавливаются обычным образом под коммутационными панелями.

### **6.3.3. Другие виды конструктивов**

Кроме шкафчиков и настенных рам на практике находят применение также и другие виды конструктивов. Так, например, в системе In House применяется так называемый compact cabinet. Это изделие представляет собой стальной корпус габаритами  $30,5 \times 36,8 \times 10,2$  см со съемной крышкой, который монтируется на стене и предназначен в первую очередь для установки оборудования, обслуживающего телевизионные и радиовещательные устройства в ближайших комнатах.

Основным элементом монтажного конструктива чешской кабельной системы SOLARIX SOHO является плоская монтажная панель (варианты на 12, 18, 24, 36 и 34 порта) с розетками модульных разъемов. Кроме информационных розеток на панели в центральной ее части предусмотрен организатор щелевого типа и розетка электропитания. В правой нижней части конструктива выделено место для крепления в вертикальном положении малопортового концентратора ЛВС. В случае возникновения потребностей в защите оборудования от несанкционированного доступа панель может устанавливаться в шкаф без монтажных направляющих с засирающейся на замок дверцей.

Еще одним представителем нетрадиционного направления развития монтажных конструктивов являются настенные коробки французской фирмы ABCplus. Этот элемент реализует полуоткрытую схему построения и объединяет в себе функции несущей рамы и организатора кроссовых шнуров. При этом розетки модульных разъемов принципиально располагаются вне открытой части коробки, а концентратор – на плоской стороне к стене и разъемами своих портов вбок. Избыток длины коммутационных шнуров размещается внутри коробки, между внешней стенкой и верхней крышкой концентратора. Для их выхода наружу на передней стенке предусматривается достаточно большой квадратный вырез. Несложно убедиться в том, что платой за компактность решения является некоторое неудобство подключения оконечного шнура к концентратору, особенно при значительном количестве уже активных портов.

## **6.4. Особенности реализации**

### **6.4.1. Кабельная разводка**

СКС в жилом секторе (как в отдельной квартире, так и в целом комплексе) обычно реализуется по индивидуальному проекту на этапе строительства или капитального ремонта помещения, а ее установка в большинстве случаев осуществляется специализированной

монтажной организацией. Поэтому здесь остановимся только на тех особенностях, которые часто встречаются на практике при установке СКС в офисе небольшой фирмы. В этой области большую популярность получили модульные решения, для которых характерны две основные разновидности: наличие комплектов для установки кабельной системы и наборы претерминированных деталей. Их использование позволяет быстро развернуть небольшую СКС силами самих пользователей или специалистов отдела автоматизации. Достоинством решения первого вида (общие сведения о нем приведены в разделе 3.5.1) является меньшая стоимость исходных компонентов. Однако практическая реализация кабельной разводки на их основе требует определенной квалификации и навыков пользователей как монтажников СКС.

Преимуществом решения второго типа является предельная простота практической реализации (вся работа сводится к трем основным операциям: установка розеток и панели, прокладка претерминированных кабелей и их подключение). Кроме того, при его использовании значительно снижается опасность ошибок монтажа и отпадает необходимость чтения руководств пользователя, просмотра обучающих видеофильмов или компакт-дисков, а также тестиования собранной системы.

Изготовители оборудования на основе претерминированных изделий могут сознательно идти на нарушение положений стандартов в области допустимого количества соединителей в тракте (в том числе разъемных). В качестве примера отметим систему PYPLine фирмы AMP. Она основана на использовании оригинальных многопарных шнуров с короткими отводами от многопарного разъема. На кабеле отвода устанавливается вилка модульного разъема, которая подключается к розетке, а многопарные разъемы применяются для наращивания длины кабеля и его подвода к следующей розетке. Увеличение допустимого количества соединителей в тракте логически обосновывается, во-первых, малой вероятностью наличия в секторе SOHO кабельных линий протяженностью выше 30–40 м, во-вторых, применением в этой области приложений со скоростями передачи информации свыше 10–16 Мбит/с.

Отличительной особенностью системы PL тайваньской компании Hsing Chau Industrial Co. является полное отсутствие в ней горизонтального кабеля, так как вся проводка собирается исключительно на соединительных шнурах. Гарантией получения характеристик категории 5 по параметру NEXT является минимизация количества разъемных соединителей в тракте передачи сигналов (в системе отсутствуют коммутационные шнуры и применяются только оконечные). Соединение коммутационной панели и телекоммуникационной разетки на рабочем месте оба элемента реализованы на основе I-адаптеров) осуществляется шнурами с однопроволочными (монолитными) проводниками (фактически претерминированный кабель), которые выполняют функции горизонтального кабеля. Такой подход необходим для снижения затухания.

Особенности места установки и видов передаваемой информации в некоторых случаях приводят разработчиков даже к отказу от соблюдений определенных положений нормативно-технических документов, стандартизирующих не только тип кабеля, число разъемов и т.д., но и затрагивающих сами принципы построения горизонтальной подсистемы СКС. Так, например, для компенсации высокого затухания и устранения сильных амплитудно-частотных искажений широкополосных многоканальных телевизионных сигналов, возникающих в стандартных кабелях S/STP в верхней части частотного диапазона (свыше 500 МГц), в кабельной системе WTP применяется дополнительный корректирующий усилитель. Данное устройство используется для тракта протяженностью свыше 60–75 м (длина зависит от типа применяемого кабеля и варианта основного усилителя-распределителя

в техническом помещении) и позволяет наряду с ветвлением тракта передачи увеличивать его до 90 м. Усилитель вместе с панелями монтируется в 10-дюймовом шкафчике, все необходимые подключения осуществляются коммутационными шнурами. И если данное решение можно рассматривать как своеобразный аналог точки перехода или консолидационной точки «классической» СКС, то применение в нем активного оборудования и возможность выполнения операций администрирования выходит за пределы действующих стандартов.

### 6.4.2. Монтаж активного оборудования

Отличительной особенностью СКС неофисного назначения является более частое по сравнению с «большими» системами использование в них специализированного активного оборудования, входящего в состав кабельной системы на правах штатных приборов. Под этим в том числе понимается и оборудование производства третьих фирм, имеющее идентификационный номер производителя СКС и его гарантию того или иного вида. Предлагаемые приборы обеспечивают функционирование ЛВС, распределение по отдельным розеткам различных видов сигналов телевидения, а также прием проводного и эфирного радиовещания (см. табл. 6.3).

Варианты установки устройств ЛВС в монтажном конструктиве показаны на рис. 6.3.

Таблица 6.3. Активное сетевое оборудование, производимое различными фирмами

Фирма	Тип СКС	Волоконно-оптические приборы ЛВС Инсталляционные	Оборудование неинсталляционные	Телевизионные радио-связи	ЛВС	Системы мониторинга
AESP, США	SignalMax				+	
Alcatel, Франция	Alcatel Cabling Systems	+	+		+	+
AMP, США	NetConnect	+		+		+
Datwyler, Германия	UNILan			+		
INFRA+, Франция	IBCS	+		+		
Siemens Technologies, США	SYSTIMAX			+		
Network Systems & Services, Великобритания	Midi-LAN	+		+		+
Ortronics, США	GigaMo, GigaMo+	+			+	
RiT Technologies, Швеция	Smart	+			+	+
Telesafe, Норвегия	WTP			+		



Рис. 6.3. Варианты установки устройств ЛВС в монтажном конструктиве

ние ЛВС конкретного производителя, могут быть предусмотрены штатные элементы его крепления. Так, в частности, в полке системы Elgadphon SOHO выполнены отверстия для крепежных винтов микроконцентраторов фирмы Allied Telesis. Кроме полки общего назначения возможно использование держателя, предназначенного для конкретного типа сетевого устройства. Примером является тип 195402-0016 системы Midi-LAN фирмы Network Systems & Services, рассчитанный на маршрутизатор фирмы Bay.

Достаточно широкое распространение получило решение, основанное на установке концентратора в вертикальном положении. Его основным преимуществом является выигрыш по массогабаритным показателям конструктуза за счет уменьшения его глубины с соответствующим снижением стоимости. Установка производится с помощью специальных захватов непосредственно или на монтажном основании, выполняющем функции адаптера. В последнем случае крепление осуществляется на линкой ленте или даже на магнитном фиксаторе.

Концентратор, смонтированный на своем штатном месте в вертикальном положении, чаще всего разворачивается розетками модульных разъемов вбок или вверх. Последний вариант, несмотря на его повсеместное распространение, представляется менее предпочтительным из-за опасности попадания в розетки посторонних предметов и икры. Он допустим только в закрытых конструкциях типа шкафов. Примером решения, основанного на боковой установке концентратора в рабочем положении, являются шкафы серии KISS немецкой компании CNZ Neubauer. Для большего удобства в обслуживании рама этого шкафа имеет Г-образную форму (одна из плоскостей используется для монтажа концентратора, а вторая – для установки панели в вертикальном положении) и может поворачиваться.

Как уже было отмечено выше, потребность в организации оптических трактов передачи в СКС с небольшим количеством портов возникает достаточно редко. Одно из немногих

концентраторы и другие устройства ЛВС, ориентированные на применение в домашних сетях, из-за ограниченного количества подключаемых к сети приборов обычно имеют небольшое число портов. Поэтому они достаточно часто монтируются в специальных переходных панелях, позволяющих выполнить их установку в монтажном конструктиве (например, так называемые 5 и 8 портовые LAN-модули системы RUN с концентраторами Ethernet системы 10Base-T).

В тех ситуациях, когда локальная сеть на базе СКС реализуется с помощью концентратора, который не входит в комплект поставки оборудования кабельной системы, он обычно устанавливается на полке. Она может находиться в шкафчике (решение компании Molex) или же устанавливаться под ним (шкафчик системы Адмирал компании Legrand). Как правило, на практике встречается свободная установка концентратора. В тех ситуациях, когда производитель ориентируется на сетевое оборудование

исключений – подсоединение к основной сети небольшой выделенной рабочей группы. Данная задача обычно решается с помощью настенной муфты. Однако такой вариант неудобен с эксплуатационной точки зрения, так как требует применения длинного открытого висящего соединительного шнура.

Использование классических решений, подразумевающих наличие панелей с розетками оптических разъемов на передней панели с коммутацией шнурами, в данном случае может быть признано малоперспективным из-за небольших габаритов конструктива и сложностей соблюдения заданного радиуса изгиба шнура. Выход был найден в применении полки для установки преобразователя среды, в оптический порт которого непосредственно включаются вилки разъемов линейного кабеля. При этом схема подключения электрического порта преобразователя зависит от его конструкции. Если розетки оптического и электрического портов располагаются на одной стенке корпуса преобразователя, то используется промежуточный монтажный шнур.

Если розетки располагаются на противоположных поверхностях корпуса (рис. 6.4а), то преобразователь монтируется розеткой электрического разъема вперед в плоскости панели полки.

Недостаток подхода, продемонстрированного на рис. 6.4б, – отсутствие организатора световодов и сплайсов. Тем не менее считается, что применение кабелей внешней прокладки, где наличие этого элемента практически обязательно, в данном случае маловероятно, и можно использовать более простую конструкцию.



Рис. 6.4. Конструктив для монтажа преобразователя среды в 10-дюймовом шкафчике

Еще одним решением задачи создания оптического канала связи в «малых» СКС является предложение компании Molex, основанное на установке сплайн-пластины на задней стенке шкафчика USN-32.

## 6.5. Выводы

Применение структурированной кабельной разводки в общественных зданиях неофисного типа, малых офисах и в жилом секторе обеспечивает функционирование основных современных телекоммуникационных служб, а также новых перспективных систем связи. К тому же в сочетании с гибкостью управления и легкостью адаптации под конкретные потребности кабельная разводка дает другие аналогичные преимущества.

Оборудование для построения СКС неофисного типа изготавливается широким кругом производителей, а его выпуск – самостоятельное направление техники построения слаботочных кабельных разводок.

Известные системы реализуются с использованием основных принципов построения полномасштабных «классических» СКС. Вместе с тем, особенности в области применения и малое количество портов накладывают заметный отпечаток на используемые подходы и решения. В числе наиболее часто встречающихся отличий отметим допустимость применения коаксиального кабеля и отказ от жесткого соблюдения некоторых положений стандартов TIA/EIA-568-A и ISO/IEC 11801 в области правил построения горизонтальной разводки.

Наибольшие отличия «малых» СКС от «больших» наблюдаются в области монтажного оборудования, высокие эстетические показатели достигаются за счет отказа от стандартных 19-дюймовых шкафов и рам в пользу конструктивов уменьшенного размера и оригинальной конструкции с сохранением привычного монтажникам и пользователям набора аксессуаров.

# **ГЛАВА VII**

## **СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЕ АКТИВНОЕ СЕТЕВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ТЕХНИКЕ СКС**

---

Создание структурированной кабельной разводки в здании или даже груше зданий давно превратилось в самостоятельное направление бизнеса. И тем не менее использование СКС для основной массы предприятий, работающих на рынке информационных технологий, часто является первым этапом в построении информационной инфраструктуры предприятия Заказчика. В такой ситуации за процессом монтажа кабельной системы в рамках реализации конкретного проекта немедленно начинается поставка и установка значительных объемов самого разнообразного оборудования. Ранее функции выбора оборудования, на основе которого строятся более высокие уровни информационно-вычислительной системы, а также его адаптация к условиям конкретного проекта были прерогативой системных интеграторов. В последнее время к поставке активных сетевых приборов чаще начинают подключаться компании, специализирующиеся в области производства как отдельных компонентов СКС, так и системы целиком. Их интерес к данному направлению деятельности обусловлен не только увеличением объемов продаж за счет расширения спектра предлагаемого оборудования, но и таким немаловажным фактором, как предоставление своим клиентам и партнерам более полного решения из одних рук и связанным с этим рыночным преимуществом над конкурентами.

В целом правила и принципы построения СКС как технического объекта достаточно скрупулезно описаны в ряде хорошо известных действующих и перспективных американских и международных стандартов. Как сложная техническая система, нередко насчитывающая в своем составе десятки тысяч отдельных элементов, СКС имеет четко установленный состав компонентов – интерфейсы и структуру, среди которых принципиально отсутствует активное оборудование и источник питания. Различные производители СКС и оборудования для их создания по-разному подходят к проблеме введения в состав своей системы как рыночного продукта активных сетевых устройств, нестандартных с точки зрения действующих в этой области общепринятых нормативно-технических документов. Значительная часть таких производителей строго следуют «букве закона» и вообще не упоминают какие-нибудь конкретные активные сетевые устройства в своих каталогах. Другие компании, основываясь на перечисленных выше преимуществах, в большем или меньшем объеме вводят в состав своих СКС самые разнообразные активные приборы (табл. 6.3), иногда выделяемые в отдельную подсистему с присвоением им собственной торговой марки. В число этих производителей входят такие гранды рынка СКС, как Lucent Technologies (система радиосвязи WaveLAN), Ortronics (система волоконно-оптических преобразователей среди TRANSOPTIX), Alcatel (волоконно-оптические устройства нижнего уровня серии FIBERCON) и некоторые другие.

Перечень дополнительного оборудования, предлагаемого потребителю производителем СКС, на практике отличается очень большим разнообразием, которое появляется из-за универсальности трактов современных кабельных систем. В этой области известно предложение с включением в официальный каталог устройств радиосвязи, передачи телевизионных программ и программ вещания, сигналов различных датчиков пожарно-охранной сигнализации, разнообразных приборов ЛВС и т.д. (табл. 6.3). Само собой разумеется, что в данной ситуации наиболее целесообразным оказывается применение оборудования нижнего уровня. Во-первых, оно непосредственно потребляет ресурсы СКС и является для пользователей и монтажников «логическим продолжением» кабельной системы. Во-вторых, от этих приборов в силу специфики их области применения не требуется получение достаточно высоких и тем более рекордных параметров, а типовой характер и большой объем производства устанавливаемой в них схемах элементной базы позволяет минимизировать стоимость готового продукта с довольно большой эффективностью.

## **7.1. Сетевые устройства ЛВС с волоконно-оптическим интерфейсом**

Последние несколько лет практики построения СКС ознаменовались быстрым ростом объемов применения волоконно-оптических решений на всех уровнях реализации самых разнообразных проектов. Объективными предпосылками такого положения дел являются такие известные преимущества техники оптической связи, как высокая пропускная способность тракта передачи сигнала, большая дальность действия, обеспечение гальванической развязки источника и получателя сообщения, нечувствительность к электромагнитным помехам и т.д. Не последнюю роль играет также значительное снижение стоимости волоконно-оптической элементной базы и внедрение в широкую практику методов монтажа, не требующих применения дорогостоящего оборудования, и доступность построения системы монтажникам средней квалификации. С учетом всех перечисленных обстоятельств волоконно-оптические линии связи практически всегда применяются при организации магистральных подсистем, а в некоторых случаях их использование оказывается экономически выгодным даже при создании горизонтального участка кабельной системы. При этом высокая пропускная способность оптических трактов приводит к тому, что на практике в большинстве случаев они используются для обеспечения функционирования ЛВС, современная аппаратура которой отличается от других видов сетевого оборудования очень высокой требовательностью именно к этому параметру.

В настоящее время известны четыре основных подхода к построению конечного участка кабельной разводки на базе волоконной оптики, в соответствии с которыми оптический кабель доводится прямо до рабочих мест пользователей или же заканчивается где-нибудь вблизи от их рабочих столов. Это может быть обычная горизонтальная подсистема СКС, имеющая централизованную оптическую архитектуру, соответствующую TSB-72 (см. раздел 1.4.2) с концепцией fiber to the desk (FTTD) и fiber to the office (FTTO), достаточно часто называемой также fiber to the room (рис. 7.1). Из-за близости основных идей, заложенных в построения перечисленных структур, конкретные технические решения по принципу их реализации оказываются достаточно близкими друг к другу. Наиболее существенная разница между ними заключается в основном в том, что горизонтальная подсистема

и централизованная оптическая архитектура СКС имеют четкие и достаточно жестко заданные количественные ограничения на основные параметры тракта, определяемые известными национальными и международными стандартами СКС без привязки к какому-либо сетевому интерфейсу. Концепции FTTD и FTTO являются, скорее, принципами построения ЛВС с опорой на соответствующие стандарты волоконно-оптических интерфейсов сетевой аппаратуры и не описаны в каких-либо известных авторам нормативно-технических документах. Сразу же отметим, что независимо от исходных предпосылок все рассматриваемое далее оборудование может использовать тракты СКС для передачи информации, так как их параметры, задаваемые стандартами СКС и ЛВС, оказываются достаточно близкими, а существующие отличия не носят принципиального характера.



Рис. 7.7. Варианты генерации и построения волоконно-оптических трактов на нижнем уровне кабельной разводки информационной инфраструктуры предприятия

## 7.1.1. Оборудование инсталляционного типа

### 7.1.1.1. Общие принципы построения инсталляционных устройств

Инсталляционные устройства позволяют реализовать на практике принципы FTTO. Характерными отличительными чертами данной разновидности сетевого оборудования являются:

- установка непосредственно в офисном помещении с обязательным использованием декоративных коробов или других функционально аналогичных монтажных элементов;
- ориентация в использовании на нижнем уровне ЛВС и обязательное наличие пользовательского интерфейса на основе стандартного для сетевого оборудования гнезда (в подавляющем большинстве случаев модульного разъема, значительно реже – разъема AUI) для подключения рабочей станции и других аналогичных устройств (принтеров, сканеров и т.д.), то есть устройств, не предъявляющих в общем случае высоких требований к потребляемому объему сетевых ресурсов;
- предоставлениециальному пользователю или их небольшой группе канала связи того или иного сетевого стандарта с максимальной скоростью передачи информации в пределах 10–100 Мбит/с, причем чаще используемого в режиме разделения его пропускной способности;
- применение многочисленных схемных и конструктивных решений, являющихся в некоторых случаях уникальными для активного сетевого оборудования ЛВС и позволяющими в максимально полной степени адаптировать эти приборы к специфическим условиям их установки и функционирования.

Устройства рассматриваемого класса перестали считаться чем-то экзотическим на рынке сетевого оборудования еще в середине 90-х годов. В настоящее время налажено их

серийное производство достаточно большим количеством компаний и они получили заметную популярность на рынке немецоязычных стран [122]. В основном они ориентированы на работу в составе сети Ethernet. Решения для сетей Fast Ethernet появились позднее и распространены пока достаточно мало, однако их доля в связи с увеличением популярности этого сетевого стандарта во всех отраслях народного хозяйства быстро растет. Перечень типов предлагаемых устройств Ethernet обеих разновидностей в основном совпадает с номенклатурой обычных сетевых приборов нижнего уровня. Он включает в себя трансиверы, репитеры, преобразователи среды и мини- или микроконцентраторы различных видов, причем наибольшую популярность получил именно последний вариант оборудования (табл. 7.1). Устройства для поддержки функционирования других приложений представлены концентраторами Token Ring с опцией автоматического выбора скорости передачи 4–16 Мбит/с. Данная разновидность оборудования распространена заметно меньше, что соответствует объему производства приборов этих сетевых стандартов в мировой практике. В самом конце 90-х годов в иностранной технической периодике появилась информация о завершении некоторыми фирмами разработки концентраторов ATM, однако какие-либо упоминания о появлении их в широкой коммерческой продаже к моменту сдачи данной работы в печать не были известны. Так, в частности, в официальном каталоге фирмы Telegartner на 2000 год для концентратора ATM не приводится никаких технических данных, само устройство не имеет номера для заказа, а детали его поставки предлагаются обсуждать каждый раз отдельно по специальному запросу.

Сразу же отметим, что существует ограниченный перечень инсталляционных устройств с реализацией up-link-модулей на основе UTP-порта. Их область применения не выходит за

**Таблица 7.1. Номенклатура инсталляционных приборов с волоконно-оптическим интерфейсом различных производителей**

Фирма-производитель*	Преобразователь среды Ethernet	Преобразователь среды Ethernet	Трансивер	Концентратор	Концентратор	МикроКоммутатор	Концентратор	Тип разъема оптического порта
	Ethernet	Ethernet	Ethernet	Ethernet	Ethernet	Ethernet	Token Ring	
Ackermann, Германия				+				ST
Alcatel, Франция				+	+		+	ST, SC, MT-RJ, VF-45
Dafur, Германия				+	+		+	ST, SC, MT-RJ
Fiber Craft, Германия	+			+	+	+		E-2000
Mitsubshi, Япония			+	+	+	+	+	ST, SC
Telegartner, Германия				+	+		+	ST, SC
UBF, Германия				+			+	ST

\* Под производством в данном случае понимается выпуск инсталляционных устройств на собственных производственных мощностях или распространение оборудования, изготовленного другими фирмами, но правах OEM-продукта.

пределы наращивания количества предоставляемых портов ЛВС при ограниченном числе линий, а также необходимости каскадирования нескольких приборов, в первую очередь, микроконцентраторов. Это обстоятельство в совокупности с ограниченной дальностью действия определяет их меньшее распространение.

Серийным изготовлением устройств инсталляционного типа занимаются как производители СКС (главным образом европейские фирмы, в перечне которых присутствуют Alcatel, Telegartner, Ackermann), так и независимые компании. В дальнейшем не будем делать различий между этими производителями, так как инсталляционные приборы работают главным образом по оптическим трактам кабельной разводки здания, которая строится в основном в виде СКС. Кроме того, сложившаяся практика показывает большую популярность включения инсталляционного оборудования в состав СКС на правах OEM-приборов.

От своих настольных или 19-дюймовых аналогов общего назначения инсталляционные приборы отличаются рядом конструктивных особенностей. Как правило, эти отличия в минимальной степени затрагивают их функциональные характеристики как компонентов локальной сети, однако позволяют с максимальной полнотой адаптировать эти устройства к условиям монтажа и эксплуатации, достаточно специфических с точки зрения практики использования сетевого оборудования. Их установка на штатное рабочее место выполняется по тем же принципам, что и монтаж обычной внутренней информационной или силовой розетки СКС. При этом применяется крепление на боковые стенки или днище короба, а также функционально аналогичного ему элемента (декоративной колонны, подпольной коробки и т.д.) непосредственно или через адаптер. Время монтажа и запуска в эксплуатацию согласно рекомендациям фирм не превышает 5–10 минут, причем фактически оно расходуется только на установку прибора на штатное рабочее место, подключение кабеля блока питания, подсоединение оптического кабеля и других соединительных шурупов.

Одним из первостепенных требований, предъявляемых к оборудованию, непосредственно устанавливаемому в офисном помещении, является высокий уровень эстетических характеристик. Для реализации данного условия дизайн внешних декоративных элементов инсталляционных приборов обычно выполняется с учетом фирменного стиля какого-либо конкретного изготовителя монтажных компонентов СКС (коробов, колонн различных видов и подпольных коробок). Часто пользователю предоставляется возможность выбора среди нескольких вариантов такого дизайна. При этом базовый модуль прибора имеет однаковое исполнение для всех типов и адаптируется под конкретный фирменный стиль применением съемных пластиковых декоративных крышек, насладок и других аналогичных элементов различных цветов. Декоративные элементы могут крепиться как с помощью винтов, так и на защелках. Плоская головка крепежного винта часто закрывается шильдиком и защитной крышкой маркирующей надписи.

Корпус любого инсталляционного устройства конструируется таким образом, чтобы в минимальной степени отличаться от обычных розеток СКС. Иногда производитель инсталляционных приборов изготавливает их в двух основных вариантах: для установки в декоративные короба и подпольные коробки одного или нескольких конкретных производителей такого оборудования. Считается, что проигрыш за счет увеличения номенклатуры выпускаемых устройств в последнем случае полностью компенсируется возможностью монтажа без использования дополнительного адаптера.

Инсталляционные приборы в подавляющем большинстве случаев предоставляют обслуживающему персоналу и самому пользователю нормальный сервис сетевых устройств. Естественно, он в полной мере обеспечивается поддержкой наиболее сложными многопортовыми представителями группы инсталляционных приборов (концентраторами и коммутаторами).

В частности, эти устройства в более или менее полном объеме реализуют следующие функции:

- поддержку режима автоматического отключения электрического порта от внутренней шины в случае обнаружения его неисправности;
- обеспечение управления по протоколу SNMP с использованием графического интерфейса;
- изменения внутренней настройки за счет ввода соответствующих констант в ПЗУ через COM-порт;
- наличие микровыключателя для выполнения аппаратного сброса схемы.

Концентратор, как, впрочем, и любой другой инсталляционный прибор, снабжается более или менее развитым набором цветных индикаторных светодиодов (Receive, Transmit, Collision, Power и др.), который позволяет с высокой точностью определять текущее состояние как отдельных портов самого устройства, так и сетевого сегмента в целом. Для увеличения объема предоставляемой информации и эффективности ее восприятия светодиоды могут работать в непрерывном и импульсном режимах. Их головки в большинстве случаев выносятся на декоративную крышку устройства, а в случае парной группировки розеток микроконцентратора с фиксированной конфигурацией они могут располагаться между группами розеток модульных разъемов (рис. 7.2).



Рис. 7.2. Четырехпортовые микроконцентраторы для установки в декоративных коробах: слева – горизонтальный вариант, справа – вертикальный

### 7.1.1.2. Особенности реализации оптических портов

Розетки разъема оптического порта любого инсталляционного прибора расположены принципиально в нижней части его корпуса и недоступны для пользователя в режиме нормальной эксплуатации, что является одним из основных отличительных признаков этой разновидности оборудования. На основании изложенных ниже причин из двух основных вариантов конструктивного исполнения этого порта, который может быть в виде встроенного фиксированного или сменного модуля, заметно большей популярностью пользуется второй подход. Вообще, практика реализации up-link-порта в виде навесного или вставного бескорпусного модуля, то есть сменного устройства, достаточно широко распространена в процессе конструирования сетевого оборудования. Наиболее существенные отличия в рассматриваемой области состоят в том, что up-link-модуль инсталляционного прибора:

- в подавляющем большинстве случаев имеет только волоконно-оптический интерфейс (известны единичные образцы модулей с UTP-портом, а широко распространенные в сетевой технике BNC, тем более AUI и МП-порты, в данной аппаратуре не применяются вообще);
- выполнен не в форме бескорпусного slide-in устройства, а имеет нормальный, полностью закрытый корпус, характерный для навесного микротрансивера.

В рабочем положении модуль плотно прилегает к корпусу инсталляционного прибора, уменьшая его габариты. На плоской стороне корпуса модуля наряду с пружинящим контактом для обеспечения непрерывности экрана предусмотрен симметричный относительно его продольной оси многочисленный набор штыревых контактов, разбитых на две одинаковые группы. Например, в приборах фирмы Microsens модуль имеет 32 контакта. Через них осуществляется подача напряжения и подключение к электрической схеме основного прибора. Данная конструктивная особенность позволяет в зависимости от местных условий устанавливать модуль в одном из двух или четырех (в зависимости от производителя) положений с дискретом углового смещения соответственно в 180° или 90°. Для этого на корпусе концентратора предусматриваются не выступающие за его габариты две или четыре функционально равноправные колодки с контактными гнездами. Возможность выбора угла установки облегчает получение заданного радиуса изгиба световодов оптического кабеля в ограниченном пространстве декоративных коробов, напольных колонн и подпольных коробок. Отдельно упомянем тот интересный факт, что каких-либо элементов дополнительной механической фиксации корпуса в рабочем положении не предусматривается, то есть модуль удерживается на своем штатном месте только силой трения штырей контактов в гнездах розетки.

Установка фиксированного порта применяется главным образом в тех ситуациях, когда разработчик стремится минимизировать монтажную глубину устройства даже ценой некоторого ухудшения его эксплуатационных параметров и увеличения габаритов той части устройства, которая выступает за короб. В качестве иллюстрации этого положения приведем данные по микроконцентраторам G014-10 и G014-100 фирмы Fiber Craft. В обоих приборах оптический порт имеет одинаковый тип разъема (E-2000 в варианте low profile duplex для минимизации высоты), однако во втором случае применение съемного варианта модуля увеличивает минимальную монтажную глубину с 32 до 48 мм, то есть в 1,5 раза. Отметим также, что минимальное значение этого параметра у инсталляционного прибора в фиксированной конфигурации у большинства производителей выбирается примерно равным 32–35 мм независимо от типа применяемого разъема, исходя из габаритов широко распространенной в Европе монтажной коробки типа E2. Функция адаптации приборов с фиксированной конфигурацией к конкретным условиям эксплуатации реализуется в некоторых конструкциях за счет возможности легкого демонтажа платы оптического интерфейса с последующим ее поворотом на 180° и фиксации в этом положении.

Пользователю или системному интегратору на выбор, как правило, предлагаются два или более видов исполнения up-link-модулей или вариантов приборов фиксированной конфигурации с розетками основных типов оптических разъемов СКС: SC и ST. В данной области не исключен консерватизм производителей, которые в некоторых случаях вообще не поддерживают разъем SC, вероятно, из-за соображений минимизации стоимости и не желания менять отлаженный производственный процесс с учетом недоступности этого разъема для пользователя. По состоянию на середину 2000 года применение разъемов других типов практикуется реже, хотя начинают появляться разработки на основе перспективных SFF (small form factor) изделий (MT-RJ, VF-45 и другие) – см. табл. 7.1.

По своим характеристикам передачи информации оптический порт известных инсталляционных приборов не имеет каких-либо заметных отличий от up-link-портов обычных сетевых устройств. Так, в частности, наименее дальность действия наиболее распространенных многомодовых трансиверов составляет 2000 м, что является скорее данью стандартам ЛВС, а не определяется, например, чувствительностью приемника. Указываемая для

концентраторов Fast Ethernet дальность действия 412 м определяется не энергетическими параметрами онтозелектронной элементной базы, а известными ограничениями протокольного характера на диаметр сети. В качестве особенностей отметим только необычно широкое для нижнего уровня сети предложение одномодовых вариантов и наличие одномодовых приемопередатчиков, работающих на длине волны 850 нм (основные технические параметры типичного изделия этого класса приведены в табл. 7.2). Более того, у некоторых производителей одномодовые устройства данного спектрального диапазона являются основными, а диапазон 1310 нм считается дополнительным из-за худших ценовых показателей. Использование подобного нестандартного и нелогичного на первый взгляд решения легко обосновывается меньшей стоимостью лазерного излучателя коротковолнового оптического спектрального диапазона (см. также раздел 4.1.4) и отсутствием необходимости получения больших длин участков, обусловленной областью применения.

**Таблица 7.2. Технические параметры одномодового волоконно-оптического up-link-модуля инсталляционных приборов фирмы Microsens**

Длина волны, нм	850
Мощность передатчика, дБм	-20
Чувствительность приемника, дБм	-32,5
Паспортная дальность действия по стандартному одномодовому волокну G.652	2000

### 7.1.1.3. Инсталляционные микроконцентраторы

Из данных табл. 7.1 следует, что наиболее популярной разновидностью инсталляционных устройств являются концентраторы Ethernet и Fast Ethernet, когда хотя бы один из них присутствует в стандартном предложении всех без исключения производителей. Эти приборы, достаточно часто называемые также мини- или микроконцентраторами, с точки зрения своего функционального назначения представляют собой обычные малонортовые концентраторы вида 10Base-T или 100Base-TX. Они имеют, естественно, фиксированную конфигурацию с розетками модульных разъемов пользовательских портов и оптический порт в виде встроенного или съемного up-link-модуля, предназначенного для связи с оборудованием более высокого уровня.

Из соображений унификации приборы, поддерживающие различные сетевые стандарты, очень часто имеют однотипные корпуса. Из-за большего энергопотребления корпус концентратора Fast Ethernet при одинаковых внешних габаритах может снабжаться более или менее развитой перфорацией. Эти охлаждающие отверстия облегчают поддержание нормального температурного режима активных компонентов электронной схемы прибора и кроме маркирующей надписи являются фактически единственным визуальным отличием от своего менее скоростного прототипа.

Розетки электрических портов, предназначенные для подключения рабочих станций пользователей и других сетевых устройств типа принтеров, сканеров и т.д., в известных конструкциях размещаются в верхней части корпуса и могут выполняться в вариантах с прямой и угловой установкой. При этом находят свое использование две основные конструктивные схемы. Первая из них заключается в формировании общей однорядной линейки, а основным отличительным признаком второй схемы является парная группировка розеток с их размещением в отдельных независимых блоках с идентичным внешним исполнением. Достоинством первого варианта является большая плотность портов и возможность увеличения их количества в случае поступления соответствующего заказа без



Рис. 7.3. Варианты конструктивного исполнения инсталляционных микроконцентраторов:  
а) со съемным модулем волоконно-оптического up-link-порта; б) с дополнительными  
электрическими портами; в) с фиксированным волоконно-оптическим портом

радикальной переработки конструкции. Преимущество второго решения – повышенная монтажная гибкость, так как розеточные блоки в зависимости от исполнения размещаются при этом друг над другом (так называемый вертикальный вариант) или рядом друг с другом (горизонтальный вариант).

Достаточно широко распространена реализация розеточного блока в виде сборки, в которой электрические схемы легко съемной верхней части соединяются со схемами стационарного основания коротким отрезком гибкого ленточного кабеля. Это позволяет легко изменять ориентацию розеток электрических модульных разъемов пользовательских портов (в зависимости от конкретных условий монтажа) перестановкой блоков и применять один и тот же тип концентратора для установки в вертикальном или в горизонтальном участке короба.

Развитием идеи парной группировки розеток является конструктив розеток приборов серии Fiber Share компании Alcatel. В них за счет радикальной переработки конструкции с целью минимизации ее габаритов и, вероятно, в сочетании с применением более современной элементной базы розетки электрических портов сгруппированы по три или четыре в одном квадратном модуле. Это несколько снижает затраты времени на адаптацию микроконцентратора к конкретным условиям его установки.

Количество электрических портов составляет в известных моделях от двух до восьми при наибольшей популярности четырехпортового исполнения микроконцентратора. Это объясняется, скорее всего, высокой эффективностью применения именно таких приборов для обслуживания группы из четырех рабочих столов пользователей широко распространенных за рубежом открытых офисов. Обычно фирмы-изготовители данного вида оборудования декларируют возможность изменения в определенных пределах числа электрических портов по специальному заказу в случае исполнения микроконцентратора на основе однорядной линейки. Известно также решение дополнения магистрального оптического порта двумя внутренними электрическими со стандартной дальностью действия 100 м. Эти порты, реализующиеся по принципу розеток модульных разъемов аналогично оптическим, недоступны пользователю в режиме нормальной эксплуатации и предназначены в первую очередь для подключения к микроконцентратору двух портов удаленных информационных розеток. Иногда данная особенность отражается в названии устройства, например, 6 + 2 Port Ethernet Installation Hub компании UBF (шесть пользовательских портов и два порта расширения). При этом, в отличие от оптического, данные порты, кроме места установки и назначения, не имеют каких-либо отличий от внешних по своим телекоммуникационным параметрам. Отметим также, что ограниченные габариты корпуса микроконцентратора не позволяют использовать такое решение в приборах с конфигурацией, фиксированной по оптическому порту.

Инсталляционные приборы обеспечивают также в некоторых случаях возможность каскадирования. Необходимым условием поддержки этой функции является наличие электрического порта в «линейной», то есть, применительно к данной области, скрытой

от пользователя части устройства. В частности, функцию каскадирования поддерживают устройства серии Fiber Share TP3+ фирмы Alcatel.

Применяемая при построении инсталляционных устройств современная элементная база за счет своего минимального энергопотребления, как правило, не создает проблем с получением нормальной температуры даже при работе в ограниченном пространстве декоративных коробов. В тех случаях, когда данное условие не выполняется, что характерно, в первую очередь, для микроКоммутаторов и некоторых концентраторов Fast Ethernet ранних моделей, разработчик использует для обеспечения необходимых тепловых режимов миниатюрный вентилятор системы принудительного охлаждения и уже упомянутую выше перфорациюкорпуса.

#### **7.1.1.4. Особенности электропитания инсталляционных устройств**

В соответствии со сложившимися к настоящему времени традициями техники ЛВС блок питания электронных компонентов инсталляционных устройств с постоянным током может быть выполнен по внешней или внутренней схеме. Схема внешнего по отношению к питаемому прибору источника используется обычно в преобразователях среды, репитерах и других однопортовых устройствах и известна в двух вариантах. Наибольшее распространение имеют блоки питания «инсталляционного типа», то есть устанавливаемые в соседней монтажной коробке и закрытые декоративной крышкой. При этом для улучшения массогабаритных показателей и достижения большей экономичности решения один такой источник может использоваться в грушиовом режиме, то есть к нему может подключаться несколько приборов (чаще всего два). Схема навесного источника в виде обычного внешнего сетевого адаптера встречается крайне редко из-за ее эксплуатационных неудобств (опасность случайного отключения и необходимость применения отдельной розетки). Она используется, например, в 3-портовом микроКонцентраторе типа Fiber Share 3+ фирмы Alcatel. Встроенное исполнение блока питания более характерно для концентраторов различных типов, то есть многопортовых приборов.

Подача сетевого питающего напряжения и подключение заземляющего проводника на устройства со встроенным источником осуществляется через клеммную колодку на корпусе, где предусмотрен также дополнительный пластиковый фиксатор силового кабеля. Только фирма Fiber Craft использует для этого в некоторых своих изделиях уже интегрированный в корпус 30-санитметровый отрезок силового кабеля.

Из соображений расширения функциональной гибкости и эксплуатационной надежности схемные решения блока питания выбираются таким образом, чтобы обеспечить нормальное функционирование инсталляционного прибора при изменениях сетевого напряжения в достаточно широких пределах (обычно это диапазон от 85–100 до 240–265 В, иногда разываемый на два поддиапазона с номинальным напряжением 110 и 220 В, выбираемых переключателем). Это также решает проблему подключения к силовой электрической сети с различным номинальным напряжением. В большинстве случаев источник питания подключен к силовой сети постоянно, хотя иногда предусматривается обычный малогабаритный выключатель, устанавливаемый по специальному заказу (фирма Telegartner).

Из других технических решений, применяемых в области электропитания во время конструирования микроКонцентраторов рассматриваемого класса, отметим реализацию функции покоя. Суть в том, что при неработающих сетевых приборах устройство принудительно переводится в режим минимального энергопотребления с отключением части электронных схем. При этом потребляемая мощность уменьшается примерно до 20–25% от номинального значения. Например, для четырехпортового микроКонцентратора Fast Ethernet типа ISABEL 100 фирмы Daifur мощность потребления питания в состоянии покоя составляет 1 Вт против 5 Вт во время полной нагрузки. Причиной введения этого

режима является то, что прибор даже в рабочие дни большую часть времени (13–14 часов в сутки, например, с шести вечера до восьми утра) фактически полностью отключен от локальной сети, так как рабочие станции пользователей выключены. Эти данные свидетельствуют о том, что основной выигрыш достигается не только за счет экономии электроэнергии, но и снижения тепловой нагрузки на электронные компоненты схемы устройства, что ведет к увеличению эксплуатационной надежности.

### 7.1.1.5. Экономические аспекты применения инсталляционных приборов

Технико-экономические преимущества использования инсталляционных приборов и, в первую очередь, их многоортовых разновидностей (микроконцентраторов и микрокоммутаторов различных видов) при реализации конкретного проекта определяются несколькими обстоятельствами. Во-первых, эти устройства не накладывают 100-метрового ограничения витой пары на длину тракта при скоростях выше 10 Мбит/с. Поэтому они существенно расширяют свободу действий проектировщика кабельных систем здания. В частности, имеется возможность проектировать централизованные оптические архитектуры СКС в соответствии с TSB-72 и даже подключать к сети удаленные на расстоянии до 2000 м небольшие рабочие группы. Во-вторых, из-за уменьшения расхода оптического кабеля и числа оптических интерфейсов минимизируются капитальные затраты на организацию связи (пример приведен в [123]). В-третьих, в процессе модернизации сети не требуется замены закупленных ранее сетевых адаптеров ЛВС с UTP-интерфейсом. В свою очередь, это означает, что процесс перехода к перспективным, полностью оптическим сетям становится более плавным и не столь болезненным в финансовом плане. И, наконец, в-четвертых, использование инсталляционных микроконцентраторов уменьшает число портов пассивного и активного оборудования в технических помещениях, что положительно сказывается на объеме и стоимости монтажных конструктивов.

Некоторые производители инсталляционных приборов утверждают, что достигается 75% экономии средств в случае применения микроконцентраторов вместо традиционных сетевых адаптеров и конвертеров с оптическим интерфейсом. Но на практике это не так, и в первую очередь из-за значительной стоимости самого инсталляционного прибора. Наряду с относительно небольшими объемами их производства возникает необходимость изменения в устройстве миниатюрного сетевого источника электропитания. Тем не менее цена составляет примерно 50% при полном использовании емкости микроконцентратора.

Массовое внедрение инсталляционных приборов рассматриваемого вида сдерживается, несмотря на их очевидные экономические преимущества, в основном из-за обстоятельств технического плана:

- они требуют наличия локального источника электропитания, что при отказе силовой сети приводит к прекращению связи;
- инсталляционные устройства могут монтироваться только по внутренней схеме в коробах большого поперечного сечения или подпольных коробках, которые заметно увеличивают стоимость реализации СКС (фактор, особенно актуальный для нашей страны в современных условиях);
- создаваемые ими порты обслуживают только ЛВС одного типа, то есть не обладают свойством универсальности, характерным для портов СКС.

Последний недостаток в значительной степени сглаживается наличием большой гаммы концентраторов и прочих сетевых устройств различных систем, выполненных в едином конструктивном стиле и взаимозаменяемых по посадочным местам, а также готовностью производителей в довольно широких пределах модернизировать свою продукцию в соответствии

с требованиями спецификации заказчика. Кроме того, на рынке начинают появляться первые образцы инсталляционных микрокоммутаторов, которые поддерживают по своим электрическим пользовательским портам механизм Autonegotiation. В связи с развитием компьютерной телефонии не исключается вариант перевода на работу через инсталляционные устройства телефонов как второго основного потребителя ресурсов СКС.

### **7.1.2. Устройства неинсталляционного типа**

Устройства неинсталляционного типа отличаются от инсталляционных приборов только одним основным признаком, который определяет их дальнейшие конструктивные особенности: эти изделия принципиально не предназначены для монтажа исключительно в коробе, напольной колонке или подпольной коробке. Поэтому их линейный оптический порт легко доступен пользователю или системному администратору в режиме эксплуатации. Выполнение переключений, измерений, технического обслуживания и других аналогичных действий происходит гораздо проще по сравнению с инсталляционными приборами.

С точки зрения принципов построения ЛВС неинсталляционные приборы практически все реализуют концепцию fiber to the desk. Известны лишь единичные образцы микроподсистем с оптическим up-link-портом, применение которых позволяет построить сеть на принципе fiber to the office.

Перечень производителей активного оборудования ЛВС неинсталляционного типа для применения в составе СКС в значительной степени совпадает со списком изготовителей инсталляционных приборов. Точно такое же положение дел наблюдается в области поддерживаемых сетевых стандартов: основная масса оборудования рассчитана на работу в сетях Ethernet и Fast Ethernet, устройства стандарта Token Ring встречаются на практике существенно реже. Еще меньшей популярностью пользуется производство оборудования для системы AS/400, а предложение приборов ATM неизвестно вообще. Совокупность типов неинсталляционных приборов аналогично своим инсталляционным аналогам также повторяет номенклатуру обычных сетевых устройств ЛВС нижнего уровня. Однако даже на уровне объемов выпуска различных разновидностей оборудования уже наблюдаются существенные различия: наибольшую популярность среди пользователей и соответственно производителей в этой группе находят не микроподсистемы, а преобразователи среды.

В отличие от инсталляционных приборов все, что будет рассматриваться далее, ориентировано на реализацию концепции fiber to the desk. Это позволяет совершить переход от базовой оптической кабельной разводки (basic cabling), когда активное сетевое оборудование продолжает использовать «медный» сетевой интерфейс, к полномасштабной оптической подсистеме СКС (complete cabling). Кроме того, применение таких приборов дает возможность более эффективно реализовывать так называемую вырожденную основную магистраль предприятия (collapsed backbone), что в сочетании с большой дальностью действия создает более благоприятные условия для решения задач коммутации информационных потоков и поддержки функционирования систем мультимедиа.

В общем случае все множество приборов неинсталляционного типа можно разделить на устройства, используемые непосредственно на рабочих местах пользователей, и изделия, устанавливаемые в технических помещениях.

#### **7.1.2.1. Устройства для применения на рабочих местах пользователей**

Серийное сетевое оборудование ЛВС с волоконно-оптическим линейным интерфейсом может классифицироваться по различным критериям. В основу классификации сетевого оборудования ЛВС, входящего в состав СКС и ориентированного в первую очередь для

применения на рабочих местах пользователей, в данном конкретном случае удобно положить форму конструктивного исполнения, то есть разделить всю совокупность этих приборов на *корпусные, навесные и бескорпусные устройства*.

Под корпусными устройствами в данном контексте понимают приборы, имеющие полностью закрытый корпус с выведенными на него разъемами электрического и оптического интерфейсов, элементами индикации и управления, а также, при необходимости, разъем для подачи питания. Такие приборы предназначены, в первую очередь, для настольной эксплуатации или для внешнего подключения к рабочей станции, в том числе с использованием ее разъемов и других конструктивных элементов (по приборной навесной схеме). По состоянию на середину 2000 года они являются в основном штатными компонентами оптических СКС, разработанных производителями оптических разъемов оригинальной конструкции. Наиболее развитая номенклатура таких приборов в настоящее время предлагается компаниями Fiber Craft и 3М (см. табл. 7.3). Производители классических СКС крайне редко практикуют их включение в каталог (например, AMP).

*Таблица 7.3. Сетевое волоконно-оптическое оборудование ЛВС с оптическим разъемом оригинальной конструкции*

Производитель	Тип СКС	Тип разъема	Поддерживаемые стандарты	Состав оборудования
Fiber Craft, Германия	Flex OS	E-2000	10Base-FL, 100Base-LX	Сетевые адаптеры, преобразователи среды 802.3 и 802.3u, микроконцентраторы, коммутаторы
3М, США	Volition	VF-45	10Base-FL, 100Base-SX, 100Base-LX, 1000Base-X, 802.5j	Преобразователи среды 802.3, 802.3u и 802.5j, сетевые адаптеры, концентраторы, коммутаторы
Alcatel, Франция	Alcatel Cabling System	MT-RJ	10Base-FL, 100Base-SX, 802.5j	Преобразователи среды 802.3, 802.3u и 802.5j

Навесные устройства пользуются наименьшей популярностью среди разработчиков и производителей. Они также имеют полностью закрытый корпус и поэтому могут считаться одной из разновидностей корпусных приборов. В специальный подкласс их выделим потому, что они подключаются (навешиваются) непосредственно на розетку СКС. Примером продукции, выполненной по такой схеме, является преобразователь среды типа 7932NC французской фирмы INFRA+. Данное устройство входит в состав кабельной системы IBCS этой компании и поддерживает по своему электрическому порту стандарты 10Base-T и 100Base-TX (в зависимости от модификации). Питание производится постоянным током от обычного съемного силового адаптера, включаемого в соседнюю розетку, подача постоянного напряжения выполняется через внешний провод со стандартной штырьковой вилкой. Рассматриваемое решение представляет собой настоящий мини-комплекс и интересно, в первую очередь, очень тесной интеграцией его активной и пассивной частей, выполненной в процессе конструктивной проработки. Так, в частности, розеточный модуль типа RJ OPTO (изделие 7220), на который выполняется установка преобразователя, имеет наряду с розеткой модульного разъема также розетку дуплексного оптического разъема SC. При монтаже из-за достаточно большой массы преобразователя осуществляется дополнительная фиксация его корпуса двумя винтами на штатных крепежных резьбовых элементах розеточного модуля для придания достаточной механической стабильности. Кроме

Таблица 7.4. Модульные преобразователи среды «вертикальной» схемы, предназначенные для монтажа в технических помещениях

Фирма производитель	Тип СКС	Тип устройства	Поддерживаемые оптические интерфейсы	Тип оптического разъема	Кол-во слотов	Высота	Количество источников питания
AMP, США	NetConnect	Modular Converter System	10Base-FL, 100Base-SX, 100Base-LX	ST, SC, MT-RJ	12	2U	2
Ortronics, США	GigaMo, GigaMo+	TRANSOPTIX	10Base-FL, 100Base-SX	ST, SC	18	2U	1
3M, США	Volition	VOL-0213	10Base-FL, 100Base-SX, 100Base-LX, 802.5j	VF-45	21	3U	2

того, преобразователь снабжен внутренним Y-адаптером с двумя розетками на передней панели. Вилка этого адаптера при подключении прибора к оптическому порту входит в розетку штатного модульного разъема модуля RJ-OPTO. Логическим продолжением комплекса со стороны собственно СКС является гибридный кабель типа MNC880FO, содержащий не только электрические элементы с четверочной скруткой, но и волоконные световоды.

Бескорпусные устройства ЛВС являются самой популярной разновидностью оборудования, используемого на рабочих местах пользователей. Одним из наиболее мощных стимулов к широкому внедрению различных разновидностей сетевого оборудования с волоконно-оптическим интерфейсом в бескорпусном исполнении является, пожалуй, заметно возросшая популярность рабочих станций с уже интегрированными в их конструкцию сетевыми адаптерами. В этой ситуации использование традиционных навесных трансиверов и внешних преобразователей среды оказывается неудобным, в первую очередь, с эксплуатационной точки зрения, и невыгодным по финансовым соображениям, а часто просто невозможным.

Наиболее естественным для активных приборов, используемых на рабочем месте пользователя, является их бескорпусное исполнение в виде платы расширения. Логичным и вполне интуитивно понятным обоснованием применения бескорпусных конструкций является тот факт, что на практике в подавляющем большинстве случаев различными адаптерами не занимается и половина штатных слотов типовой рабочей станции, подключаемой к обычной информационной розетке СКС.

Бескорпусные устройства ЛВС имеют традиционную конструкцию, в которой можно выделить в качестве основных функциональных модулей печатную плату половинной длины с установленными на ней электронными и оптоэлектронными компонентами, а также лицевую панель с разъемами различных интерфейсов, индикаторными светодиодами и другими элементами, необходимыми при эксплуатации. Предлагаемые на начало 2000 года в широкой продаже бескорпусные приборы могут устанавливаться в разъемы шин ISA, EISA, VLB, MCA и PCI.

В перечень бескорпусного оборудования ЛВС с волоконно-оптическим интерфейсом, выпускаемого производителями СКС, и техники для их построения, входят сетевые адAPTERЫ ЛВС, преобразователи среды и микроконцентраторы. Кроме различного функционального назначения они также отличаются друг от друга различным потреблением технических ресурсов рабочей станции (см. табл. 7.5).

Таблица 7.5. Потребляемые ресурсы рабочей станции различных бескорпусных устройств ЛВС с волоконно-оптическим линейным портом

Используемый ресурс рабочей станции	Установочный слот	Источник питания	Шина для информационного обмена
Сетевой адаптер	+	+	+
Преобразователь среды	+	+	-
Концентратор	+	-	-

Первым бескорпусным устройством с волоконно-оптическим интерфейсом, ориентированным именно на данную область применения, явился адаптер ЛВС различных стандартов. Из-за необходимости обмена информацией по внутреннему интерфейсу сетевые адAPTERы рассчитываются на вполне конкретную шину, наибольшей популярностью из обширного перечня которых пользуются ISA и PCI.

По мере развития техники оптической связи возросла популярность преобразователей среды, так как:

- они обеспечивают естественный и плавный эволюционный переход от «медного» к оптическому решению с использованием закупленных ранее сетевых адаптеров с интерфейсом под витую пару;
- при наличии сетевого адаптера вариант на основе преобразователя гораздо выгоднее в финансовом отношении по сравнению со случаем установки традиционного волоконно-оптического адаптера.

В качестве примера бескорпусных преобразователей отметим устройства серии TRANS-OPTIX фирмы Opttronics, которые предлагаются этой компанией для применения в составе производимых ею СКС GigaMo и GigaMo+, а также аналогичное устройство типа FIBER CON 1 PC компании Alcatel, входящее в состав СКС Alcatel Cabling System. Общим в приборах последней разновидности является то, что они включаются в свободный слот рабочей станции и используют ее только в качестве источника питания и монтажного конструктива без непосредственного соединения со схемой системного блока по цепям передачи информационных сигналов. Подключение сетевого адаптера к преобразователю осуществляется коротким 4- или 2-парным шнуром с вилками модульных разъемов. Разработчики бескорпусных преобразователей подчеркивают отсутствие необходимости внесения каких-либо изменений в программных настройках рабочих станций, а также минимальное время задержки передаваемого сигнала, то есть применительно малое влияние конвертора на максимальную допустимый диаметр коллизионного домена. Последнее обеспечивается наряду с установкой быстродействующей элементной базой также схемными решениями на основе передачи сигнала между двумя средами без выхода на уровень интерфейсов AUI и MII.

Многопортовые бескорпусные устройства представлены приборами серии DIANA (Desk Top Integrierter Adapter für optische Netzwerks Anbindungen – интегрируемый в компьютер адаптер для подключения к оптической сети) немецкой фирмы Dafur. Интересно это тем, что хотя они формально не входят в состав конкретной СКС, однако явно ориентированы на решение задачи построения сети на принципе fiber to the desk. Данный прибор представляет собой бескорпусный 4-портовый концентратор Ethernet или Token Ring со встроенным волоконно-оптическим up-link-портом. В отличие от остальных разновидностей бескорпусных сетевых приборов в этом микроконцентраторе питание осуществляется от внешнего навесного силового адаптера, что обеспечивает работоспособность организованного с его помощью сетевого сегмента при отключенном рабочей станции.

### 7.1.2.2. Устройства для установки в технических помещениях

Активные волоконно-оптические устройства СКС, предназначенные для установки в технических помещениях, на современном этапе в большинстве случаев представляют собой различные модификации преобразователей среды, которые не имеют каких-либо существенных отличий от обычного сетевого оборудования общего назначения. Их включение в каталог объясняется, главным образом, соображениями предоставления партнеру производителя и конечному пользователю максимально полного спектра решений из одних рук.

Устройства, устанавливаемые в технических помещениях, выполняются по нескольким основным конструктивным схемам. Первая из них представляет собой обычный 19-дюймовый горизонтальный конструктив в виде полки высотой 1U, куда устанавливаются бескорпусные преобразователи модульного типа с традиционным расположением розеток электрического и оптического портов на лицевой панели рядом друг с другом. Примером такого решения являются устройства типа Fiber Con N компании Alcatel. Основной областью их применения считаются сети небольшого и среднего размера, где не требуется высокая плотность портов. В такой ситуации максимально проявляются основные преимущества данного набора устройств: легкость перехода от одного сетевого стандарта к другому простой замены модулей и возможность построения смешанной конфигурации (например, 2 × Ethernet и 1 × Fast Ethernet). При отказе от максимизации плотности портов дополнительной выгодой является возможность предоставления системному администратору расширенного сервиса. Так в модулях преобразователей среды типа FIBER CON 2G1 компании Alcatel на каждый порт предусмотрены малогабаритные DLP-переключатели, с помощью которых возможно отключение режима Link и изменение назначения отдельных контактов гнезда электрического модульного разъема. Последнее делает ненужным использование обращенных шнуров, что в значительной степени увеличивает удобство в эксплуатации кабельной системы.

Преобразователи среды и другие устройства с горизонтальной схемой построения и фиксированной конфигурацией на практике встречаются гораздо реже по сравнению с приборами модульного типа. Так, в состав оптической СКС Flex OS фирмы Fiber Craft входят 6- и 12-портовые преобразователи среды Fast Ethernet типов 6MC100 и 12MC100 соответственно. Достоин отдельного упоминания 8-портовый двухскоростной мини-концентратор типа VOL-2008 со 100-мегабитным оптическим up-link-портом на основе разъема VF-45, являющийся компонентом оптической СКС Volition компании 3M.

*Таблица 7.6. Многопортовые преобразователи среды с фиксированной конфигурацией, предназначенные для монтажа в технических помещениях*

Фирма-производитель	Тип СКС	Тип устройства	Поддерживаемые сетевые стандарты	Тип оптического разъема	Количество преобразователей
Alcatel, Франция	Alcatel Cabling System	FIBERCON 24/2400	10Base-T/100Base-TX	MT-RJ	24
3M, США	Volition	VOL0202	10Base-T	VF-45	24
Fiber Craft, Германия	Flex OS	24MC10 Ethernet	10Base-T	E-2000	24

Еще одной разновидностью конструктивной схемы является шасси с высотой, увеличенной до 2–3U, в котором модули преобразователей среды располагаются вертикально. Краткий перечень таких устройств приведен в табл. 7.4. Характерными отличительными

признаками оборудования в таком исполнении являются возможность замены одного преобразователя на другой и подключение новых в режиме текущей эксплуатации без выключения источника питания (принцип hot swapping), а также широкое применение дублированного источника питания для увеличения эксплуатационной надежности в целом. Удаленное управление и контроль состояния устройства обеспечивается наличием встроенного Web-агента.

В последнем варианте преобразователь конструируется для достижения максимально высокой плотности портов. Поэтому кроме соответствующих схемных решений всегда применяется следующий комплекс конструктивных мероприятий:

- схемы преобразователя размещаются в горизонтальном корпусе высотой 1U (такое решение иногда называется economical из-за уменьшения габаритов);
- использование фиксированной конфигурации;
- установка оптических разъемов из группы SFF и пары электрических разъемов TELCO (RJ71), при этом оптические разъемы выносятся на переднюю поверхность корпуса, а розетки разъемов TELCO монтируются на задней стенке;
- минимизация количества светодиодов даже с отказом, в некоторых случаях, от индикации состояния каждого порта.

Интересно, что разъемы TELCO применяются в некоторых преобразователях для передачи сигналов Fast Ethernet, то есть соответствуют параметрам категории 5, такое пока не часто встречается в практике.

Сравнивая данные табл. 7.4 и 7.6, можно легко установить, что высота устройства уменьшается с 2–3 юнитов до одного. Это происходит из-за использования в совокупности перечисленных выше мероприятий, которые способствуют увеличению плотности портов примерно в 2–3 раза по сравнению с модульной конструкцией. Согласно замыслу разработчиков применение подобных преобразователей в первую очередь дает пользователю заметную экономию финансовых ресурсов за счет отказа от дорогих плат с оптическим интерфейсом в модульных коммутаторах нижнего и среднего уровня.

Высокая концентрация портов в сочетании с малыми габаритами корпуса преобразователя может поставить перед разработчиками задачу обеспечения тепловых режимов, необходимых для электронной схемы. Данная проблема особенно остро возникает в случае применения оборудования, поддерживающего стандарт Fast Ethernet (даже когда в конструкциях применяется с минимальным энергопотреблением современная микрэлектронная элементная база). Так, например, наспортная рассеиваемая мощность 24-портового преобразователя FIBERCON 2400 компании Alcatel достигает 80 Вт против 40 Вт у преобразователя FIBERCON 24 стандарта Ethernet. Для стабилизации внутренних температурных параметров используется традиционный комплекс мероприятий, одним из которых является применение корпуса из алюминиевого сплава с развитой перфорацией верхней крышки.

Кроме преобразователей среды и концентраторов в первые оборудование также начинают появляться коммутаторы. Они обладают техническими параметрами, которые соответствуют современным устройствам ЛВС нижнего уровня. Так, в частности, эти приборы имеют неблокируемую внутреннюю архитектуру и реализуют принцип store & forward. Для подключения к основной магистрали предприятия предусмотрены up-link-порт, реализованный в виде сменного модуля и поддерживающий стандарты Fast Ethernet и Gigabit Ethernet. Остальные технические характеристики коммутаторов приведены в табл. 7.7.

Неинсталляционные устройства, ориентированные на установку в технических помещениях, практически во всех случаях взаимодействуют с оборудованием на рабочих местах пользователей. В качестве примера приборов, волоконно-оптический порт которых используется для организации магистрального канала связи, отметим репитеры, концентраторы и мультиплексоры для системы AS/400 фирмы RiT Technologies.

Таблица 7.7. Параметры коммутаторов фирмы 3M из состава оптической СКС Volition

Модель	Стандарт	Число портов	Количество MAC-адресов	Пропускная способность шины, Мбит/с	Емкость памяти, Мб
VOL-0215	802.3	24	2k	480	2
VOL-0215	802.3u	16	8k	4800	2

### 7.1.2.3. Дополнительные сервисные возможности

Основная масса сетевых устройств, монтируемых в технических помещениях, обслуживает одновременно нескольких пользователей. Это достаточно остро ставит перед их разработчиками вопрос об обеспечении необходимого уровня эксплуатационной надежности как отдельного канала связи, так и всего решения в целом.

Для этого в современной технике электросвязи применяется два основных средства: использование качественной элементной базы и резервирование (дублирование). На сегодняшний день достигнутый уровень развития элементной базы позволяет разработчикам устройств рассматриваемой группы давать на них практическую пожизненную гарантию.

Резервирование оптических трактов передачи сигналов в технике локальных сетей производится с помощью так называемых трансиверов с резервированием или с внутренним переключателем. В известном оборудовании, входящем в состав СКС, такие технические решения не применяются, поскольку они сверхнадежны, а вероятность повреждения кабелей в типичных условиях современных офисных зданий слишком мала.

В отличие от этого достаточно часто резервируется источник питания оборудования, устанавливаемого в технических помещениях, так как его отказ в наихудшем случае сопровождается отключением от сети свыше двух десятков рабочих станций. Применяются две схемы резервирования. Первая основана на установке второго штатного встроенного или реализованного в форме сменного блока источника питания и характерна для модульных конструкций с вертикальным расположением плат конверторов. Вторая схема относится к системам с «плоской» установкой и используется фирмой Alcatel. Ее характерным признаком является выполнение источника питания по внешней схеме в виде 19-дюймовой полки с соответствующим количеством выходов питания, обслуживающей до шести преобразователей.

Для увеличения эффективности дистанционного контроля и управления сетью компания Alcatel предложена система управления типа Fiber Con M, предназначенная для совместной работы с преобразователями (конверторами) серии FIBERCON 24/2400. Появление этого устройства является естественной реакцией промышленности на рост сложности ЛВС, построенных на базе СКС, и значительного увеличения объемов применения оптических решений при создании кабельной разводки. Прибор конструктивно оформлен в виде обычной 19-дюймовой полки высотой 1U. На его передней панели расположены жидкокристаллический дисплей и клавиатура, используемые для задания основных параметров. Передача управляющих команд и информационных сообщений осуществляется через локальную сеть (in band) с привлечением протокола SNMP или с помощью интерфейса V.24 (RS 232). Система позволяет управлять максимум 100 отдельными преобразователями серии FIBERCON 24/2400. Кроме того, в ней предусмотрено несколько цифровых входов и разъемов для подключения чувствительных элементов датчиков различных видов (температура, влажность, открытие двери и т.д.). Это позволяет использовать ее для построения подсистемы мониторинга состояния монтажного конструктива и технического помещения в целом. В случае необходимости сигнал тревоги, который генерируется при

срабатывании какого-либо датчика, автоматически отсылается по предварительно заданному оператором IP-адресу. Основной областью применения системы считаются сложные сети с повышенными требованиями к надежности, монтируемые в аэропортах, больницах, банках, в различных силовых структурах и на других аналогичных объектах.

Отдельные рабочие станции, подключаемые к ЛВС с помощью рассмотренных в разделе 7.1.1 инсталляционных устройств, в подавляющем большинстве случаев разбиваются на отдельные рабочие группы известными в сетевой технике приемами (программными способами, переключателями и установкой нескольких модулей, включенных в общую шину). Отдельного упоминания заслуживает оригинальное решение, которое предложено специалистами немецкой фирмы Dafur. Концентратор SUSI (Sharing Unit for Switched Interface – разделяемый модуль для коммутируемого интерфейса) этой компании представляет собой обычное для рассматриваемой области 16-слотовое шасси с двумя источниками питания для обеспечения необходимого уровня эксплуатационной надежности, которое устанавливается в 19-дюймовый конструктив недалеко от центрального коммутатора. Для монтажа в слоты предназначены 4-портовые модули с тремя оптическими 10Base-FL и одним электрическим 10Base-T портами. Все модули объединены друг с другом с помощью шины концентратора. Оптические порты модулей используются только для подключения рабочих станций или небольших рабочих групп, организованных с помощью инсталляционных устройств. Электрический порт предназначен исключительно для связи с коммутирующим концентратором. В состав одного сегмента включаются все оптические порты, которые находятся в модуле с задействованным электрическим портом и в модулях со старшими номерами вплоть до следующего модуля с работающим электрическим портом, причем оптические порты последнего относятся уже к следующему сегменту. Например, если к коммутирующему концентратору подключены модули 1 и 4, то аппаратно образовано два сегмента; в первом из них будет 9 портов (модули 1–3), во втором – 39 (модули 4–16). Все переключения с формированием и объединением рабочих групп выполняются автоматически без вмешательства системного администратора в момент выполнения коммутации на электрическом порте.

## 7.2. Системы беспроводной связи для СКС

### 7.2.1. Системы радиосвязи

Системы радиосвязи применяются в СКС в основном для подключения к ЛВС небольшой выделенной рабочей группы пользователей. Они также используются в тех ситуациях, когда применение проводных решений физически невозможно из-за определенных местных условий или экономически нецелесообразно. Другим возможным случаем применения средств радиосвязи является ситуация, когда это подключение следует выполнить в предельно сжатые сроки или на короткое время. Наконец, создание беспроводной сети с ее наложением на СКС оказывается очень удобным на вокзалах, в конференц-залах, на стадионах и других спортивных объектах, то есть там, где имеется большое количество подвижных абонентов, нуждающихся в быстром, но кратковременном подключении к различным видам электронного сервиса без больших потребностей в пропускной способности предоставляемого канала связи.

Оборудование, выпускаемое для реализации такого подключения, в настоящее время обеспечивает скорости передачи информации, достаточные только для работы системы Ethernet и Token Ring (скорость информационного обмена от 2 до 10 Мбит/с). В состав

этого оборудования входят сетевая плата на шину ISA (для настольных рабочих станций) или PCMCIA (для переносных компьютеров) и радиомост, которые снабжены соответствующими антеннами. Проводной интерфейс моста реализуется на основе обычной розетки модульного разъема, через него обычным коммутационным шнуром осуществляется подключение этого прибора к СКС.

Рабочая частота приемопередатчиков выбирается в безлицензионных диапазонах 2,4 и 5,8 ГГц, то есть для организации радиосети не требуется получения разрешения в комиссии по радиочастотам. Из этих же соображений ограничивается мощность излучения передатчика. Некоторые другие параметры серийного оборудования приведены в табл. 7.8.

*Таблица 7.8. Основные технические характеристики оборудования радиосвязи, применяемого в СКС*

Система	WaveLAN	Wireless
Тип СКС, фирма	Systimax, Lucent Technologies, США	Alcatel Cabling Systems, Alcatel, Франция
Рабочая частота, ГГц	2,400–2,4835	5,775 (диапазон U-NII)
Мощность передатчика, мВт	100	25–50
Скорость передачи данных по радиоканалу, Мбит/с	2,048	10
Внутрисетевой протокол	CSMA/CA	CSMA/CA
Тип линейного сигнала	Шумоподобный, широкополосный DSSS	–

Мощность излучения и чувствительность приемников достаточна для организации связи в пределах офисного помещения на расстоянии до 150 м в случае применения всенаправленных комнатных антенн, то есть примерно соответствует типовым длинам горизонтальной подсистемы обычной СКС<sup>1</sup>. При необходимости увеличения дальности связи могут использоваться:

- со стороны радиомоста – передатчики увеличенной мощности и направленные антенны с большим коэффициентом усиления;
- со стороны сетевого адаптера – плоская выносная антенна размером с игральную карту, которая соединена с адаптером коротким отрезком кабеля и располагается самим пользователем в том месте, в котором обеспечиваются наилучшие условия передачи сигнала;
- компанией Alcatel в сетевом адаптере PCMCIA применяется антенна, которая надевается сверху на открытый экран переносного компьютера, чем автоматически обеспечиваются условия функционирования, близкие к наилучшим в данном конкретном месте.

Для защиты от несанкционированного доступа к передаваемой информации, что является весьма важным в системах радиосвязи, используется следующий комплекс мероприятий:

- применение шумоподобных линейных несущих сигналов;
- возможность шифрования передаваемой информации (в оборудовании фирмы Alcatel стандартная длина ключа составляет 40 бит, при необходимости она может быть увеличена до 128 бит);
- использование дополнительного уровня контроля доступа к каждому узлу.

<sup>1</sup> Дистанция дальность связи между «стенами» зависит от конструктивных особенностей здания.

В середине 1999 года оборудование рассматриваемого вида в составе своих СКС предлагали фирмы Alcatel, Krone и Lucent Technologies. Ранее система радиосвязи для передачи данных локальной сети Ethernet входила в состав СКС NetConnect фирмы AMP, однако в конце 90-х годов ее продвижение было прекращено.

### **7.2.2. Система открытой оптической связи WaveStar OpticAir**

Система WaveStar OpticAir была разработана фирмой Lucent Technologies в середине 1999 года и предназначена для организации открытой атмосферной линии оптической связи. В отличие от систем радиосвязи, ориентированных в основном на работу на нижних уровнях локальной сети, рассматриваемая система предназначена, в первую очередь, для соединения двух зданий, то есть используется в магистральной части информационной инфраструктуры предприятия. Максимальная пропускная способность создаваемого с ее помощью канала связи составляет 10 Гбит/с, причем для его организации используется принцип спектрального уплотнения DWDM на четырех длинах волн со скоростью передачи 2,5 Гбит/с по каждому из подканалов. Этот принцип полностью соответствует одному из вариантов проекта организации физического уровня сетевого интерфейса следующего поколения 10G Ethernet. По своим параметрам WaveStar OpticAir совместима с оптическими кабелями LazerSpeed, причем максимальная длина соединительного кабеля соответствует принципам централизованной оптической архитектуры и может достигать 300 м.

Дальность связи системы WaveStar OpticAir, как и любой системы открытой атмосферной лазерной связи, сильно зависит от состояния окружающей среды и при благоприятных погодных условиях может достигать 5 км. Но из соображений высокой устойчивости создатели системы не рекомендуют увеличивать расстояние между приемником и передатчиком свыше 1 км. По мнению некоторых специалистов, в городских условиях в тех местностях, где часто бывают туманы, расстояние между передатчиком и приемником для систем широкого применения не должно превышать 200 м [124].

По данным разработчиков, устройство WaveStar OpticAir может использоваться в составе структурированной кабельной системы Systimax [125], что, впрочем, видно, если проанализировать ее характеристики. Тем не менее какими-либо сведениями о ее практическом применении авторы не располагают.

## **7.3. Устройства для передачи телевизионных сигналов**

Системы различного назначения, предназначенные для передачи телевизионных сигналов, являются на сегодняшний день третьими по важности после ЛВС и телефонии потребителями ресурсов СКС, причем удельный вес этих систем начал возрастать достаточно быстрыми темпами начиная с середины 90-х годов. Это обусловлено как стремительным увеличением уровня автоматизации и информатизации объектов недвижимости различного назначения в рамках концепции интеллектуального здания, так и значительным расширением областей применения структурированной кабельной разводки (промышленные предприятия, жилой сектор и т.д.). В настоящее время кабельные линии и тракты СКС поддерживают функционирование следующих видов приложений из области передачи изображений:

- системы эфирного, спутникового и кабельного телевидения;
- охранные системы;
- системы дистанционного контроля.

В процессе организации передачи телевизионных сигналов по электрическим кабельным трактам СКС с соответствующим преобразованием сопротивления приходится решать две основные технические задачи: согласование несимметричного интерфейса телевизионных устройств с симметричным входом-выходом кабельного тракта СКС и обеспечение требуемых показателей среды передачи сигнала, необходимых для высококачественного воспроизведения телевизионного изображения.

Техническим средством для согласования интерфейсов телевизионного устройства и кабельной системы является балун различной конструкции (см. раздел 3.4.2).

Необходимость уделять особое внимание к проблеме обеспечения требуемых качественных показателей тракта обусловлена тем, что затухание электрических кабелей типа витой пары возрастает по мере увеличения частоты примерно пропорционально корню квадратному из нее, то есть с крутизной 15 дБ на декаду (см. раздел 2.1.3). Это приводит к значительным амплитудно-частотным искажениям передаваемого широкополосного сигнала, что визуально оказывается в значительном снижении качества изображения верхних по спектру телевизионных каналов. Для устранения этого нежелательного эффекта используют различные технические решения, которые реализуются по двум основным схемам. Первая из них использована норвежской компанией Telesafe и основана на установке в тракте на расстоянии 60–75 м дополнительного корректирующего усилителя. Второй вариант исполнения разработан немецкой компанией Datwyler и основан на индивидуальной регулировке усилителя в зависимости от длины тракта. Данный подход удобен в реализации, однако верхняя частота спектра многоканального телевизионного сигнала реализующей его системы UNILan 2000 составляет 450 МГц против 862 МГц в системе WTP фирмы Telesafe. Кроме того, усилитель размещается в одном корпусе с балуном на рабочем месте (так называемый балун активного типа), что ставит перед разработчиком проблемы дистанционного питания.

Передача телевизионных сигналов по трактам СКС может выполняться как индивидуально, так и в режиме cable sharing. Подход первого типа реализуется с помощью балунов, внешних по отношению к панели (навесных или встроенных в шнур), и более характерен для трактов с кабелями UTP. Для обеспечения передачи телевизионных сигналов в горизонтальной подсистеме часто применяются кабели с верхней нормируемой частотой параметров 550–600 МГц (например, типа 3071 фирмы Lucent Technologies, Advance Net компании NEK/CDT).

Подход по принципу cable sharing применяется в трактах на кабелях S/STP и возможен по двум несколько отличающимся друг от друга разновидностям. Примером первой из них является система WTP норвежской компании Telesafe. Основу этой системы составляет 18-портовый усилитель-распределитель телевизионных сигналов (телевизионный концентратор по фирменной терминологии) типа 6500-703 с коэффициентом ветвления 1:18. На вход усилителя допускается подключение телевизионной антенны, выхода приемника спутникового телевидения, телекамеры системы видеонаблюдения и других аналогичных телевизионных устройств. Оконцовка кабеля S/STP в технических помещениях производится на специальный высокочастотный разъем типа CMG, а на рабочих местах пользователей применяется так называемая мультимедиа панель типа 6800-2010. В системе UNILan немецкой компании Datwyler в кроссовой используется 12-портовая активная патч-панель типа UniTV с коаксиальным разъемом для подключения источника телевизионных сигналов и разъемом Telco для подключения телефонных портов. Для питания усилителя телевизионных сигналов предназначен внешний сетевой источник. Основным достоинством первого решения является возможность обслуживания одновременно трех приложений (телевидение, ЛВС и телефон), преимущество подхода компании Datwyler (телевидение и телефон) заключается в использовании стандартных разъемов модульного типа.

Компанией AMP была предложена так называемая распределительная мультимедио-нальная система (Multimedia Distribution System). В числе элементов этой системы присутствует панель BUD. Благодаря наличию розеток модульных разъемов, а также внутреннего широкополосного усилителя с интерфейсом под коаксиальный кабель применение этой панели позволяет обеспечить рабочие места сотрудников телефонной связью, подавать на них телевизионные программы, устраивать видеоконференции и предоставлять другие виды сервиса, связанные с передачей видеосигналов.

## **7.4. Прочие разновидности активного оборудования**

Бегло упомянем также другие разновидности активного сетевого оборудования, предлагаемого некоторыми производителями СКС в составе своих систем, используемого для решения различных задач передачи и обработки информации, а также обеспечения функционирования сети.

*Системы интерактивного управления* кабельной системой применяются компаниями RiT Technologies и Lucent Technologies, они подробно рассмотрены в разделе 13.1.

*Сетевое оборудование ЛВС* нижнего уровня. Очень часто вводится в состав штатных компонентов решений для малых офисов, сектора SOHO и кабельных систем неофисного применения. Оно не имеет каких-либо технических особенностей по сравнению с оборудованием общего назначения за исключением фирменных адаптеров и переходников, облегчающих их установку в конструктивы различных видов.

Общие сведения об оборудовании ЛВС для сектора SOHO содержатся в разделе 6.4.2. В «больших» системах предложение сетевого оборудования общего назначения является скорее исключением, чем правилом. Так, в частности, на середину 2000 года довольно обширная номенклатура входит в состав СКС SignaMax фирмы AESP. До 1999 года активные приборы включались в каталог СКС Systimax фирмы Lucent Technologies без формирования для них специального кода, однако сейчас они выведены оттуда.

В самом конце 90-х годов быстро возросла популярность *устройств контроля параметров* как самих монтажных конструктивов, так и встроенного в них сетевого оборудования. Для выполнения этих функций могут применяться как специализированные приборы, выпускаемые фирмами-изготовителями монтажного оборудования (например, Rittal), так и системы, изначально ориентированные на решение других задач, но имеющие избыток вычислительных мощностей управляющих контроллеров. В качестве примеров последних укажем сканер системы PatchView фирмы RiT Technologies и систему менеджмента преобразователей среди Fiber Con M фирмы Alcatel.

## **7.5. Выводы**

Введение в состав штатных компонентов СКС активного оборудования различного назначения заметно увеличивает функциональные возможности кабельной системы как рыночного продукта.

Наиболее популярной разновидностью активного сетевого оборудования, входящего в состав СКС, являются устройства ЛВС с волоконно-оптическим интерфейсом и системы для передачи телевизионных сигналов.

Серийные образцы сетевого оборудования включаются в официальный каталог достаточно многочисленной группой производителей СКС, имеют номер заказа, сформированный аналогично пассивным компонентам, и открывают перед пользователями

преимущества получения полного решения из одних рук при реализации нижнего уровня информационно-вычислительной сети предприятия.

Необходимость учета специфических условий монтажа и эксплуатации кабельных трактов СКС приводит в ряде случаев к необходимости использования многочисленных оригинальных конструктивных решений и изменений в конструкции активных приборов, которые делают данную область отдельным самостоятельным направлением развития техники сетевого оборудования.

# ГЛАВА VIII

## ЗАЗЕМЛЕНИЕ В КРОССОВЫХ И В МАШИННЫХ ЗАЛАХ

Качество передачи сигналов по сетевым оборудованием СКС напрямую зависит от организации заземления в кроссовых и в аппаратных. Оно необходимо для:

- предотвращения поражения обслуживающего персонала электрическим током;
- защиты сетевого оборудования и кабельных каналов связи от внешних помех и для снижения уровня ЭМИ;
- обеспечения надежного прохождения сигналов для некоторых видов сетевого оборудования.

Принципы организации заземления определены в «Правилах устройства электроустановок» (ПУЭ) [126].

В СКС для защиты от воздействия внешнего ЭМИ могут применяться экранированные кабели, заземленные с одного или с двух концов. Эффективность действия экрана зависит от «чистоты» земли, то есть от постоянства ее потенциала на всем протяжении. Эти функции обычно выполняет шина заземления. Ввиду отличного от нуля сопротивления шины токи, стекающие в землю, могут приводить к колебаниям ее потенциала. За счет этого при неэффективном заземлении экран витых пар может привести даже к обратному действию, то есть ухудшению качества связи.

Для низкочастотного сетевого оборудования, работающего по схемам небалансной передачи, потенциал земли принимается за нулевое значение. Относительно него изменяются уровни всех передаваемых сигналов, а сама земля используется для замыкания контуров протекания сигнальных токов. Понятно, что колебания уровней потенциалов земли на двух концах канала связи относительно друг друга могут приводить к сбоям в связи. Более того, при значительной амплитуде (например, при возобновлении подачи электроэнергии с городской подстанции после ее отключения) возможно повреждение приемо-передающих устройств сетевого оборудования. Например, известны случаи, когда выходили из строя все сетевые адAPTERы, подключенные к сегменту сети Ethernet на тонком коаксиальном кабеле с заземленным экраном.

Исходя из перечисленного выше, при проектировании заземления СКС, наряду с обеспечением электробезопасности, также должны приниматься во внимание вопросы высокого качества связи. На практике приходится сталкиваться с самыми разными подходами электриков, связистов и специалистов в области ЛВС. Одни советуют снижать сопротивление главного заземляющего контура здания путем увеличения площади поперечного сечения проводников. Другие рекомендуют повысить эффективность самого элемента заземления, обеспечивающего контакт с грунтом, то есть увеличение его площади или даже искусственное обеспечение постоянной сырости грунта. Третьи в дополнение к штатному проектируют дополнительное функциональное, или сигнальное, заземление. Его сеть имеет подключение к основному заземляющему контуру всего в одном месте, которое находится

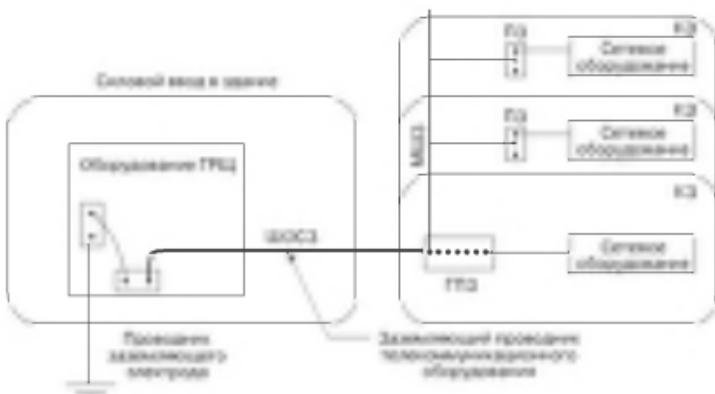


Рис. 8.1. Схема телекоммуникационного контура заземления:  
ГРЩ – главный распределительный щит здания; ГПЗ – главная пластина заземления;  
МШЗ – магистральная шина заземления; ПЗ – пластина заземления;  
ШОЗ – шина заземления к основной системе заземления

в непосредственной близости от места ввода в здание нулевой шины с подстанции и/или элементов, имеющих контакт с грунтом. Четвертые утверждают, что их связное оборудование имеет гальваническую развязку и рассматриваемая проблема просто неактуальна.

Опыт показывает, что только полная совокупность мер по обеспечению высококачественного заземления позволяет получить не только надежную защиту от поражения электрическим током, но и высокое качество передачи информации. Дополнительным обстоятельством, на которое следует обратить самое серьезное внимание, является широкое распространение сетевого оборудования с использованием земли для передачи сигналов: кабельное телевидение, телекоммуникационная аппаратура с небалансной передачей. К тому же возникает необходимость обеспечения нормального функционирования систем, построенных на кабелях с экраном.

Ниже в качестве информации приводятся основные требования и рекомендации стандарта TIA/EIA-607 по организации заземления в кроссовых и аппаратных. Идея, заложенная в этот стандарт, заключается в том, что в дополнение к системе защитного заземления (для Российской Федерации под ним понимается заземление, выполненное в соответствии с требованиями ПУЭ) в кроссовых и аппаратных создается второй телекоммуникационный контур заземления. Он иногда называется *контуром рабочего заземления* (рис. 8.1) и позволяет уравнять разность потенциалов между техническими помещениями.

Необходимость применения телекоммуникационного контура заземления обусловлена тем, что контур защитного заземления предназначен в первую очередь для отвода токов высоковольтных сетей электропитания частотой 50 Гц. Поэтому из-за значительной индуктивности его проводников на частотах свыше 1 МГц эффективность этой системы может сильно уменьшиться [127].

Телекоммуникационный контур заземления соединяется с основным в непосредственной близости от места ввода в здание нулевого проводника и/или системы заземляющих электродов. Кроме того, он может быть дополнительно подключен к нему через заземленные

металлические конструкции здания. Сетевое оборудование в кроссовых и аппаратных должно подключаться к сети электропитания через розетки с заземляющими контактами, причем последние связаны с основным заземляющим контуром. Заземляющий контакт вилки гальванически связан с корпусом сетевого оборудования. За счет этого телекоммуникационный контур может иметь дополнительные подключения к основному и работать параллельно с ним.

Также его применение обеспечивает эффективное выравнивание потенциалов земли в кроссовых и аппаратных относительно друг друга. Одновременно он гарантирует надежное заземление сетевого оборудования независимо от состояния основного заземляющего контура.

Телекоммуникационный контур состоит из:

- нескольких пластин заземления, одна из которых является главной;
- магистральных и межмагистральных шин;
- шин подключения к основной системе заземления.

Все проводники и гибкие шины, используемые в телекоммуникационном контуре заземления, должны быть изготовлены из меди, иметь изоляцию и сечение не менее 6 AWG (диаметр 4,12 мм, площадь поперечного сечения 13,3 мм<sup>2</sup>). Самое общее правило, применяемое к выбору сечения этих проводников, гласит: сопротивление между точками заземления не должно превышать 1 Ом [69]. Все соединения пластин с магистральными шинами выполняются сваркой.

*Главная плата заземления* предназначена для подключения к ней магистральных шин заземления, шины подключения к основной системе заземления и расположенного рядом сетевого оборудования. Кроме того, к ней должны быть подключены все проходящие мимо металлические конструкции кабельных каналов – трубы, поддоны, лотки и т.д. Конструктивно она представляет собой металлическую пластину толщиной не менее 6 мм и минимальной шириной 100 мм. Длина определяется местными условиями. Пластина снабжается отверстиями для крепления к элементам конструкции здания и для подключения заземляющих проводников сетевого оборудования (например, с помощью винтового зажима).

Выбор места расположения главной пластины определяется компромиссом между стремлением приблизить ее к месту ввода в здание внешних магистральных телекоммуникационных кабелей и минимизацией длины шины подключения к основной системе заземления.

По возможности главная плата подключается к ближайшим и хорошо заземленным металлическим конструкциям здания.

*Пластины заземления* располагаются в кроссовых и аппаратных. Они соединены с магистральными шинами и предназначены для подключения заземляющих проводников сетевого оборудования, монтажных шкафов, а также других металлических конструкций кабельных каналов.

Пластина заземления аналогична главной плате, только ее минимальная ширина должна составлять не менее 50 мм.

Желательно, чтобы одна или несколько пластин заземления были подключены к расположенным рядом и хорошо заземленным металлическим конструкциям здания.

*Магистральные шины заземления* соединяют пластины в кроссовых с главной из них. К одной магистральнойшине может быть подключено несколько пластин заземления, находящихся в разных кроссовых. В большом здании допускается наличие нескольких магистральных шин заземления, расходящихся звездой от главной пластины заземления. При выборе схемы проводки магистральных шин целесообразно, с одной стороны, минимизировать

их длину, а с другой стороны, приблизить ее к структуре подсистемы внутренних магистралей СКС.

Дополнительно отметим, что систему водопроводных труб здания нельзя использовать в качестве магистральных шин заземления.

*Межмагистральные шины заземления* используются для дополнительного выравнивания потенциалов магистральных. В многоэтажных зданиях с двумя или более вертикальными магистральными шинами заземления они должны быть связаны между собой межмагистральными на верхнем этаже и ниже не реже, чем на каждом третьем этаже.

*Шина подключения основной системе заземления* соединяет главную пластину с основной системой заземления здания. Ее сечение должно быть не меньшим, чем у магистральных шин заземления. Подключение следует производить непосредственно на проводник к системе заглубленных электродов, имеющих хороший электрический контакт с грунтом.

Отметим также, что стандарт EN 50173 требует, чтобы разность потенциалов между двумя точками подключения заземления не превышала 1 В. В тех ситуациях, когда не удается достичь выполнения этого условия простыми средствами, для связи должны использоваться только волоконно-оптические системы с применением кабелей, в которых отсутствуют металлические элементы.

Кроме обеспечения защитного заземления в практике построения кабельных систем часто встречается необходимость заземления экрана шнуров из витых пар. Стандарты по СКС не дают четких рекомендаций по выполнению этого заземления, так как эта проблема пока не изучена в полном объеме. Исходя из своего практического опыта, авторы рекомендуют придерживаться следующих правил:

- в аппаратных и кроссовых экраны должны заземляться на телекоммуникационный контур;
- экраны кабелей подсистемы внутренних магистралей следует заземлять с обоих концов в аппаратных и кроссовых;
- экраны горизонтальных кабелей достаточно заземлять только с одной стороны – в кроссовых (по схеме с односторонним заземлением).

Прокомментируем последнее положение более подробно. Приведенное утверждение связано с тем, что заземление со стороны рабочих мест реально может осуществиться только на шину «грязного» защитного заземления. В свою очередь это означает, что такой подход может привести к прямо противоположному эффекту: снижению эффективности экрана и качества связи. Поэтому экранированные модульные разъемы рекомендуется применять только на сетевом оборудовании, установленном в кроссовых и аппаратных, а не на рабочих местах. Полное экранирование всего тракта передачи сигнала от разъема до разъема оконечных шнуров возможно только в случае применения на рабочих местах специальных оконечных шнуров с гальваническим разрывом экрана, рассмотренных в разделе 3.4.1. Однако такая разновидность шнуров крайне редко встречается на российском рынке.

# ГЛАВА IX

## Пожарная безопасность

### 9.1. Общие положения

Современная СКС построена по звездообразной топологии и поэтому может содержать десятки и даже сотни километров кабеля, суммарной массой достигая нескольких десятков тонн. Подавляющее большинство этих кабелей укладывается внутри здания в составе горизонтальной подсистемы и подсистемы внутренних магистралей. Для изоляции металлических жил в электрических кабелях, защиты волоконных световодов в оптических и формирования структуры сердечника в обеих конструкциях широко используются полимерные материалы. Их краткий перечень приведен в табл. 9.1. Воздействие пламени на эти материалы при пожаре может привести к следующим отрицательным факторам:

- дальнейшему распространению пламени вдоль кабельной трассы (эффект бикфордова шнура);
- возникновению вторичных очагов возгорания, вызванных горящими каняями расплавленного материала различных оболочек;
- обильному выделению дыма, который затрудняет эвакуацию персонала и борьбу с огнем;
- выделению токсичных галогеносодержащих и коррозионных газов.

Обеспечение противопожарных характеристик кабелей, требуемых нормами, достигается использованием в их конструкции специально подобранных материалов. В первую очередь полимерные материалы должны быть негорючими. Количественной мерой горючести является так называемый кислородный, или ОІ-коэффициент (от англ. Oxygen-Index), иногда называемый также кислородным индексом [128]. Под этой величиной понимается минимальное процентное содержание кислорода в потоке азотно-кислородной смеси, при котором начинается самостоятельное горение зажигаемого сверху вертикально расположенного образца материала без подвода внешней теплоты. Материалы являются негорючими, если их ОІ-коэффициент выше 32, а при значении менее 23 материал считается горючим. Полиэтилен, в массовых масштабах применяемый в кабелях различного назначения, является типичным горючим материалом. Иногда дополнительно указывается также так называемый температурный коэффициент, который численно равен температуре, создаваемой горючим материалом.

Сложность решения в выборе подходящего материала обусловлена тем, что известные негорючие материалы, характеристики которых позволяют применять их в кабельной технике, обязательно содержат в своем составе галогены (чаще всего хлор или фтор, бром, который по медицинским соображениям используется значительно реже). Эти химические вещества под воздействием высокой температуры образуют агрессивные летучие кислоты с удушающим действием на людей и животных. И наоборот, материалы без галогенов отличаются пониженной стойкостью к воздействию высокой температуры. Объясняется данный факт высокой химической активностью галогенов, которые поэтому очень прочно

связаны с другими атомами материала оболочки и играют роль своеобразного цемента, то есть препятствуют разложению полимера на отдельные составляющие при пожаре. Промежуточное положение между галогенсодержащими и не содержащими их материалами занимают так называемые комиаунды. Так, например, огнестойкость полистирила может быть существенно улучшена добавлением к нему бромсодержащих присадок.

Таблица 9.1. Основные виды полимерных материалов кабелей СКС

Материал	Область применения	Основные свойства
Поливинилхлорид (PVC)	Оболочки	Негорючий, галогенсодержащий
Фторированные полимеры (FEP, ETFE)*	Изоляция плектум-кабелей	Негорючий, галогенсодержащий
Полиэтилен (PE)	Изоляция	Безгалогенный, горючий
Полипропилен (PP)	Изоляция, заполнители	Безгалогенный, горючий
Полистирол (PS)	Пленки	Безгалогенный, горючий
Полиуретан (PUR)	Оболочки	Безгалогенный, горючий

\* Teflon фирмы Дюпон и Neoflon фирмы Дай\*\*

Другой добавкой, часто применяемой для улучшения противопожарных параметров кабелей, является гидроксид алюминия. Под воздействием высокой температуры происходит эндотермическое расщепление этого вещества по формуле  $2\text{Al}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$  – 300 кДж. Эта реакция сопровождается поглощением значительного количества теплоты, что оказывает угнетающее действие на дальнейшее распространение пламени.

Серьезное внимание вопросам обеспечения пожарной безопасности кабелей СКС начало уделяться только в конце 80-х – начале 90-х годов. К настоящему времени разработан ряд международных стандартов. Кроме того, многие страны имеют свою национальную нормативную базу по пожарной безопасности кабельных систем. Однако считается, что имеющиеся нормативные документы регламентируют не все вопросы пожарной безопасности СКС, и исследования в этом направлении будут продолжены. На момент написания данной работы авторам был известен только один российский стандарт по пожарной безопасности кабельных систем [129]. Поэтому излагаемый далее материал основан главным образом на требованиях зарубежных нормативных документов.

## 9.2. Сопротивляемость горению и распространению пламени

### 9.2.1. Состояние стандартизации

При возникновении очага возгорания протяженные кабельные системы, охватывающие все здание, потенциально могут сами поддерживать процесс горения и являться причиной распространения огня. Поэтому сопротивляемость горению и распространению пламени регламентируется рядом стандартов:

- в США и Канаде определениями NEC (National Electrical Code), изложенными в статьях 725, 760, 770, 800 и 820. Определения NEC разработаны национальной ассоциацией по пожарной безопасности NFPA (National Fire Protection Association) и пересматриваются каждые 3 года;

- в Европе требованиями IEC 332 Международного электротехнического комитета (International Electrotechnical Committee) и требованиями HD 405 Европейского комитета по стандартизации электротехники CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardization).

Мы остановимся в основном только на требованиях NEC. В статьях 725, 760, 770, 800 и 820 (см. табл. 9.2) приводятся требования по пожарной безопасности к слаботочным кабельным системам, то есть к таким, которые сами не могут быть причиной возгорания.

Таблица 9.2. Статьи NEC по слаботочным кабелям

Статья	Название	Обозначение кабелей	Примеры использования кабелей
725	Удаленное управление классов 1, 2, 3, передача сигналов и слаботочные цепи	CL2 (Class 2 Power Limited) CL3 (Class 3 Power Limited)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• промышленные системы управления</li> <li>• передача данных</li> </ul>
760	Системы противопожарной сигнализации	FPL (Power Limited Fire Protective Signaling)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• датчики противопожарной сигнализации</li> </ul>
770	Волоконно-оптические кабели	OFC (Optical Fibre, Conductive) OFN (Optical Fibre, Nonconductive)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ЛВС</li> </ul>
800	Коммуникационные цепи	CM (Communications)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ЛВС</li> <li>• телефония</li> <li>• системы широкой информации</li> </ul>
820	Телевизионные антенны коллективного пользования и системы радиовещания	CATV (Community Antenna Television)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• телевидение</li> <li>• камеры видеонаблюдения</li> </ul>

Определения NEC предусматривают четыре уровня сертификации слаботочных кабелей по пожарной безопасности. Из них наивысшим считается первый уровень, а самым низким – четвертый.

**Уровень 1. Plenum-кабели (Plenum Cable).** К их числу относятся кабели, которые можно без каких-либо ограничений открыто прокладывать в так называемых plenum-полостях. Под последними понимается такое пространство между подвесным потолком и этажным перекрытием над ним, в которое возможен приток воздуха в достаточных для поддержания процесса горения объемах. Plenum-полостью в некоторых случаях считается также пространство под фальшполом, потому что туда также возможен приток воздуха из-за наличия в зале других plenum-полостей, внешних трубопроводов или иных аналогичных конструкций.

При производстве plenum-кабелей производители придерживаются двух различных подходов [130]. Согласно первому для изготовления всех изоляционных покровов используются исключительно малодымные негорючие материалы, второй подход основан на применении огнестойких материалов только для внешних оболочек. Недостатком первого варианта считается некоторое ухудшение электрических характеристик кабеля и заметный рост его стоимости. Вторая груша решений резко уменьшает пожаростойкость в случае повреждения внешней оболочки, однако изготовленная в соответствии с ней продукция является более дешевой из-за меньшей стоимости применяемых материалов и возможности использования стандартной технологии производства.

Кроме сопротивляемости горению и распространению огня pленит-кабели обязательно проверяются на уровень выделения дыма (тест UL 910).

Маркировка кабелей, прошедших сертификацию на уровень Plenit, дополняется добавлением к соответствующему обозначению из третьей колонки табл. 9.2 индекса R, например СМР – телекоммуникационный pленит-кабель. Горизонтальные кабели СКС в практике в подавляющем большинстве случаев прокладываются именно в pленит-полостях.

Отметим также, что негорючие материалы типа тефлона, пригодные для применения в качестве изоляции отдельных проводников, являются очень дорогими. Поэтому для удешевления кабельной продукции их иногда применяют для изоляции проводов только части пар, причем количество этих пар указывается в названии и/или ТУ на кабель. Например, кабель типа 3+1 имеет одну пару с изоляцией из тефлона или его аналога и три пары из обычных материалов.

Из-за ориентации определений NEC на специфические особенности американских офисных зданий и монопольного положения Underwriters Laboratories тестирование по норме UL-910 европейскими производителями кабельной продукции производится в ограниченном объеме.

**Уровень 2. Кабели для стояков (Riser Cable).** Кабель для стояков, или riser-кабель, можно прокладывать без дополнительной защиты в вертикальных стояках зданий. Наличие сертификата на эту область применения отмечается добавлением к соответствующему обозначению кабеля из третьей колонки табл. 9.2 индекса R, например СМР – коммуникационный кабель для стояков.

**Уровень 3. Кабель общего применения (General Purpose Cable).** Его можно прокладывать без каких-либо ограничений в любых местах здания кроме pленит-полостей и вертикальных стояков. Не имеет специальной маркировки.

**Уровень 4. Кабель ограниченного применения (Limited Use Cable).** Имеет определенные ограничения на открытую прокладку, например, его использование допускается только в жилых зданиях, разрешается прокладка только в трубах из несгораемого материала, или лимитируется максимальный диаметр и т.д. Кабели, сертифицированные на эту область применения, маркируются добавлением к соответствующему обозначению из третьей колонки табл. 9.2 индекса X, например СМХ – коммуникационный кабель ограниченного применения. Волоконно-оптические кабели и кабели для систем противопожарной сигнализации не имеют вариантов конструктивного исполнения для ограниченного применения.

Сертификация кабелей на тот или другой уровень производится по результатам проведения его тестовых испытаний. Определения NEC предусматривают проведение тестирования UL (Underwriters Laboratories) лабораторией. В табл. 9.3 приводятся названия UL тестов для каждого уровня. Кабелю, успешно выдержавшему испытания, выдается соответствующий сертификат.

Таблица 9.3. UL тесты для сертификации слаботочных кабелей

Уровень	Обозначение сертификата	Название UL теста
1	CL2P/CL3P, FPLP, OFCP/OFNP, CMP, CATVP	UL 910
2	CL2R/CL3R, FPLR, OFCR/OFNR, CMR, CATVR	UL 1666
3	CL2/CL3, FPL, OFC/OFN, CM, CATV	Vertical Tray
4	CL2X/CL3X, CMX, CATVX	VW-1

## **9.2.2. Маркировка уровня пожаростойкости кабелей**

Информация о пожаростойкости кабелей СКС обычно отражается в его маркировке на оболочке. На момент подготовки данной монографии к печати авторам не были известны какие-либо нормативные документы, регламентирующие правила нанесения такой маркировки. Поэтому отметим только некоторые общие положения, которые сложились в отрасли на правах стандарта де-факто.

Информация о принадлежности кабеля к классу Plenum и Riser отмечается непосредственным нанесением этих надписей на оболочку. Кроме того, в состав маркировки может вводиться следующий буквенный индекс:

FR	Flame Retardant	Огнестойкий
LS	Low Smoke	С малым уровнем выделения дыма
NC	Non Corrosive	Отсутствие коррозионного действия
OH, ZH, HF	No (Zero) Halogen, Halogen-free	Без галогенов

В том случае, если кабель отвечает одновременно нескольким требованиям, его «противопожарный» буквенный индекс составляется из указанных сокращений, которые пишутся подряд без каких-либо разделителей. Например, LSOH означает, что кабель выделяет мало дыма и не содержит галогенов.

Отметим также, что сокращение NC применяется достаточно редко, так как отсутствие коррозионного действия напрямую связано с безгалогенным материалом оболочки.

В нашей стране в ограниченном количестве выпускаются оптические кабели для внешней прокладки с наружной оболочкой из негорючего материала. Такие кабели согласно действующим нормам используются для организации вводов в здания. В случае их применения можно не делать переход на кабель внутренней прокладки. Свойство негорючести внешней оболочки отмечается дополнительной строчной буквой «н» в наименовании типа кабеля. Например, ОКСТн – кабель типа ОКСТ с оболочкой из негорючего материала.

## **9.3. Другие вредные факторы при пожаре**

### **9.3.1. Выделение дыма**

Дым, выделяемый горящими кабелями, приводит к сильному ограничению видимости (коэффициент светопронускания падает на 90 и более процентов), а при значительном уровне задымления приводит к панике и оказывает удушающее действие на людей и животных. Эти два фактора существенно затрудняют эвакуацию персонала из горящего здания и борьбу с огнем. Поэтому уровень выделения дыма при воздействии пламени на кабельные изделия контролируется достаточно жестко и регламентируется рядом стандартов:

- в США и Канаде – определениями NEC статьи 725, 760, 770, 800 и 820;
- в Европе – требованиями IEC 1034-2 Международной электротехнической комиссии и документа HD 606.2 S1 Европейского комитета по стандартизации электротехники CENELEC;
- в Российской Федерации уровень выделения дыма различных твердых веществ и материалов, в том числе полимеров, регламентируется ГОСТ 12.01.044-89 [1].

Сам процесс проверки уровня выделения дыма, известный как тестирование по норме UL 910, согласно зарубежным нормативным документам проводится фотометрическим

методом в испытательной камере размером  $3 \times 3 \times 3 \text{ м}^3$  (отсюда встречающееся иногда в специальной литературе название «кубический тест») – рис. 9.1. Источником теплоты служит 1 литр спиртовой смеси (90% этанола, 4% метанола и 6% воды). Равномерность распределения дыма, образующегося при горении, обеспечивается применением вентилятора и установкой защитной стенки, закрывающей испытуемые образцы. В качестве меры выделяемого дыма служит изменение коэффициента светопронускания или оптической абсорбции, регистрируемое световым затвором, который установлен в камере испытательного стенда. Кабель считается выдержавшим тест, если коэффициент светопронускания не падает ниже 60%. Кроме сопротивляемости горению и распространению пламени в этом teste замеряется никовое и общее количество выделяемого дыма, а также изменение коэффициента светопронускания во времени.



*Рис. 9.1  
Схема экспериментальной установки  
для определения уровня  
выделения дыма*

Результаты экспериментальных исследований показывают, что фторополимеры и мало-дымяные компаунды в отличие от поливинилхлорида создают дым белого цвета, который вызывает падение коэффициента светопронускания не более чем на 10–15%, то есть значительно снижает уровень пожарной опасности.

Отметим, что согласно требованиям статей NEC в plenum-шлюзах запрещается открыто проекладывать кабели, которые не выдержали испытания рассмотренным выше тестом UL 910.

### **9.3.2. Токсичные и удушающие газы**

Выделяемые при горении кабелей летучие галогенсодержащие газы (соединения хрома, брома, фтора и йода) оказывают на людей и животных отравляющее и удушающее действие. При соединении этих газов с влагой образуются очень агрессивные кислоты (плавиковая HF и соляная HCl), которые приводят к выводу из строя электронного оборудования, а при значительной концентрации и продолжительности их воздействия сопровождается даже повреждениями конструкции здания.

Статистические данные свидетельствуют о том, что 90–95% смертельных случаев при пожарах возникает при отравлении людей окисью углерода (угарным газом). Каких-либо достоверных сведений об отравлениях газообразными галогенсодержащими составами к середине 90-х годов по крайней мере в Западной Европе зарегистрировано не было. Поэтому существующими нормативными документами токсичность продуктов горения не нормируется, хотя в настоящее время разработка документа, регламентирующего этот параметр, проводится IEC.

Стандарты достаточно жестко нормируют уровни галогенсодержащих веществ в газообразных продуктах горения с целью минимизации их коррозионного действия. Основным нормативным документом в этой области является стандарт IEC 754, часть 2. Кабели, которые удовлетворяют его требованиям, обычно называют безгалогенными (zero halogen).

Эксперимент для проверки уровня галогенидов достаточно прост. Образец провода полностью сжигается в герметичной камере. Газообразные продукты горения откачиваются из нее через водяной затвор. В процессе дальнейшего анализа традиционными химическими методами контролируется параметр pH и проводимость проб воды из затвора. Если величина pH не превышает 4,3, а электрическая проводимость не поднимается выше 10 мкСм/мм, считается, что контролируемый кабель не оказывает коррозионного действия при горении.

Мерой токсичности продуктов горения полимерных материалов по ГОСТ 12.1.044-89 [128] является так называемый показатель токсичности, определяемый как отношение количества материала к единице объема замкнутого пространства, в котором образующиеся при горении материала газообразные продукты вызывают гибель 50% подопытных животных. Классификация материалов по значению показателя токсичности продуктов горения приведена в табл. 9.4.

*Таблица 9.4. Классификация полимерных материалов по классам опасности продуктов горения*

Класс опасности	нг/м <sup>3</sup> при времени экспозиции, мин			
	5	15	30	60
Чрезвычайно опасны	До 25	До 17	До 13	До 10
Опасны	25–70	17–50	13–40	10–30
Умеренно опасны	70–210	50–150	40–120	30–90
Мало опасны	Св. 210	Св. 150	Св. 120	Св. 90

Упомянутый выше ГОСТ не определяет вид подопытных животных, а требуемые им эксперименты трудны в реализации и сложны в воспроизведении. Поэтому на практике иногда находят применение косвенной методики определения уровня токсичности газообразных продуктов горения. Так, согласно английской норме NES 713 или эквивалентной ей французской норме NFC 20454 мерой токсичности является специальный безразмерный коэффициент. Его величина рассчитывается исходя из химического состава газообразного материала по специальной формуле. Считается, что при значении данного коэффициента менее 5 в такой атмосфере человек может находиться на протяжении 15 минут без каких-либо вредных последствий для своего здоровья [131]. Как правило, кабель, при разработке которого принимались во внимание вопросы пожарной безопасности, удовлетворяет требованиям теста NES 713.

Полному вытеснению галогенсодержащих конструкций кабельных изделий из широкого применения препятствует относительно низкая сопротивляемость горению и более высокая стоимость материалов без содержания галогенов. Последнее обусловлено повышенной

стоимостью исходного сырья и необходимостью применения специальных экструдеров для наложения оболочек. Также немаловажное значение имеют несколько худшие прочностные характеристики и, как следствие этого, плохие массогабаритные показатели кабелей с низким содержанием галогенидов.

### **9.3.3. Пожарная нагрузка**

Под пожарной нагрузкой понимается количество энергии, выделяемое при горении единицы длины кабеля. Фактически она является количественной мерой сопротивляемости кабелей дальнейшему распространению пламени. Величина этого параметра, который измеряется в МДж/м или в кВт·ч/м, существенно зависит от типа материалов, применяемых для изготовления кабеля (табл. 9.5). Авторам данной работы известен только один национальный нормативный документ, задающий величину пожарной нагрузки. Согласно норме Союза немецких электротехников DIN VDE 0108, часть 1 (октябрь 1988 года) кабели, предназначенные для прокладки в вертикальных стояках, в оболочках которых не используются галогенсодержащие материалы, должны иметь значение параметра пожарной нагрузки не выше 14 кВт·ч/м. Для других, в конструкции которых применяются галогенсодержащие материалы (например, поливинилхлорид), это значение не должно превышать 7 кВт·ч/м.

Таблица 9.5. Пожарная нагрузка некоторых кабельных изоляционных материалов [132]

Материал	Сокращенное наименование	Пожарная нагрузка, кВт·ч/м
Поливинилхлорид	PVC	4,2–6,1
Полистирол	GF-UP	0,9–5
Поликарбонат	PC	2,8
Полиамид	PA	8,9
Полипропилен	PP	8,9
Полиэтилен	PE	9,4–13
Полистирол	PS	10,2–11,7

## **9.4. Экспериментальное тестирование кабельных изделий**

### **9.4.1. Тестирование по ГОСТ и IEC**

Нормами IEC и ГОСТ 12176-89 [129] предусматривается два вида тестирования противопожарных характеристик кабельной продукции. При выполнении теста IEC 332.1 проверяется вертикально висящий кабель длиной 600+25 мм, на который воздействует пламя одной или двух газовых горелок Бунзена с внутренним диаметром отверстия сошла 9 мм. Продолжительность тестирования по IEC 332.1 составляет 60 с. В момент завершения тестирования повреждения от действия пламени не должны достигать верхнего конца кабеля, а горение полимерных материалов его конструкции должно прекратиться после прекращения подачи газа к горелке.

Более жестким является проверка по тесту IEC 332.3. В этом случае проверяется вертикально висящий пучок кабелей длиной  $3500 \pm 50$  мм, шириной не более 300 мм. Он крепится с помощью проволоки по центру держателя в виде вертикальной лестницы с девятью перекладинами. Источником пламени служит ирониевая горелка ленточного типа с теплотворной способностью 1,23 МДж/мин, продолжительность тестирования увеличена до 20 или 40 минут в зависимости от категории испытуемого образца. Считается, что выдерживают тест те, у которых высота поврежденного пламенем участка не превышает 3 м (по IEC 332.3) или 2,5 м (по ГОСТ 12176-89), то есть отечественный стандарт задает более жесткие требования к противоножарным характеристикам.

Оба упомянутых выше нормативных документа достаточно детально регламентируют конструкцию испытательных камер, правила подготовки образцов и применяемого в процессе тестирования оборудования.

#### 9.4.2. Тестирование по нормам UL

Испытания конструкций *ограниченного применения* выполняются в соответствии с нормами теста UL VW-1 и проводятся на установке по схеме рис. 9.2. Пламя создается горелкой Торилла (Torill), которая является функциональным аналогом горелки Бунзена. Тестирование состоит из нескольких циклов. Каждый цикл включает в себя 15 с воздействия пламени, после чего подача газа прекращается на 15 с или до момента, когда провод прекращает дымиться раньше чем истечет 15 с. Описанный процесс повторяется 5 раз.

Образцы считаются успешно прошедшими тест, если:

- они не дымятся более 60 с;
- горят не более 25% бумажного индикаторного флагжа Крафта (Kraft);
- не загорается хирургический хлопок у основания горелки, что показывает отсутствие вторичных очагов возгорания, вызываемых ка-нающим горящим материалом.

Источник зажигания является достаточно маломощным (теплотворная способность составляет менее 60 кДж/мин), образец подвергается воздействию пламени только на протяжении 75 с и поэтому тест VW-1 позволяет эффективно оценивать только противоножарные характеристики проводов малого диаметра.

Испытательным стендом для *конструкций общего применения*, который нормируется тестом Vertical Tray, служит вертикальная кабельная стойка шириной 305 мм и высотой 2,4 м (рис. 9.3). В качестве источника пламени используется 10-дюймовая ленточная горелка с номинальной теплотворной способностью 1,27 МДж/мин. Для заправки применяется смесь из одной части ирониана и шести частей воздуха. Горелка располагается на уровне 61 см от пола и создает в рабочей зоне температуру 815 °С.

В центральной секции стойки шириной 150 мм в один ряд укладываются кабели. Расстояние между кабелями должно равняться половине их диаметра,

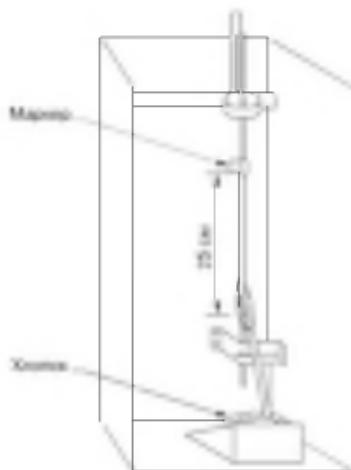


Рис. 9.2 Хлопок для испытаний кабелей ограниченного применения

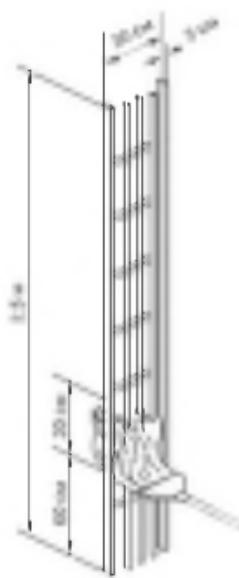


Рис. 9.3. Испытательная установка для проверки конструкций общего применения

а длина образца выбирается равной 2,4 м (восемь футов). На кабели действует пламя горелки, причем ее сошло и давление подачи газа выбираются таким образом, чтобы огонь воздействовал на 22–30 см длины образцов. Горелка работает в течение 20 минут, образцы оставляют гореть после ее выключения.

Кабель считается выдержавшим испытание, если после выключения горелки огонь затухнет раньше, чем дойдет до верхнего конца стойки.

Из описания видно, что тесты Vertical Tray и IEC 332.3 практически совпадают друг с другом как по методике проведения испытаний, так и по оценке результатов.

Одним из недостатков этого теста, вызванного требованием расположения образцов на расстоянии половины диаметра кабеля, является сложность его применения к изделиям малого диаметра. Для его устранения Канадской Ассоциацией Стандартов (CSA) была разработана модификация теста, согласно которой кабели с внешним диаметром менее 13 мм должны быть сгруппированы вместе по три или более, с минимальным диаметром связки не менее 13 мм. Далее тест проводится с такими же условиями. В другой версии CSA предложила установить максимальное расстояние между кабелями равным 15 мм.

Испытательный стенд для тестирования конструкций типа Riser, имитирующий условия прокладки в вертикальных стояках, изображен на рис. 9.4 и реализует условия проверки, предусмотренные тестом UL-1666. Прошаповая горелка имеет теплотворную способность 8,7 МДж/мин, продолжительность тестирования составляет 30 мин. Кабель считается выдержавшим тест, если высота выгоревших участков изоляционных покровов не превышает 3,7 м. При нормальной высоте потолка офисного здания 4 м это означает, что конструкция типа Riser блокирует распространение пламени между этажами через кабельные стояки.

шым тест, если высота выгоревших участков изоляционных покровов не превышает 3,7 м. При нормальной высоте потолка офисного здания 4 м это означает, что конструкция типа Riser блокирует распространение пламени между этажами через кабельные стояки.

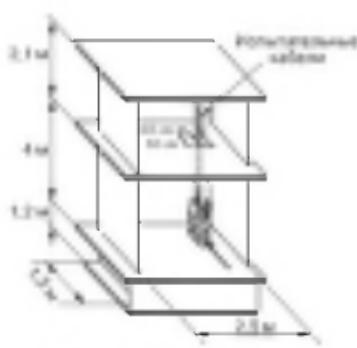


Рис. 9.4. Испытательный стенд для тестирования конструкций типа Riser

Тестирование конструкций типа Riser осуществляется в так называемом 25-футовом туннеле Штайнера (Steiner) – рис. 9.5, который представляет собой близкую к действительности модель реальных полостей с внутренним сечением 45×30 см и позволяет провести комплексное тестирование кабеля по ряду противопожарных характеристик. Одиничный кабель или пучок кабелей длиной 7,3 м укладывается в один слой на поверхность стола в туннеле, источником пламени служат две метановые горелки с общей теплотворной способностью 5,3 МДж/мин, скорость потока воздуха в туннеле поддерживается на уровне 80 м/мин с предварительным нагревом до 70 °C. Продолжительность тестирования составляет десять минут. За распространением огня по кабелю можно наблюдать через окошки из жаро-прочного стекла, расположенные в кожухах на

расстоянии 30 см друг от друга. Уровень дыма, выделяемый при горении изоляционных покровов, фиксируется датчиками в дымоотводной трубе и не должен вызывать падение коэффициента светопропускания более чем на 50%.

Тестируемая конструкция может быть отнесена к категории *plenish* в том случае, если длина выгоревшего участка не превышает 1,5 м от конца 140-сантиметрового языка пламени горелки. Жесткость теста дополнительно увеличивается за счет того, что стены туннеля не позволяют рассеиваться теплоте сгоревшего газа и она воздействует на всю длину испытуемого образца. Экспериментально установлено, что данный тест выдерживает только те кабели, при разработке которых учитывались действующие нормы пожарной безопасности.

Дополнительно отметим, что наиболее жесткой считается проверка в исследовательской лаборатории в Кардингтоне (Великобритания) на Fire Research Station. Эта экспериментальная установка представляет собой помещение размером  $7,4 \times 5,7$  м высотой 4 м с подвесным потолком высотой 1 м. Тестируемый кабель укладывается на столе в полости, источником теплоты служит горелка с номинальной тепловой способностью 60 МДж/мин, продолжительность тестирования составляет тридцать минут.

По результатам тестирования, естественно, наилучшие характеристики показывают кабели с оболочками из фтористых полимеров типа тефлона, который в сочетании с минимальным распространением пламени дает также существенно меньшее выделение дыма и концентрацию окиси углерода. Тлеющие оболочки из малодымных безгалогеновых компаундов создают вне зоны действия горелки температуру выше 800 °C, тогда как температура от фтористого полимера не превышает 335 °C. Кроме того, канающийся с кабеля горящий компаунд является потенциальным источником вторичных очагов возгорания.

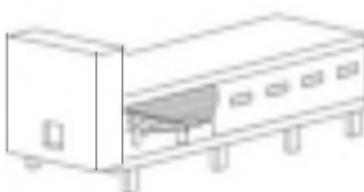


Рис. 9.5. Туннель Штайнера

## 9.5. Правила противопожарной безопасности при проектировании СКС

Основные правила, которых следует придерживаться при проектировании кабельных систем в соответствии с требованиями NEC, сводятся к следующим положениям:

- кабель, не имеющий сертификации ни по одному из четырех уровней, нельзя применять для внутренней прокладки в зданиях, однако до 15 м такого кабеля может быть проложено внутри здания до места его подключения к сертифицированному кабелю;
- открытую проводку можно выполнять кабелем с уровнем сертификации не ниже требуемого для таких случаев;
- не *plenish*-кабель можно прокладывать в *plenish*-полостях только в жароизлучающей оболочке, например в металлических трубах;
- кабель с сертификатом уровней 3 и 4 можно прокладывать в вертикальных стояках только в нестораемых трубах или в огнеупорных шахтах, оборудованных огнезадерживающими заглушками в перекрытиях. Элементы защиты от воздействия пламени должны иметь сертификат UL, а межэтажные перекрытия – выполняться из огнеупорных материалов. Огнезадерживающие заглушки изготавливаются путем заполнения пространства между перекрытием и кабелями специальным затвердевающим огнестойким компаундом (рис. 9.6);

- в жилых зданиях телекоммуникационные кабели CMX и кабели систем дистанционного управления CL2X/CL3X, то есть имеющие сертификат четвертого уровня (выдержавшие испытание только тестом VW-1), можно прокладывать для обычного применения, если их диаметр не превышает 0,25 дюйма (6,3 мм);
- в жилых зданиях телевизионный кабель CATVX можно прокладывать как кабель общего применения, если его диаметр не превышает 0,375 дюйма (9,5 мм);
- в нежилых зданиях кабели CMX, CL2X/CL3X и CATVX можно прокладывать только в несгораемой оболочке, выступать из которой они могут не более чем на 10 футов (305 см).

Отметим также, что многие изготовители декоративных коробов и фальшполов вводят в состав аксессуаров выпускаемой ими продукции различные маты, заглушки и другие аналогичные им элементы из негорючего материала. Их применение регламентируется отдельными нормами, рассмотрение которых выходит за рамки данной монографии, но оно позволяет также обеспечивать требуемый уровень пожарной безопасности.

## 9.6. Выводы

Значительные объемы кабельных изделий и других компонентов, которые прокладывают ся и монтируются в здании при установке современной СКС и в которых в массовом масштабе применяются органические изолирующие материалы, делают весьма актуальным требование пожарной безопасности при проектировании и реализации СКС.

Основные факторы, которые представляют опасность при пожаре, контролируются международными и национальными нормами. Наличие в действующих редакциях нормативных документов, четких количественных критерий, а также отработанных методик тестирования позволяет однозначно отнести тот или иной компонент к различным классам уровня пожарной опасности.

Для СКС он может быть достигнут как использованием соответствующих изоляционных материалов при производстве кабелей и других компонентов, так и применением специальных архитектурных и/или конструктивных защитных мероприятий в здании.

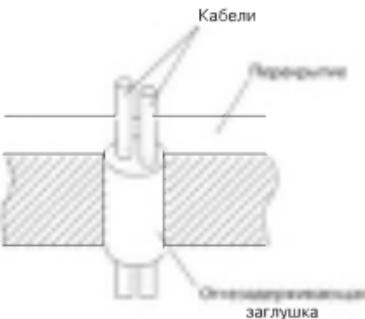


Рис. 9.6. Проход межэтажного перекрытия кабелями с сертификатами уровней 3 и 4

# ГЛАВА X

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ СКС

### 10.1. Принципы проектирования

#### 10.1.1. Стадии проектирования

Проектирование систем телекоммуникаций современных офисов и СКС разделяется на две основные стадии: архитектурную и телекоммуникационную.

Основной задачей архитектурной стадии проектирования является определение общей структуры СКС, оптимальной по комплексу технико-экономических характеристик в процессе создания и последующей эксплуатации. Она проходит на этапе разработки проекта нового или реконструируемого здания. На этой стадии в проект закладываются вертикальные стояки, помещения кроссовых и анпаратных, пути и способы прокладки кабелей как внутри, так и снаружи здания (кабельная канализация). Основными исходными данными для этого этапа проектирования являются (рис. 10.1):

- форма, этажность, архитектурные, планировочные и другие особенности, геометрические характеристики здания или их комплекса, а также прилегающей территории;
- строительные и другие нормативные документы на проектирование служебных помещений систем телекоммуникаций и кабельных трасс;
- нормативная документация по СКС (стандарты);
- дополнительные требования заказчика.

На архитектурной стадии работы по проектированию проводятся специализированными проектными организациями с учетом требований подрядчика, который будет реализовывать СКС.

Телекоммуникационная стадия проектирования иногда начинается по окончании архитектурной, но обычно она выполняется после завершения капитальных строительно-монтажных работ. На ней разрабатывается конкретная структура СКС, составляется перечень необходимого оборудования, планы его размещения



Рис. 10.1. Стадии проектирования СКС и источники исходных данных

и т.д. На данном этапе работы к проектированию привлекаются фирмы, специализирующиеся в области создания СКС и системной интеграции. Также они обычно выполняют большую часть монтажных и пуско-наладочных работ, которые, как правило, по времени проводятся одновременно вместе с отделкой внутренних помещений или сразу же после ее завершения. Исходными данными для данной стадии являются (рис. 10.1):

- результаты обследования здания и прилегающей территории или их проект, выполненный на архитектурной стадии проектирования;
- нормативная документация по СКС (стандарты);
- дополнительные требования заказчика, например, количество и размещение рабочих мест, число информационных розеток на них, требования к производительности, надежности, безопасности и т.д.

### 10.1.2. Этапы создания СКС

В настоящее время в нашей стране не существует стандарта, который определяет структурированную кабельную систему как технический объект, и тем более отсутствуют правила ее проектирования. Поэтому проектные работы по реализации системы ведутся с использованием других руководящих материалов. Наиболее близким нормативным документом, который часто используют системные интеграторы при реализации СКС, является ГОСТ 34.601-90 [133]. Согласно этому стандарту создание системы разбивается на этапы и фазы<sup>1</sup>, перечисленные в табл. 10.1.

Таблица 10.1. Этапы и фазы создания СКС

Этап	Фаза
1. Формирование требований	1.1. Обследование объекта 1.2. Формирование требований пользователя к системе
2. Техническое задание	2.1. Разработка и утверждение технического задания на создание системы
3. Эскизный проект	3.1. Разработка предварительных проектных решений по системе  3.2. Разработка пояснительной записки и локальной сметы эскизного проекта
4. Технический проект	4.1. Разработка проектных решений по системе и ее частям 4.2. Разработка документации на систему и ее части 4.3. Разработка и оформление документации на поставку изделий для комплектования системы
5. Рабочая документация	5.1. Разработка рабочей документации на систему и ее части
6. Ввод в действие	6.1. Подготовка объекта автоматизации к вводу системы в действие 6.2. Подготовка и обучение персонала 6.3. Комплектация системы поставляемыми изделиями 6.4. Строительно-монтажные работы 6.5. Пусконаладочные работы 6.6. Проведение опытных испытаний 6.7. Проведение опытной эксплуатации 6.8. Проведение приемочных испытаний
7. Сопровождение системы	7.1. Выполнение работ в соответствии с гарантинными обязательствами 7.2. Послагорантинное обслуживание

<sup>1</sup> В установленном выше ГОСТ для обозначения данных периодов реализации системы часто используются термины «стадия» и «этап». Поскольку обозначение «стадия» в этой работе уже употребляется как другое понятие, то далее используются термины «этап» и «фаза».

Работы по проектированию выполняются на этапах «Эскизный проект», «Технический проект», «Рабочая документация». Кроме того, на момент ввода системы в действие должна быть разработана эксплуатационная документация, учитывающая изменения, внесенные в рабочую документацию в процессе пусконаладочных и строительно-монтажных работ, опытной эксплуатации и приемочных испытаний. Эксплуатационная документация также включает в себя руководства по использованию и поддержке системы в процессе ее использования. В табл. 10.2 приведен перечень документов, которые могут входить в состав проектной и эксплуатационной документации.

В зависимости от конкретной ситуации в работе с заказчиком та или иная стадия создания системы может быть опущена, если это заведомо не приведет к снижению качества.

Оформление текстовой документации ведется в соответствии с РД 50-34.698.90. «Информационная технология. Методические указания. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Требования к содержанию документов».

Планы, схемы и чертежи выполняются в соответствии со стандартами серии «Система Проектной Документации для Строительства» (СПДС) – ГОСТ 21.ххх.

Для подготовки чертежей могут быть использованы системы автоматизированного проектирования – AutoCAD, ArchiCAD, CADDY и др.

### **10.1.2.1. Исходные данные для проектирования на архитектурной и телекоммуникационной стадиях**

Основной исходной информацией для проектирования являются сведения, полученные в процессе предпроектного обследования объекта, нормы стандартов и технические требования заказчика. Технические требования в современных условиях часто оформляются в виде приложения к приглашению для участия в тендере. Документом, обобщающим исходную информацию и являющимся итогом совместной работы заказчика и исполнителя на предпроектной стадии, является утвержденное сторонами «Техническое задание» (ТЗ). ТЗ составляется в соответствии со стандартом ГОСТ 34.602-89 [134]. В документе следует четко оговорить окончательные характеристики системы, чтобы избежать возможного взаимонепонимания в процессе создания СКС. Основную работу по подготовке ТЗ выполняет Исполнитель в тесном контакте с ответственным представителем заказчика, в случае необходимости к его составлению может привлекаться третья сторона, достаточно квалифицированная для подготовки такого документа.

В процессе разработки ТЗ проекту присваивается шифр в соответствии с ГОСТ 34.201-89 [135].

### **10.1.2.2. Эскизный проект**

Цель работы на этом этапе состоит в разработке предварительных проектных решений. Эскизный проект часто называют техническим предложением. Документация этого этапа имеет общий характер и небольшой объем (обычно 5–10 страниц машинописного текста с минимальным количеством схематических иллюстраций типа общей структуры СКС и других аналогичных объектов), может содержать несколько вариантов решения задачи, краткий анализ этих вариантов и рекомендации по выбору. Достаточно часто техническое предложение предоставляется заказчику еще до заключения официального договора на проектирование (например, в процессе проведения тендера) и поэтому иногда называется коммерческим или бюджетным предложением.

Таблица 10.2. Перечень и шифры документов, включаемых в состав проектной и эксплуатационной документации СКС по ГОСТ 34201-89 [135]

№ п/п	Этап	Наименование документа	Шифр документа	Наличие в составе	
				проектной	эксплуатационной документации
1	ТЗ	Техническое задание	ТЗ*	+	
2	ЭП, ТП	Схема структурная комплекса технических средств	С1*	+	
3	ТП	Ведомость технического проекта	ТП*	+	
4		Ведомость покупных изделий	ВП*	+	
5		Пояснительная записка к техническому проекту	П2	+	
6		План расположения	С8	+	
7		Ведомость оборудования и материалов	-	+	
8		Локальный сметный расчет	Б2	+	
9	РД	Ведомость держателей подлинников	ДП*	+	
10		Ведомость эксплуатационных документов	ЭД*		+
11		Спецификация оборудования	В4	+	
12		Ведомость машинных периферийной информации	ВМ*	+	
13		Локальная смета	Б3	+	
14		Технологическая инструкция	И2		+
15		Инструкция пользователя	И3		+
16		Инструкция по эксплуатации КТС	ИЭ		+
17		Схема соединения внешних проводок	С4*	+	
18		Схема подключения внешних проводок	С5*	+	
19		Таблица соединений и подключений	С6	+	
20		План расположения оборудования и приводов	С7	+	
21		Общее описание системы	ПД		+
22		Программа и методика испытаний	ПМ*		+
23		Паспорт	ПС*		+
24		Чертеж формы документа	С9		+

\* Обозначение документа соответствует требованиям ЕСКД.

На этапе эскизного проектирования разрабатывается структурная схема СКС и конфигурация рабочего места, производится выбор среды передачи сигнала и методов прокладки кабелей.

В состав документации могут включаться следующие документы:

- пояснительная записка к эскизному проекту (код документа П1);
- схема структурная комплекса технических средств (код С1), может быть включена в состав документа П1;
- оценка стоимости создания системы (код Б0).

Правила оформления перечисленных бумаг содержатся в руководящем документе РД 50-34.698.90 [136].

### **10.1.2.3. Технический проект**

Цель работ на данной стадии заключается в глубокой разработке и обосновании проектных решений по системе в целом и по ее отдельным частям. Под проектными решениями следует понимать принципы работы системы, а также решения конкретных задач и проблем, связанные с созданием системы для конкретного объекта.

В состав документации, разрабатываемой в процессе технического проектирования, включаются следующие документы:

- ведомость технического проекта (код ТП, оформляется в соответствии с ГОСТ 2.106-96. ЕСКД. Текстовые документы);
- пояснительная записка к техническому проекту (П2);
- структурная схема комплекса технических средств (С1); может быть включена в состав документа П2;
- ведомость (спецификация) оборудования и материалов;
- локальный сметный расчет (Б2).

В качестве рекомендации можно предложить оформлять локальный сметный расчет как отдельный документ, не подшивая его в книгу технического проекта.

### **10.1.2.4. Разработка рабочей документации**

Цель на стадии разработки рабочей документации состоит в подготовке точных чертежей, схем и таблиц, которыми будут руководствоваться монтажники при проведении работ по созданию системы. Рабочая документация обеспечивает детальную привязку компонентов системы к объекту, содержит чертежи, таблицы соединений и подключений, планы расположения оборудования и проводок, другие аналогичные бумаги.

В состав документации, создаваемой на этом этапе, входят следующие основные дополнения:

- схемы размещения оборудования и проводок (код документа С7);
- таблицы соединений и подключений (С6);
- сборочные чертежи (СБ).

## **10.2. Архитектурная стадия проектирования**

### **10.2.1. Цели и задачи**

Основным нормативным документом, регламентирующим выполнение архитектурной стадии проектирования, является стандарт TIA/EIA-569 «Стандарт коммерческих зданий на кабельные пути и закладные телекоммуникационных кабелей». Его появление

было обусловлено осознанием того факта, что построение СКС, оптимальной по технико-экономическим характеристикам, невозможно в здании, для которого не выполнен ряд архитектурных и планировочных требований. Стандартом регламентируются правила организации:

- аппаратных;
- кроссовых;
- кабельных трасс горизонтальной подсистемы;
- кабельных трасс подсистемы внутренних магистралей;
- области ввода в здание кабелей подсистемы внешних магистралей;
- кабельных трасс подсистемы внешних магистралей.

Приводятся также требования к системе электропитания, отопления, вентиляции и кондиционирования здания в той части, которая имеет отношение к построению телекоммуникационной инфраструктуры.

Целью и задачей архитектурной стадии проектирования является создание предпосылок для выполнения телекоммуникационной стадии. Тщательная проработка проектных решений, принимаемых на этом этапе, позволяет добиться заметного снижения стоимости создания и эксплуатации СКС. Кроме того, принципы, заложенные в архитектурный проект, оказывают непосредственное влияние на параметры надежности и безопасности эксплуатации кабельной системы.

На практике процесс проектирования на архитектурной стадии часто существенно осложняется тем, что многие здания даже административного назначения создавались в то время, когда существовала необходимость всего в двух основных видах кабельных проводов – силовой электрической и телефонной. При этом согласно действующим нормам телефон планировался максимум один на комнату, а не на каждое рабочее место, как сейчас. Другие старые здания строились совсем для других целей (например, для жилья), а не для размещения в них офисов и лишь позже были переprofilированы владельцами или арендаторами. В целом можно констатировать, что при работе в зданиях старой постройки проектировщик обычно сталкивается с проблемой недостаточной емкости кабельных трасс, что приводит к необходимости постройки новых кабельных стояков, расширения емкости горизонтальных кабельных лотков на этажах, а также выполнения внутренних перепланировок большего или меньшего объема для организации аппаратных и кроссовых.

Обычно снизить эти проблемы до минимума позволяет реконструкция старых зданий с учетом новых требований, однако она связана со значительными капитальными вложениями и не всегда возможна. В промышленно развитых странах данная проблема была решена радикальным способом: многие старые здания были просто снесены, и на их месте построены новые, так как такой подход к проблеме оказывается экономически более выгодным по сравнению с перепланировкой. К сожалению, приходится констатировать, что даже многие новые офисные здания, построенные в нашей стране в последнее время, весьма слабо приспособлены для построения систем телекоммуникаций с интенсивным обменом данными.

### **10.2.2. Проектирование аппаратных**

Аппаратная представляет собой техническое помещение, в котором располагается сетевое оборудование коллективного пользования (УАТС, серверы, коммутаторы ЛВС и сетевые концентраторы). Аппаратные являются помещениями, требующими повышенного внимания со стороны проектировщиков и служб эксплуатации информационной системы здания ввиду специфики находящегося в них оборудования. Это связано с тем, что нормальная работа большинства организаций, являющихся владельцами или арендаторами зданий, напрямую зависит от оперативного доступа к информации, хранящейся в электронном

виде, и от качества внешних и внутренних телекоммуникаций. Невозможность доступа к информации или потеря связи с внешним миром сопровождается большими финансовыми убытками и отрицательно сказывается на имидже, а в наиболее тяжелых случаях может привести к банкротству компании. Поэтому стандартом «де-факто» является организация в аппаратных систем пожаротушения, кондиционирования и контроля доступа.

### **10.2.2.1. Размещение аппаратной**

При выборе места расположения следует руководствоваться следующими принципами:

- аппаратная должна быть совмещена или по крайней мере максимально приближена к КЗ для минимизации длины соединяющих их кабелей;
- для облегчения контроля доступа помещение необходимо располагать недалеко от постов службы безопасности здания;
- помещение аппаратной не должно быть проходным, так как это усложняет систему контроля доступа;
- желательно, чтобы оно не имело окон и даже не примыкало вилотную к внешним стенам здания;
- при размещении аппаратной в подвале возникает риск заливания грунтовыми водами, и в результате аварии систем водопровода и канализации должны быть сведены к минимуму специальными строительными решениями (дополнительная гидроизоляция, соответствующий выбор трасс прокладки трубопроводов и т.д.);
- не рекомендуется выделять помещение для аппаратной на верхних этажах здания, так как это существенно затрудняет ввод в нее кабелей внешних коммуникаций. Кроме того, верхние этажи сильнее остальных страдают во время пожара и заливаются, если протекают крыши;
- крайне нежелательно размещать аппаратную рядом с внутренними конструкциями здания: лифтовыми шахтами, лестничными маршами, вентиляционными камерами и т.д., ограничивающими ее возможное расширение в перспективе;
- запрещается располагать аппаратную рядом с помещениями для хранения огнеопасных или агрессивных химических материалов;
- следует избегать близкого размещения мощных источников электрических или магнитных полей, а также оборудования, которое может вызвать повышенную вибрацию;
- недалеко от аппаратной должны находиться грузовые лифты.

### **10.2.2.2. Площадь аппаратной**

Размеры аппаратной прямо определяются составом размещаемого в ней оборудования. Если такая информация отсутствует, то при проектировании обычных офисных зданий следует исходить из расчета 0,7% от всей рабочей площади, но не менее 14 м<sup>2</sup>. Для зданий с низкой плотностью рабочих мест (гостиницы, больницы) площадь аппаратной выбирается в зависимости от числа рабочих мест (табл. 10.3).

Таблица 10.3. Рекомендуемая площадь аппаратной для зданий с низкой плотностью рабочих мест

Количество рабочих мест	Площадь аппаратной, м <sup>2</sup>
≤100	14
101–400	37
401–800	74
801–1200	111

Следует учитывать и то обстоятельство, что на практике аппаратная часто совмещается с кроссовой этажа и/или внутренними магистральными. Таким образом, кроме оборудования коллективного пользования при таком совмещении помещений в аппаратной размещаются кроссы и сетевое оборудование, которые обслуживают телекоммуникационные розетки рабочих мест соседних помещений офиса на том же самом этаже.

При выборе строительного решения необходимо иметь в виду, что создание одной большой аппаратной дешевле нескольких маленьких той же суммарной площади.

### **10.2.2.3. Условия окружающей среды в аппаратной**

Соответствующим выбором архитектурно-планировочных решений, а также систем инженерного обеспечения функционирования здания в аппаратной должны быть обеспечены следующие условия окружающей среды.

Температура воздуха – от 18 до 24 °C при измерении на высоте 1,5 м от уровня пола. Максимальная скорость ее изменения не должна превышать 3 °C в час. При превышении температурой верхнего граничного значения большинство видов сетевого оборудования сохраняет работоспособность, однако это сопровождается ускоренным старением электронных компонентов и приводит к преждевременным отказам.

Влажность воздуха – от 30 до 55% без конденсации влаги при измерении на той же высоте. Скорость изменения влажности воздуха – не более 6% в час.

Освещенность – не менее 540 лк при измерении на высоте 1 м от уровня пола на свободном от оборудования пространстве. Источники света должны иметь определенную мощность и быть расположены таким образом, чтобы обеспечить равномерную освещенность всего пространства помещения аппаратной. Наличие хорошего освещения особенно важно во время проведения монтажных мероприятий. При этом любой вид работы должен производиться без использования дополнительных ламп и светильников.

Уровень вибрации. В диапазоне частот 5–22 Гц амплитуда колебаний не должна превышать 0,12 мм, а в диапазоне 22–500 Гц максимальное ускорение не должно быть более 2,5 м/с<sup>2</sup>.

Напряженность электрического поля – не выше 3 В/м во всем спектре частот.

Содержание в воздухе загрязняющих веществ не должно превышать предельных значений, приведенных в табл. 10.4.

*Таблица 10.4. Предельное содержание загрязняющих веществ в аппаратной*

Вещество	Содержание
Хлор, ppm [промилле]	0,01
Сероводород, ppm	0,05
Оксиды азота, ppm	0,1
Двуокись серы, ppm	0,3
Пыль, г/м <sup>3</sup> *сутки	10 <sup>-6</sup>
Углеводороды, г/м <sup>3</sup> *сутки	10 <sup>-6</sup>

Дополнительно стандарт IEC-721 требует, чтобы отводимая тепловая мощность у сетевого оборудования составляла не менее 2,5 кВт. Значение этого параметра нормируется из тех соображений, что помещение аппаратной обычно не имеет окон, и значение величины выделяемого тепла позволяет правильно спроектировать систему кондиционирования.

#### **10.2.2.4. Требования к конструкции и оборудованию аппаратной**

Наиболее оптимальной формой помещения аппаратной является квадратная комната или близкая к ней с длиной короткой стены не менее 3 м. Расстояние между полом (фальшполом) и потолком (фальшпотолком) должно быть не менее 2,5 м.

Пол аппаратной проектируется таким образом, чтобы выдерживать распределенную нагрузку не менее 12 кПа и точечную – 4,4 кПа. Для прокладки кабелей желательна фальшпол с минимальной высотой 0,25 м из легкосъемных металлических плит, который обеспечивает ввод кабельных жгутов в 19-дюймовый конструктив снизу с соблюдением минимального радиуса изгиба каждого отдельного кабеля. Конструкция и материал стен выбираются с учетом возможности их обшивки металлическими экранирующими панелями и крепления к ним аппаратуры массой не менее 100 кг.

В случае размещения сетевого оборудования и коммутационных панелей в 19-дюймовом конструктиве крайне желательно располагать отдельные шкафы и стойки таким образом, чтобы обеспечить доступ к их передней и задней частям.

Вход в аппаратную снабжается металлической дверью, открываемой наружу, размером не менее 2,0×0,9 м. В дверном проеме устанавливается порог для предотвращения попадания воды из коридора в случае аварий водопровода или канализации в прилегающих помещениях. Материал и конструкция межэтажных перекрытий, стен и двери выбираются с учетом обеспечения огнестойкости не менее 45 мин.

Аппаратная должна быть оборудована системами:

- охранной сигнализации;
- пожарной сигнализации;
- пожаротушения;
- кондиционирования и освещения, соответствующих требованиям раздела 10.2.2;
- аварийного освещения;
- защитного и телекоммуникационного заземления в соответствии с требованиями главы 8, причем должна быть обеспечена возможность подключения непосредственно к главной пластине заземления.

Кроме того, в аппаратной предусматривается установка одного или нескольких телефонных аппаратов. Как показывает практика, при организации различного рода профилактических работ, измерениях параметров, исправлениях неполадок и т.д. существенную помощь оказывает система громкоговорящей связи.

Сетевое оборудование, монтируемое в аппаратной, получает электропитание от ИБП, который по возможности должен иметь два независимых подключения к городской электрической сети с автоматическим переключением с основной силовой магистрали на резервную. Питание охранной и пожарной сигнализации также осуществляется от двух систем.

В аппаратную вводятся кабели городской телефонной сети и других операторов связи. При наличии в СКС подсистемы внешних магистралей в аппаратную заводятся и ее кабели. Ввод может производиться из кабельной канализации, коллектора, с эстакад, столбов (при воздушной подвеске) и других аналогичных сооружений. В некоторых ситуациях, определяемых конкретными местными условиями, для ввода кабелей выделяется отдельное помещение. В нем монтируется соответствующее кроссовое оборудование, и оно отдельными кабелями внутренней прокладки соединяется с аппаратной.

В аппаратной при наличии места рекомендуется предусмотреть:

- компьютерный или, в крайнем случае, обычный письменный стол со стулом для организации рабочего места системного администратора;

- отдельные шкафы, стеллажи или полки для хранения рабочей и эксплуатационной документации, а также измерительной аппаратуры и ЗИП кабельной системы и сетевого оборудования;
- настенный держатель для часто используемых соединительных и кроссовых шнурков;
- углекислотный огнетушитель.

### **10.2.3. Проектирование кроссовых**

Как указывалось выше, кроссовые подразделяются на кроссовые внешних магистралей (КВМ), здания (КЗ) и этажа (КЭ). На практике КВМ и КЗ часто совмещают друг с другом, а также с одной из аппаратных, поэтому ниже рассматриваются только КЭ. Все приводимые для них положенияенным образом действуют в отношении остальных кроссовых.

КЭ представляет собой служебное помещение, в которое вводятся кабели подсистемы внутренних магистралей СКС и кабели горизонтальной подсистемы. В нем монтируется коммутационное, сетевое и другое вспомогательное оборудование. В кроссовых нельзя размещать оборудование, не имеющее отношения к тем функциям, для выполнения которых организуется КЭ, например силовые распределительные щиты электропитания этажа.

Так же как и аппаратные, кроссовые являются помещениями, требующими повышенного внимания со стороны проектировщиков и служб эксплуатации телекоммуникационной инфраструктуры. Однако, если отказ сетевого оборудования, расположенного в аппаратурной, приводит к полному или частичному прекращению функционирования информационной системы всего здания, то отказ оборудования в КЭ обычно означает остановку работы только для обслуживаемых ею рабочих мест. Поэтому к конструкции и оборудованию КЭ в большинстве случаев выдвигаются менее жесткие требования по сравнению с аппаратными.

#### **10.2.3.1. Размещение кроссовых**

При выборе места для расположения КЭ следует руководствоваться следующими принципами:

- КЭ можно совместить с одной из КЗ на том же самом этаже;
- КЭ должна быть на каждом этаже здания. Часто применяемое в российских условиях решение на основе кроссовой, которая также обслуживает соседние этажи здания, нельзя назвать удачным, так как оно существенно ограничивает возможности расширения и модернизации кабельной системы;
- КЭ должна быть максимально приближена к вертикальным стоякам, по которым прокладываются кабели подсистемы внутренних магистралей СКС; идеально, если стояк проходит непосредственно через нее;
- в тех случаях, когда рабочая площадь этажа превышает 1000 м<sup>2</sup> или если необходимы дополнительные кроссовые для обеспечения кабелей горизонтальной подсистемы, не превышающих своей предельной длины 90 м, на каждом этаже допускается организация более одной КЭ;
- для минимизации длины кабелей и соответственно стоимости горизонтальной подсистемы следует располагать КЭ как можно ближе к геометрическому центру обслуживаемой рабочей зоны;
- для облегчения режима контроля доступа выделенная для кроссовой комната не должна иметь окон, быть проходной или совмещаться с другими производственными помещениями;

- следует избегать близкого размещения мощных источников электрических и/или магнитных полей, а также оборудования, которое может вызвать повышенную вибрацию в кроссовой.

Если на этаже предусмотрено несколько КЭ, то желательно, чтобы все они обслуживались разными вертикальными стояками. В этом случае удается избежать горизонтальной прокладки кабелей подсистемы внутренних магистралей СКС и существенно повысить ее живучесть. При нарушении этого условия допускается, чтобы часть КЭ была подключена к КЭ транзитом через другие КЭ (рис. 10.2).

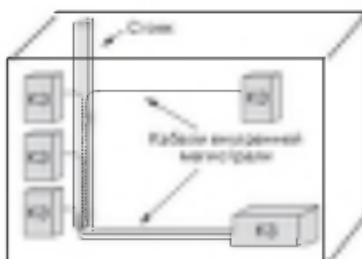


Рис. 10.2 Планы расположения и подключения кроссовых

### 10.2.3.2. Площадь кроссовых

Обычно к коммутационному оборудованию в КЭ подключаются рабочие места, которые расположены на том же самом этаже. Площадь рабочих помещений, обслуживаемых КЭ, согласно стандартам ISO/IEC 11801 и EN 50173 не должна превосходить 1000 м<sup>2</sup>, то есть одна кроссовая обслуживает максимум 100–250 рабочих мест. Площадь самой КЭ зависит от состава размещаемого в ней оборудования, но в любом случае она не должна быть менее 6 м<sup>2</sup>. Если априорная информация о числе рабочих мест, обслуживаемых кроссовой, и о размещаемом в ней оборудовании отсутствует, то при проектировании можно воспользоваться данными из табл. 10.5.

Таблица 10.5. Рекомендуемые размеры КЭ в зависимости от обслуживаемой ей рабочей площади

Обслуживаемая рабочая площадь, м <sup>2</sup>	Габаритные размеры КЭ, м
≤1000	3,0×3,4
≤800	3,0×2,8
≤500	3,0×2,2

### 10.2.3.3. Условия окружающей среды в кроссовых

Система инженерного обеспечения функционирования здания должна быть спроектирована и реализована таким образом, чтобы создавать в любой кроссовой следующие условия окружающей среды.

Температура воздуха – от 10 до 30 °С при измерении на высоте 1,5 м от уровня пола.

Влажность воздуха – от 30 до 55% без конденсации влаги при измерении на том же уровне.

Освещенность – не менее 540 лк при измерении на высоте 1 м от уровня пола на свободном от оборудования пространстве. Принципы реализации и выбора количества, типа и размещения светильников полностью соответствуют аналогичным правилам для аппаратных.

Уровень вибрации – не выше предельно допустимого значения для установленного в кроссовой оборудования.

Напряженность электрического поля – не более 3 В/м во всем спектре частот.

Содержание в воздухе загрязняющих веществ не должно превышать предельно допустимых санитарных норм.

### **10.2.3.4. Требования к конструкции и оборудованию кроссовых**

Наиболее оптимальной кроссовой является квадратная или близкая к ней комната, у которой минимальная длина короткой стены составляет 2 м. Высота помещения должна быть не менее 2,5 м. Конструкция и материал стен выбираются с учетом возможности их обшивки металлическими экранирующими панелями и крепления к ним аппаратуры массой не менее 100 кг.

В случае прокладки вертикального стояка непосредственно через кроссовую, в ней не должно быть фальшитолка и фальшпола, а дверь должна располагаться на смежной со стояком стене. Остальные требования к двери и к дверному проему кроссовых идентичны требованиям для аппаратных. Материал и конструкция межэтажных перекрытий, стен и двери выбираются таким образом, чтобы обеспечить огнестойкость не менее 45 мин.

Кроссовая обязательно оборудуется системами:

- пожарной и охранной сигнализации;
- вентиляции и освещения, обеспечивающими выполнение требований раздела 10.2.3.3;
- защитного и телекоммуникационного заземления в соответствии с требованиями главы 8.

В кроссовой предусматривается информационная розетка, соединенная с УАТС. Требования к системе электропитания идентичны требованиям для аппаратных. При необходимости кроссовые могут быть дополнительно оборудованы системами пожаротушения, кондиционирования и аварийного освещения.

### **10.2.4. Кабельные трассы подсистемы внешних магистралей**

Волоконно-оптический и электрический кабели подсистемы внешних магистралей вне зданий прокладываются в большинстве случаев в телефонной канализации. Ее основу составляют круглые трубы с внутренним диаметром 100 мм из асбокерамента, бетона или пластмассы. Канализация прокладывается на глубине от 0,4 до 1,5 м и состоит из отдельных блоков, герметично состыкованных между собой. Через 40–100 м на трассе размещают смотровые колодцы, на стенах которых монтируются консоли для укладки кабеля и соединительных

шаров. В последнее время широкое распространение в области создания кабельной канализации получила технология компании Dura-line. Ее основу составляют трубы silicore с внутренним диаметром от 21 до 33 мм и максимальной длиной не менее 1750 м с поставкой на барабанах или в бухтах. Внутренняя поверхность трубы покрыта слоем твердой смазки, которая резко уменьшает усилие протяжки и позволяет применять для затягивания кабелей метод иневмозаготовки каналов. Достаточно высокая прочность трубы позволяет выполнять ее укладку непосредственно в грунт без применения дополнительной механической защиты от раздавливания. В состав системы входит развитый набор аксессуаров, облегчающий создание кабельной канализации.

На промышленных предприятиях для прокладки кабелей подсистемы внешних магистралей широко применяются технологические эстакады, на которых организуется система лотков, поддерживающих кронштейнов и других элементов для укладки кабелей.

Воздушная подвеска кабелей не получила широкого распространения главным образом из-за сложностей реализации. Она применяется в основном в тех ситуациях, когда прокладка другими способами невозможна. Для подвески на столбах используются большей частью специальные подвесные или самонесущие кабели, а сам процесс подвески происходит

с использованием специальной крепежной и натяжной арматуры. Вполне допустима подвеска обычных кабелей на несущем тросяке с использованием навивки или специальными хомутами. Шаг крепления в последнем случае выбирается равным примерно 70 см.

Иногда используется укладка кабеля непосредственно в грунт. Для защиты его в зимний период от повреждений деформацией, вызванной низкой температурой, настоятельно рекомендуется выполнять укладку в песчаную подушку.

### 10.2.5. Кабельные трассы подсистемы внутренних магистралей

Кабельные трассы подсистемы внутренних магистралей предназначены для прокладки по ним кабелей для связи КЗ с КЭ, КВМ и аппаратурными. Кроме того, по ним прокладываются внешние магистральные кабели от места ввода в здание до КВМ или КЗ.

Магистральные кабели рассматриваемой подсистемы могут прокладываться вертикально и горизонтально. Конструкции для прохода горизонтальных участков ничем не отличаются от конструкций, применяемых для организации горизонтальной подсистемы, зачастую используются обеими видами кабелей одновременно. Для прохода вертикальных участков обычно применяются выделенные для этого и подробно рассматриваемые ниже стояки или шахты различного вида.

Размеры выбираются исходя из соотношения: стояк сечением 8000 мм<sup>2</sup> позволяет проложить магистральные кабели, которые обслуживают 2500 м<sup>2</sup> рабочей площади. При этом в указанную площадь следует включать все этажи, обслуживаемые кабелями, проходящими по данной трассе. Полученный результат полезного сечения рекомендуется увеличить в три раза для создания резерва под будущее расширение.

Функции стояков для магистральных кабелей могут выполнять *слоты, рукава и закладные трубы*. Их качественное сравнение как элементов организации прохода межэтажного перекрытия приводится в табл. 10.6.

**Таблица 10.6. Сравнительная характеристика труб, рукавов и слотов как элементов прохода межэтажного перекрытия**

Краткое описание	Достоинства	Недостатки
Трубы Вертикально установленные вдоль стены кроссовой опорностояние трубы	<ul style="list-style-type: none"> <li>хорошая защита от проникновения в соседние помещения</li> <li>эффективная защита кабелей от механических повреждений</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ограниченная гибкость</li> <li>требует больших запасов на расширение</li> </ul>
Рукава Вертикально установленные в перекрытии вдоль стены кроссовой короткие отрезки труб из негорючего материала	<ul style="list-style-type: none"> <li>хорошая защита от проникновения в соседние помещения</li> <li>легкость установки</li> <li>простота прокладки кабеля</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>обеспечивает меньшую емкость и гибкость</li> <li>использования по сравнению с трубами</li> </ul>
Слоты Прямоугольные проемы с бортиком в межэтажном перекрытии вдоль стены кроссовой	<ul style="list-style-type: none"> <li>гибкость использования</li> <li>хорошие массогабаритные показатели</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>сложность выполнения норм пожарной безопасности</li> <li>высокая стоимость установки</li> <li>заметно ослабляет механическую прочность перекрытия</li> </ul>

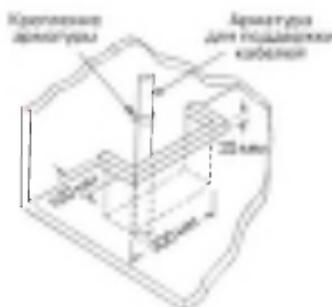


Рис. 10.3. Слот

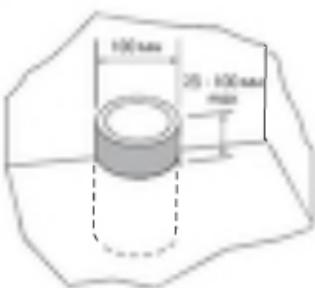


Рис. 10.4. Рукав

Слот (рис. 10.3) представляет собой проем прямоугольной формы в межэтажном перекрытии кроссовой рядом с одной из ее стен. Этот элемент обязательно снабжается бордюром, который предотвращает от падения в него посторонних предметов и пропускание воды.

Магистральные кабели, проходящие сквозь слот, крепятся к стене кроссовой специальной арматурой, выполненной обычно в виде хомутов. По окончании прокладки кабелей проем слота должен быть заделан огнеупорной заглушкой.

Трубчатые элементы вертикальных стояков представлены рукавами и закладными трубами.

Под рукавом (рис. 10.4) понимается относительно короткий отрезок трубы, установленный в межэтажное перекрытие. Концы рукава должны выступать с обеих сторон перекрытия минимум на 25 мм.

Закладные трубы отличаются от рукавов в основном только большей длиной. Пример закладных труб показан на рис. 10.5.

Рекомендуемый внутренний диаметр труб и рукавов для прокладки магистральных кабелей составляет 100 мм. При использовании этих элементов необходимо тщательно контролировать величину их заполнения, так как в случае превышения предельного значе-

ния возникают проблемы как в прокладке нового кабеля вообще, так и с допустимыми усилиями протяжки из-за повышенного трения. Кроме диаметра трубы и числа прокладываемых кабелей определенное внешнее диаметра на величину усилия протяжки существенное влияние оказывает также количество изгибов и их радиус. Ни одна из закладных труб не должна иметь более двух изгибов с углом поворота, не превышающим 90° каждый. Данное по величине заполнения и допустимым радиусам изгиба закладных труб с наибольшее распространенным на практике размерами приводится в табл. 10.7.

В зависимости от размеров и архитектурных особенностей здания в нем может быть один или несколько стояков. Решение с одним вертикальным стояком и одной КЭ используется только в тех ситуациях, если из этой кроссовой могут быть проложены горизонтальные кабели длиной не более 90 м до всех информационных розеток на этаже. Во всех остальных

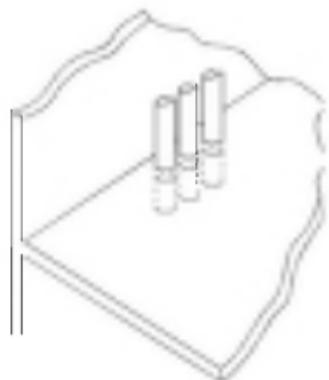


Рис. 10.5. Закладные трубы

Таблица 10.7. Рекомендуемый уровень максимального заполнения трубчатых элементов магистральными кабелями и минимальный радиус изгиба трубопровода

Диаметр трубы, мм	Площадь трубы «в свете», мм <sup>2</sup>	Максимальная заполняемая площадь, мм <sup>2</sup> , при использовании одного кабеля	двуих кабелей	трех кабелей	Мин. радиус изгиба для кабелей со стальными упрочняющими элементами, мм	Мин. радиус изгиба для других кабелей, мм
20,9	345	183	107	138	210	130
26,6	559	296	173	224	270	160
35,1	973	516	302	389	350	210
40,9	1322	701	410	529	410	250
52,5	2177	1154	675	871	530	320
62,7	3106	1646	963	1242	630	630
77,9	4794	2541	1486	1918	780	780
90,1	6413	3399	1988	2565	900	900
102,3	8268	4382	2563	3307	1020	1020
128,2	12984	6882	4025	5194	1280	1280
154,1	18760	9943	5816	7504	1540	1540

случаях следует проектировать несколько стояков. Другим вариантом является организация дополнительных КЭ без выделенных для них стояков, но связанных с другими благодаря магистральным кабелям, прокладываемым горизонтально. Для увеличения живучести внутренней магистральной подсистемы ее желательно выполнять с использованием двух или более пространственно разнесенных стояков.

Для прокладки кабеля на горизонтальном участке трассы возможно использование коробов, труб или лотков и других конструкций, обычно используемых как раз для таких случаев и описанных в разделах 10.2.6 и 10.2.6. При наличии на трассе фальшпотолка возможно непосредственное крепление кабеля к стене или капитальному потолку с помощью пластиковой стяжки и дюбель-колье или анкер-клина. Достаточно часто для прокладки многоармных электрических кабелей применяются траверсы. Они представляют из себя Г-образные элементы, которые крепятся к стене, потолку или несущей конструкции с прямым или U-образным окончанием поддерживающей части. Расстояние между траверсами не должно быть более 1,5 м. Этот элемент не обеспечивает поддержку прокладываемого кабеля по всей его длине, поэтому он эффективен только для кабелей с повышенной жесткостью.

Особое внимание при проектировании кабельных трасс внутренней магистральной подсистемы должно быть уделено пожарной безопасности (см. главу 9). Все металлические конструкции кабельных трасс – трубы, рукава, лотки и короба должны быть надежно заземлены.

## 10.2.6. Кабельные трассы горизонтальной подсистемы

Они предназначены для прокладки по ним кабелей от КЭ до рабочих мест, которые большую часть трассы находятся в горизонтальном положении. Также могут встречаться вертикальные участки, не пересекающие межэтажных перекрытий (исключением является

крайне редко применяемый на практике метод прокладки через перекрытие, рассмотренный в разделе 10.2.6). Кабели горизонтальной подсистемы прокладываются:

- в конструкциях пола;
- под потолком;
- в настенных каналах (кабельных коробах).

Каждое из этих решений имеет несколько вариантов, которые более подробно рассматриваются и анализируются позже.

Общим требованием, предъявляемым к рассматриваемым далее конструкциям, является необходимость заземления всех их металлических элементов: труб, лотков, коробов и т.д.

### **10.2.6.1. Кабельные трассы в конструкциях пола**

Для скрытой прокладки кабелей горизонтальной подсистемы в полах зданий специальной постройки предусматриваются разнообразные конструкции (рис. 10.6), создаваемые в процессе строительства, реконструкции или капитального ремонта. К их числу принадлежат:

- подпольные каналы;
- ячеистые полы;
- фальшполы;
- закладные трубы.

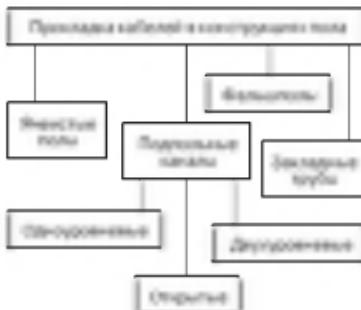


Рис. 10.6. Варианты прокладки горизонтального кабеля в конструкциях пола

Общим свойством этих конструкций является скрытность прокладки и обеспечение эффективной защиты уложенных в них кабелей от механических воздействий. Их основные параметры, возможности применения, достоинства и недостатки обсуждаются ниже. Сразу же отметим, что традиционно в нашей стране наиболее широко используются закладные трубы, несмотря на присущие им недостатки. Остальные три варианта конструкций в настоящее время встречаются достаточно редко.

#### **Подпольные каналы**

Подпольные каналы представляют собой специализированные металлические или пластиковые конструкции в основном с прямоугольным поперечным сечением, устанавливаемые в структуре межэтажного перекрытия перед «чистой заливкой» пола. Как конструктивный

элемент подпольные каналы позволяют получить эффективную механическую защиту. Они уменьшают уровень внешних наводок и электромагнитного излучения, обеспечивают скрытость прокладки. В качестве основного недостатка такого решения отметим высокую стоимость реализации, необходимость завершения монтажа до окончания строительно-монтажных работ и применения специальных напольных коробок для доступа к электрическим и информационным розеткам, а также увеличение массы пола.

Подпольные каналы обычно образуют структуру, в которой можно выделить магистральную и распределительную подсистемы. По магистральным каналам прокладываются горизонтальные кабели от кроссовых, а распределительные каналы используются для отвода кабелей от магистральных до рабочих мест. На пересечении магистральных и распределительных каналов монтируются вытяжные (иначе протяжные) коробки. Они же предусматриваются в случаях, когда каналы имеют значительную длину. Расстояние между коробками не должно превышать 6 м. В точках размещения рабочих мест устанавливаются напольные коробки с посадочными местами для монтажа информационных и силовых розеток (см. раздел 5.2.4). Крышки коробок должны располагаться на одном уровне с поверхностью «чистого пола». В некоторых случаях распределительные каналы продолжаются из-под пола в настенные коробки, крышка которых располагается заподлицо с поверхностью стены. Не исключается также комбинированный вариант прокладки, согласно которому кабель выводится из подпольного канала у стены и дальнейшее его соединение с рабочими местами выполняется носредством настенных коробок.

На практике используются три разновидности подпольных каналов:

- одноуровневые;
- двухуровневые (рис. 10.7);
- открытые (рис. 10.8).

В первом варианте магистральные и распределительные каналы расположены на одном уровне с поверхностью межэтажного перекрытия и отличаются друг от друга только площадью поперечного сечения. Это позволяет устанавливать их в зданиях с толщиной «чистого пола» от 63 мм и более.



Рис. 10.7. Двухуровневые подпольные каналы



Рис. 10.8. Открытые подпольные каналы

В системе двухуровневых подпольных каналов магистральные и распределительные каналы располагаются на разных уровнях. Распределительные обычно прокладываются выше магистральных. Для организации двухуровневых каналов толщина «чистого» пола должна быть не менее 100 мм.

В системе открытых каналов, которые можно рассматривать как «вырожденный» вариант одноуровневых каналов, их верхние поверхности, а также крышки коробок расположены на одном уровне с поверхностью чистого пола. Это позволяет устанавливать их в зданиях с минимальной толщиной «чистого пола» – 25 мм. Данный вид каналов наиболее

прост в организации и обслуживании, но в то же время дает минимальный уровень защиты проложенных в них кабелей от механических повреждений, заливания водой или несанкционированного доступа.

Иногда подпольные каналы разделяются на несколько секций, в которые укладываются кабели различного назначения (информационные, силовые и т.д.).

Каждые 10 м<sup>2</sup> рабочей площади здания должны обслуживаться магистральными и распределительными каналами с площадью поперечного сечения 650 мм<sup>2</sup>.

В офисных зданиях расстояние между параллельными распределительными каналами следует выбирать в пределах от 1520 до 1825 мм, тогда как расстояние от него до внешней стены здания или несущей колонны должно составлять 450–600 мм. Количество, трассы прокладки и емкость магистральных каналов определяется по результатам проектирования распределительных каналов. Обычно расстояние между параллельными магистральными каналами принимается равным 18 м. Не исключается возможность формирования одного или нескольких главных магистральных каналов, каждый из которых обслуживает несколько обычных и обеспечивает ввод прокладываемых по ним кабелей в кроссовую или аппаратную.

Окончания кабельных каналов в помещении кроссовой проектируется таким образом, чтобы обеспечивать удобство вывода кабелей и их подключения к панелям коммутационного оборудования. Два наиболее часто применяемых на практике варианта конструктивного оформления концевых участков изображены на рис. 10.9.



Рис. 10.9. Основные варианты реализации вывода кабелей из подпольных каналов в помещение кроссовой

### Ячеистые полы

Ячеистые полы (рис. 10.10) могут рассматриваться как одна из разновидностей подпольных каналов; они представляют собой систему непрерывных полостей в бетонных плитах конструкции пола. Данный способ прокладки имеет практически те же свойства, достоинства и недостатки, что и подпольные каналы. Правда, в отличие от последнего варианта он превосходит его по емкости полостей в полу, однако существенно уступает ему по эффективности экранирования от электромагнитного излучения.

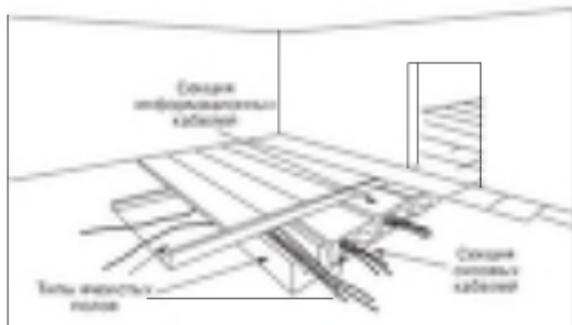


Рис. 10.10  
Ячеистые полы

### Фальшполы

Фальшпол традиционной конструкции (рис. 10.11) образуется квадратными плитками различного размера, устанавливаемыми на металлических стойках с возможностью регулировки высоты или укладываемыми на решетку каркаса. Плитки обычно изготавливаются из листового металла и имеют верхнее покрытие из линолеума.

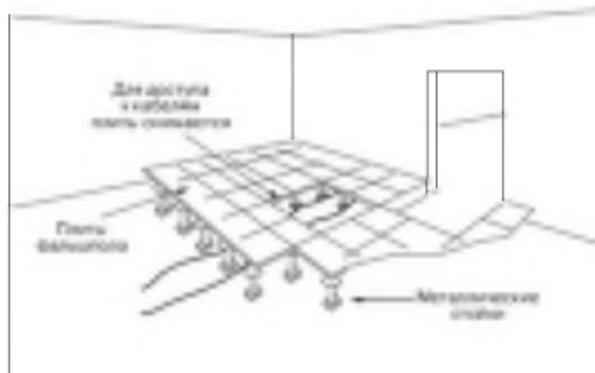


Рис. 10.11  
Фальшпол

Компанией Intercell в составе системы Cable Management Flooring System предлагается оригинальная конструкция низкопрофильного фальшпола. Его основой является сборка из 16 так называемых пьедесталов высотой (в зависимости от варианта) 55 или 85 мм, объединенных в единое целое плоскими нижними перемычками. Сборка изготавливается из одного листа металла методом штамповки и укладывается на пол с дополнительной фиксацией на клею. Плиты фальшпола имеют размер 500×500 мм при толщине 2 мм, снабжены боковыми бортиками для укладки в фиксирующие пазы пьедесталов, одновременно выполняющими функции ребер жесткости, и нижним звукоизолирующим покрытием из нетканого материала. Дополнительная надежность фиксации плит на пьедестале обеспечивается их угловым креплением на винтах-саморезах с шайбой. Из дополнительных аксессуаров рассматриваемой системы отметим наличие в ней:

- подпольной коробки с устанавливаемой на нее крышкой в виде плиты фальшпола, причем в крышке предусмотрен интегрированный лючок для выхода кабелей;
- огнезащитного подпольного барьера из негорючего материала;
- уголков для оформления краевых участков и дверных проемов.

Фальшполы обеспечивают быстроту доступа к каналам прокладки кабеля, практически не накладывая ограничений ни на количество укладываемых кабелей, ни на направление их прокладки. В качестве дополнительного достоинства отметим их высокую механическую прочность, которая достигает 1500 кг/м<sup>2</sup> и более. Недостатком этого решения являются уменьшение высоты помещения, возможность появления неожиданных акустических эффектов и необходимость использования для прокладки специальных пожаробезопасных кабелей, так как пространство под фальшполом в подавляющем большинстве случаев относится к классу пленум-полостей.

Для прокладки кабелей достаточно часто применяются каналы в виде полностью закрытых металлических лотков относительно малого поперечного сечения с крышками. Отвод к напольным и подпольным коробкам различного вида для установки розеток в этом

случае выполняется с использованием металлорукава. Такое решение позволяет существенно снизить требования к уровню пожаробезопасности кабельных изделий.

### Закладные трубы

Сеть закладных металлических или пластмассовых труб различного диаметра аналогично подпольным каналам устанавливается в структуре межэтажного перекрытия перед «чистой заливкой» пола. Она может делиться на две подсистемы: магистральную и распределительную. Такой подход выгодно отличается от рассмотренных выше решений своей низкой стоимостью, однако, обладает ограниченной гибкостью и малой емкостью.

Сеть закладных труб проектируется таким образом, чтобы в ней отсутствовали секции, имеющие более двух изгибов под прямым углом между точками вытяжки кабелей или про-межточными вытяжными коробками. Длина любого канала не должна быть выше 30 м.

При установке закладных труб обязательно учитывается минимальный радиус изгиба, внутренний радиус которого должен составлять не менее 6 внутренних диаметров трубы. Если же они имеют внутренний диаметр более 50 мм, то радиус изгиба выбирается не меньшим 10 внутренних диаметров трубы. В случае использования труб для прокладки оптических кабелей внутренний радиус изгиба всегда должен составлять не менее чем 10 их внутренних диаметров. Для соблюдения минимального радиуса изгиба кабелей иногда практикуется ввод закладных труб в протяжную коробку под углом 45° вместо обычных 90°.

Выбор количества кабелей в соответствии с размерами закладных труб осуществляется по данным табл. 10.8.

Таблица 10.8. Емкость закладных труб различного диаметра

Внутр. диаметр трубы, мм	Кол-во кабелей или проводов при внешнем диаметре кабеля, мм									
	3,3	4,6	5,6	6,1	7,4	7,9	9,4	13,5	15,8	17,8
15,8	3	2	2	2	1	1	1	0	0	0
20,9	6	5	4	3	2	2	1	0	0	0
26,6	8	8	7	6	3	3	2	1	0	0
35,1	16	14	12	10	6	4	3	1	1	1
40,9	20	18	16	15	7	6	4	2	1	1
52,5	30	26	22	20	14	12	7	4	3	2
62,7	45	40	36	30	17	14	12	6	3	3
77,9	70	60	50	40	20	20	17	7	6	6
90,1	—	—	—	—	—	—	22	12	7	6
102,3	—	—	—	—	—	—	30	14	12	7

В процессе монтажа закладных труб в них оставляются протяжки из стальной проволоки. Концы труб не должны иметь острых краев и заусенцев во избежание повреждений оболочки кабелей. Каждая труба маркируется с обоих концов уникальным идентификатором с указанием длины.

В тех случаях, если длина трассы прокладки закладной трубы превышает 30 м, на трассе между точками вытяжки кабелей имеется более двух изгибов под прямым углом или в какой-либо точке требуется разветвление системы закладных труб, обязательно используется вытяжная коробка. Её конструкция должна иметь на крышке замок или хотя бы простую задвижку, а также резиновый или другой уплотнитель для защиты от пыли.

Длина вытяжной коробки для прямого протягивания должна составлять не менее 8 внутренних диаметров самой большой входящей в нее трубы. Дополнительные требования

к вытяжной коробке для протягивания с поворотом или нетлей включают в себя следующие положения:

- расстояние между каждым выходом закладной трубы и противоположной стенкой коробки должно составлять не менее чем 6 внутренних диаметров самой большой трубы;
- расстояние между торцами закладных труб, предназначенных для одного и того же кабеля, выбирается равным не менее того же расстояния;
- если закладная труба входит в днище вытяжной коробки, то глубина последней должна быть не меньше суммы внутреннего диаметра самой большой трубы, выходящей из днища, и шести внешних диаметров самого толстого кабеля.

### 10.2.6.2. Подпотолочные кабельные каналы

#### Виды кабельных каналов

Для прокладки кабелей горизонтальной подсистемы под потолком в обычных помещениях, а также в помещениях и коридорах, оборудованных подвесным потолком, используются следующие виды кабельных каналов:

- перфорированные или сплошные лотки без верхней крышки;
- кабельные траверсы, которые образованы двумя боковыми продольными несущими рельсами, имеют трубчатые или проволочные несущие элементы, причем эти элементы соединены поперечными перекладинами;
- желоб со сплошным или перфорированным дном;
- закрытые кабельные лотки со съемной верхней крышкой и перфорированным или сплошным дном.

Траверсы из проволочных элементов являются единственными из рассматриваемых конструкций, которые обладают высокой гибкостью, поэтому они очень эффективны для применения в стесненных условиях.

Все перечисленные выше каналы могут иметь дополнительные аксессуары: углы, переходники между каналами различного сечения, крышки, отводы, адаптеры к трубам и т.д.

Площадь эффективного поперечного сечения кабельных каналов выбирается из расчета 650 мм<sup>2</sup> на каждые 10 м<sup>2</sup> рабочей площади. Указанное значение относится к случаю, когда одно рабочее место имеет три розетки. В случае большей плотности размещения сотрудников и/или другого количества розеток приведенная выше ориентировочная величина должна быть соответствующим образом скорректирована.

Крепление кабельных каналов осуществляется по двум основным схемам: с помощью боковых кронштейнов (крепление к стене) или посредством трапециевидных, П-образных или Г-образных скоб (крепление к потолку). Крепежные элементы должны быть установлены не реже, чем через 1500 мм, если иное не оговорено в технических условиях.

В процессе проверки готовности каналов к укладке кабеля особое внимание необходимо уделять контролю отсутствия на внутренней поверхности острых углов и заусенцев, на которых происходят повреждения оболочки кабеля. Из аналогичных соображений запрещается разрывать кабельные каналы в проемах между стенами. По окончании прокладки оставшиеся свободными части проемов заделываются огнеупорным материалом. Силовые кабели и кабели СКС желательно прокладывать по разным кабельным каналам и контролировать их разнос в соответствии с действующими нормами. Металлические элементы кабельных каналов обязательно должны быть заземлены на телекоммуникационную шину заземления в кроссовой.

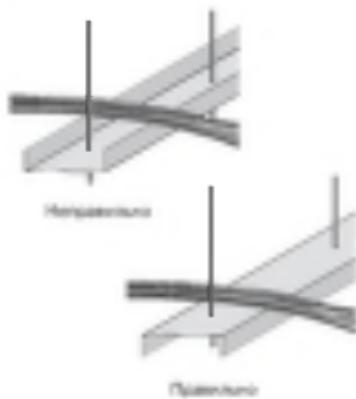


Рис. 10.12. Варианты прокладки горизонтального кабеля за подвесным потолком

Высота свободного пространства между каналом и капитальным потолком выбирается равной не менее 300 мм, а доступ к ним не должен ограничиваться конструкциями других инженерных систем здания (например, вентиляционными коробами).

Аналогично магистральным при прокладке пучка горизонтальных кабелей допускается их непосредственное крепление к стене или потолку с помощью пластиковой стяжки и дюбель-колье или анкер-клины. Иногда для этой цели используют кабельные траверсы. В качестве основы данного элемента часто используются короткие отрезки тавровой балки, которые прикрепляются к потолку с помощью двух стальных прутьев с резьбой на концах под крепежную гайку. При этом отрезки балки должны обязательно располагаться полками вверх для предотвращения эффекта передавливания провода (рис. 10.12). Данное требование особенно жестко должно соблюдаться

по отношению к кабелям UTP категории 6, отличающихся большой чувствительностью к электрическим параметров к внешним механическим воздействиям. В случае прокладки одиночного провода в качестве элемента фиксации возможно использование самоклеющейся или снабженной отверстиями для крепежного винта площадки с проушиной под стяжку, клипсы, а также предлагаемого фирмой Rehau специального кабельного фиксатора в форме прижима (рис. 10.13).



Рис. 10.13. Элементы крепления одиночных проводов:  
а) площадка под стяжку; б) клипса; в) фиксатор-прижим; г) дюбель-колье

### Методы подвода кабелей к рабочим местам

При прокладке кабелей горизонтальной подсистемы за подвесным потолком должны быть выполнены следующие основные условия:

- подвесные потолки имеют разборную конструкцию и высоту не более 3,4 м от уровня пола;
- за ним имеется достаточно свободного места для установки вспомогательных конструкций и выполнения операций протяжки кабелей (в частности, высота свободного пространства между кабельным каналом и перекрытием должна составлять не менее 300 мм);
- обеспечение наличия каналов для прокладки кабеля и/или хотя бы чистой поверхности стен или потолка для крепления к ним одиночных кабелей и их связки;
- в процессе прокладки запрещается фиксация кабелей или их жгутов за элементы крепления подвесного потолка, а также укладка на ячейки или рельсы подвесного потолка.

В случае выполнения этих положений кабели могут прокладываться к рабочим местам четырьмя основными способами (рис. 10.14).

Согласно «*зонному*» методу обслуживаемая площадь разбивается на зоны площадью до 72 м<sup>2</sup>. Информационные розетки монтируются по одному из четырех рассмотренных в разделе 5.2.3 способов с использованием вертикальных коробов или колонн, которые верхним своим концом выводятся в пространство над фальшпотолком. В каждой зоне организуется точка перехода, до которой прокладывается многошарнирный кабель (рис. 10.15). От точки перехода горизонтальный кабель обычно по кратчайшему расстоянию доводится до короба или колонны и далее до розетки.

Достоинством метода является простота его реализации и достаточно высокая гибкость. Как недостаток отметим сложность реализации системы в тех случаях, когда в пространстве над фальшпотолком присутствует значительный объем оборудования других инженерных систем здания и системы освещения.

Одличительной особенностью *метода прокладки «связки кабелей»* (рис. 10.16) является формирование пучка кабелей, вводимых в помещение. Последний укладывается вдоль мест установки коробов или колонн с креплением к стене или к потолку. При проходе мимо короба или колонны из связки отвешивается один или несколько кабелей, которые спускаются до информационных розеток.



Рис. 10.15. «Зонный» метод



Рис. 10.14. Правила устройства кабельных траверсов из тавровой балки



Рис. 10.16. Прокладка «связки кабелей»

Достоинством рассматриваемого решения является его высокая гибкость, простота реализации, и уменьшение наводок от лами дневного света в тех случаях, когда прокладка выполняется вдоль стен. Основными недостатками считаются необходимость использования *plenum-кабелей* или прокладка связки в защитных трубах, так как в противном случае не удается выдержать нормы противопожарной безопасности.

*Метод прокладки в кабельных лотках* (рис. 10.17) предполагает, как это следует из названия, наличие в помещении системы кабельных лотков. Пучок кабелей укладывается на лоток и, в случае необходимости, крепится к нему пластиковыми стяжками. При проходе розеток аналогично предыдущему методу из пучка отделяется один или несколько кабелей. К достоинствам метода относятся эффективная защита кабелей от механических воздействий и простота прокладки дополнительных кабелей. Как недостаток укажем на сложность реализации и повышенный вес потолочных конструкций, поэтому данный метод применяется в основном в служебных помещениях и при прокладке в коридорах.

При использовании метода прокладки «через перекрытие» (рис. 10.18) кабель на рабочее место протягивается через отверстие в межэтажном перекрытии из-за подвесного потолка нижнего этажа. Из-за уменьшения огнестойкости здания и снижения механической прочности перекрытий такое решение может применяться только в крайних случаях, когда прокладка остальными способами невозможна по тем или иным причинам или сопряжена со значительными трудностями.



Рис. 10.17. Прокладка в кабельных лотках



Рис. 10.18. Прокладка «через перекрытие»

Дополнительно отметим, что кроме рассмотренных выше основных способов на практике на различных участках трассы часто используется их комбинации, выбор которых определяется конкретными местными условиями.

### 10.2.6.3. Прокладка кабелей в настенных каналах

Настенные каналы предназначены для прокладки кабелей до информационных розеток, установленных на стене помещения на удобной для использования высоте. В некоторых случаях настенные накладные каналы используются для жгутов горизонтальных кабелей на участках, которые начинаются на выходе из кроссовой и кончаются непосредственно входом в помещение с информационными розетками.

Могут быть использованы следующие разновидности настенных кабельных каналов:

- накладные кабельные каналы, декоративные короба или плинтусы, которые подробно описаны в разделе 5.2;
- скрытые кабельные каналы, которые монтируются в толще стены таким образом, чтобы на ее поверхность выходили только информационные и/или силовые розетки.

Обычно заполнение коробов различными проводами не превышает 30–60% площади их поперечного сечения, конкретное значение зависит от допустимого минимального радиуса изгиба кабелей, способа монтажа розеток и перспектив расширения СКС в месте установки короба. На практике при отсутствии априорной информации о количестве кабелей, укладываемых в короб, обычно принимают значение коэффициента заполнения равным 0,5. Для определения требуемой емкости декоративных коробов суммируют площади сечений всех прокладываемых кабелей и делят на коэффициент заполнения. Скрытые кабельные каналы в большинстве случаев реализуются на основе гибких пластмассовых трубок различного диаметра и при определении их параметров применимы все положения, касающиеся закладных труб, о чем говорилось в разделе 10.2.6.

## 10.3. Телекоммуникационная стадия проектирования

На телекоммуникационной стадии проектирования выполняется расчет количества компонентов, необходимых для создания кабельной системы. Для облегчения проектирования целесообразно применить несколько отличное от стандарта ISO/IEC 11801 и более мелкое деление СКС и оборудования, непосредственно взаимодействующего с ней, на отдельные подсистемы:

1. Подсистема рабочего места.
2. Горизонтальная подсистема.
3. Магистрали кабельной системы.
4. Подсистема кабелей оборудования.
5. Административная подсистема.

Несложно убедиться в том, что согласно предлагаемому делению в отдельные подсистемы в классической древовидной структуре СКС (рис. 1.1) выделены как узлы, так и ветви дерева.

Проектирование отдельных подсистем СКС выполняется последовательно. Рекомендуемая очередность их разработки совпадает с указанным в списке порядком.

Результаты расчетов по каждой из подсистем представляются в табличной форме. Данные этих таблиц используются в качестве исходной информации для проектирования следующих подсистем. На заключительном этапе проектирования по этим документам составляются спецификации оборудования.

Формы таблиц могут быть любыми, то есть удобными для разработчика. Допускается использование как бумажных бланков, так и их электронных вариантов. В последнем случае существенно облегчается и ускоряется процесс подготовки окончательной спецификации оборудования. В разделах, посвященных проектированию отдельных подсистем, приведены рекомендованные формы таблиц, которые можно модифицировать в зависимости от конкретной СКС.

### 10.3.1. Исходные данные для проектирования

#### 10.3.1.1. Строительные решения

В составе исходных данных для проектирования кабельных систем важную роль играют сведения о строительных решениях, предусмотренных проектом здания в части, касающейся СКС. В тех случаях, когда проектирование кабельной системы ведется через архитектурную фазу, работа на телекоммуникационной фазе несколько облегчается.

Если проектирование СКС выполняется с телекоммуникационной фазы, то в качестве исходных данных для выполнения проектных работ используются:

- линейные размеры здания или поэтажные планы помещений с указанием линейных размеров;
- общая и/или используемая площадь помещений (доступная для размещения персонала, оборудования и мебели);
- высота этажей;
- структура отдельных этажей:
  - система размещения помещений: коридорная, открытые или сотовые офисы;
  - наличие архитектурно выделенных зон и их размеры;

- расположение лестничных маршей;
- наличие технических помещений;
- строительные решения:
  - материал и толщина стен, перегородок;
  - материал и толщина межэтажных перекрытий;
  - наличие подвесных потолков и фальшполов в коридорах и комнатах;
  - конфигурация и расположение радиаторов системы центрального отопления;
- расположение распределительных узлов и вертикальных стояков систем водопровода, центрального отопления, канализации, пожаротушения, сети питания электрических устройств большой мощности, источников сильных электромагнитных полей;
- кроссовые и аппаратные:
  - наличие технических помещений и их готовность для размещения оборудования СКС и смежных систем;
  - размеры этих помещений;
- наличие и состояние кабельной канализации, эстакад, столбов и других аналогичных сооружений для укладки или подвески кабелей внешней прокладки;
- наличие и параметры кабельного ввода в здание:
  - типы и емкости вводимых кабелей, а также информация о их владельце;
  - использование устройств электрической защиты в составе кабельного ввода;
  - наличие свободных каналов кабельного ввода и их состояние;
- каналы для прокладки вертикальных участков кабелей:
  - типы и состояние элементов прохода межэтажных перекрытий;
  - типы и состояние элементов перехода от вертикальных к горизонтальным участкам кабельных трасс;
- каналы для прокладки горизонтальных участков кабелей:
  - наличие и состояние кабельных лотков за подвесным потолком;
  - наличие и состояние закладных кабельных каналов в полу;
  - наличие и степень заполнения декоративных коробов в помещениях;
- особенности интерьера;
- электроснабжение объекта:
  - категория надежности по электроснабжению;
  - схема подвода питающих фидеров к объекту;
- заземление:
  - наличие заземляющего контура;
  - наличие защитного зануления;
  - структура системы заземления здания.

Полученные исходные данные обязательно контролируются на соответствие архитектурным и планировочным требованиям стандарта TIA/EIA-569 (см. раздел 10.2). При наличии существенных расхождений следует известить заказчика, подготовить предложения и рекомендации по внесению изменений в строительный проект здания и прогонстрировать их выполнение.

### 10.3.1.2. Требования к кабельной системе

В процессе формирования требований к СКС необходима следующая информация:

- виды сетевого оборудования, которое будет использовать СКС для организации информационного обмена с:
  - локальной вычислительной сетью;
  - телефонной сетью;
  - системой безопасности;
  - системой управления технологическим оборудованием здания (лифты, системы вентиляции, кондиционирования и т.д.);
  - другими системами;
- требования заказчика к телекоммуникационным характеристикам системы;
- пропускная способность;
- емкость подсистемы внутренних и внешних магистралей;
- перспективы расширения системы;
- требования заказчика к методам прокладки кабелей и совместимости с существующим интерьером;
- требования заказчика к совместимости оборудования, которое предполагается установить в здании;
- другие требования.

### 10.3.1.3. Состав розеток на рабочих местах

В составе блока розеток на рабочих местах могут находиться:

- информационные розетки (ИР), подключаемые к симметричному электрическому кабелю;
- ИР, подключаемые к волоконно-оптическому кабелю;
- силовые розетки, подключенные к системе гарантированного электроснабжения;
- силовые розетки, подключенные к системе бытового электроснабжения.

Наличие и количество розеток каждого вида определяется в соответствии с требованиями и пожеланиями заказчика.

В соответствии со стандартом ISO/IEC 11801 на каждом рабочем месте следует устанавливать не менее двух ИР. Минимум одна ИР должна подключаться к кабелю категории 3 или выше. Остальные розетки обслуживаются кабелем категории 5 или оптическим кабелем. С целью обеспечения универсальности кабельной системы рекомендуется применять ИР категории 5. В отдельных случаях, обусловленных местными условиями и спецификой рабочих мест, по настоянию заказчика допустимо отклонение от рекомендаций стандартов как в сторону изменения количества розеток, так и их категорий. Данный факт следует зафиксировать в техническом задании с указанием причины.

### 10.3.2. Проектирование подсистемы рабочего места

Основной задачей этой стадии проектирования является разработка, согласование и утверждение плана расположения информационных и силовых розеток кабельной системы, а также определение типа и количества оконечных шнурков, адаптеров, переходников и других аналогичных элементов.

Места установки розеток отмечаются на планах этажей здания. Основная информация о них заносится в соответствующие графы (табл. 10.9). Эта таблица заполняется также в тех случаях, когда планов здания не существует или на имеющихся не представляется

возможным отметить точные места их расположения. В такой ситуации она является основным документом, описывающим подсистему рабочего места и позволяющим спроектировать горизонтальную подсистему.

При выборе мест расположения информационных розеток следует исходить из равномерного распределения рабочих мест по площади помещения (по СНиП 2.09.04-87 – раздел 3.2, одно рабочее место занимает минимум  $4\text{ м}^2$  рабочей площади; стандарт ISO/IEC 11801 в редакции 2000 года дает норму в  $10\text{ м}^2$ , хотя оговаривает желательность минимизации этого параметра и возможность применения национальной нормативной базы). Дополнительно учитывается возможность прокладки кабеля к предполагаемому месту установки розетки, а также возможность монтажа в нем розеток того или иного вида.

Таблица 10.9. Распределение рабочих мест

№ п/п	Этаж	№ квартиры	Кол-во (количество раб. мест)	Информационные розетки			Силовые розетки		Метод крепления
				Кат. 3	Кат. 5	Опт.	Гарант. питания	Бытовые	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

По настоящему заказчика возможно расположение розеток в соответствии с планами размещения мебели для рабочих мест. В большинстве случаев это позволяет несколько снизить стоимость кабельной системы в основном за счет уменьшения количества розеток. Подобное решение в неявном виде нарушает принцип структурированности, фактически привязывает кабельную систему к планам размещения офисной мебели, за счет этого значительно снижает ее гибкость. Такой подход должен использоваться только в самых крайних случаях. Заказчик обязательно должен быть предупрежден о негативных последствиях применения такого решения как в смысле эксплуатационной гибкости, так и затрат на текущее обслуживание. Отрицательные последствия могут проявиться уже через два-три года после начала эксплуатации СКС или даже ранее, скажем, при первом более или менее массовом перемещении сотрудников или при установке новой мебели.

В качестве компромисса, позволяющего несколько снизить разовые затраты на создание СКС и в то же самое время сделать процесс организации новых рабочих мест менее болезненным, может быть использован следующий подход. Все архитектурные решения (емкость кабельных коробов, количество и габариты стояков и т.д.) изначально рассчитываются на полную емкость кабельной системы, а количество рабочих мест на первом этапе организуется с привязкой к фактическому размещению сотрудников. При таком подходе прокладка (в случае необходимости) нескольких дополнительных кабельных линий не превращается в трудоемкую операцию, вполне может быть выполнена сотрудниками

службы эксплуатации за короткое время (в том числе и в выходные дни) и не оказывает существенного влияния на деятельность остальных структурных подразделений организации. Заметим только, что все сказанное выше справедливо в том случае, если процесс доукладки кабельных линий не превращается в нерманентную операцию, то есть количество устанавливаемых розеток сразу рассчитывается в соответствии с площадью помещения.

Количество оконечных шнуров выбирается равным количеству единиц того сетевого компьютерного оборудования (рабочие станции, сетевые принтеры и другие аналогичные устройства), которое будет подключено к СКС сразу после сдачи системы в эксплуатацию. Для учета перспективы расширения ЛВС и поддержки текущей эксплуатации некоторое число дополнительных шнуров (до 10%, иногда больше) складывается в ЗИП.

Оконечные шнуры для подключения телефонных и факсимильных аппаратов к информационным розеткам обычно входят в комплект их поставки. Поэтому они не учитываются при подготовке спецификации.

Длины оконечных шнуров для подключения компьютерного оборудования выбираются в зависимости от размеров помещений, которые обслуживает кабельная система. Для небольших комнат с равномерным распределением розеток достаточно соединительных шнуров одной длины<sup>1</sup> от 2 до 3 м. В больших помещениях может потребоваться увеличение длины до 8 м. Такая ситуация также возникает в случае, когда розетки установлены в соответствии с планами размещения мебели. Применение более длинных шнуров противоречит требованиям действующих стандартов (ISO/IEC 11801 и др.). Но в любом случае до 10% общего количества соединительных шнуров должны иметь длину более 3 м.

В случае построения СКС в открытом офисе при выборе длии соединительных шнуров можно руководствоваться положениями раздела 1.4.1.

Использование самодельных шнуров не рекомендуется из-за их потенциально худших электрических параметров и эксплуатационной надежности. Кроме того, большинство изготавителей СКС не сертифицируют подобные решения.

В тех случаях, когда заранее известно, что к части розеток кабельной системы будет подключаться специальное активное оборудование, необходимо предусмотреть в спецификации рабочего места соответствующие переходники, балуны и адаптеры, осуществляющие согласование и/или преобразование параметров кабельного и приборного интерфейсов.

### 10.3.3. Проектирование горизонтальной подсистемы

Процесс проектирования горизонтальной подсистемы является наиболее сложным и ответственным этапом разработки СКС. Принятые на этом этапе решения являются определяющими для технико-экономической эффективности создаваемой системы. Данный факт объясняется тем, что именно в горизонтальной подсистеме сосредоточена основная масса оборудования СКС как по номенклатуре и количеству, так и по стоимости. В процессе проектирования осуществляется:

- привязка отдельных рабочих мест к кроссовым;
- выбор типа телекоммуникационных розеток;
- выбор типа и категории кабеля с расчетом его количества;
- проектирование точек перехода (при необходимости их применения).

<sup>1</sup> Практически любая кабельная линия имеет конечные концы, то есть концы, на которых нет соединений. Несколько концов неизбежно в случае залога кабеля в выемках пола или рабочем столе.

Результаты расчетов сводятся к данным, заносимым в табл. 10.10.

Сразу же отметим, что излагаемый далее материал относится к случаю использования модели обычного офиса (см. раздел 1.4.1). Именно в такой конфигурации создается подавляющее большинство СКС в нашей стране. При необходимости проектирования кабельной разводки открытого офиса все приводимые положения легко адаптируются к его особенностям с учетом технических параметров применяемой для этого элементной базы.

Таблица 10.10. Горизонтальные подключения

					Заказчик:			
					Общее:			
					Здание:			
№ п/п	Кроссовые рабочие места	Кабельные рабочие места	Кабельные рабочие места	Кабельные рабочие места	Кабельный 3	Кабельный 5	Отделочный кабель	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Кат. 3	Кат. 5	Опт.	Тип	Кабель	Тип	Кабель	Тип
	1	2	3	4	5	6	7	8

Диаграмма процесса проектирования приведена на рис. 10.19.

В соответствии с принятым делением на данном этапе выполняется выбор типа и расчет количества всех элементов тракта передачи сигнала, но без оборудования, устанавливаемого в кроссовых и ашаратных. Это оборудование относится к административной подсистеме.

### 10.3.3.1. Привязка отдельных рабочих мест к кроссовым

Процесс проектирования горизонтальной подсистемы начинается с привязки отдельных рабочих мест к кроссовым. Количество кроссовых и места их расположения задаются в соответствии с решениями, принятыми на архитектурной стадии проектирования. В небольших и средних СКС, когда предусматривается только одна кросовая на этаже, привязка превращается в формальность и заключается в переносе суммарных данных по количеству розеток из соответствующих граф табл. 10.9 в 10.10. В тех случаях, когда на этаже имеется несколько кроссовых, необходимо соблюдать следующие условия:

- максимальная длина горизонтального кабеля не должна превышать 90 м;
- рекомендуется минимизировать количество кабельных трасс длиной выше 70 м;
- каждая кросовая должна по возможности обслуживать примерно одинаковое число рабочих мест;
- распределение по кроссовым отдельных рабочих мест должно производиться по принципу минимизации средней длины каналов с кабелем.

Соблюдение данных правил полезно также в тех ситуациях, когда в силу каких-либо архитектурных или организационных особенностей нарушается условие наличия на каждом этаже хотя бы одной кросской.

### 10.3.3.2. Выбор типа информационных розеток

Выбор вида и категории информационных розеток (ИР) однозначно задается параметрами, принятymi в процессе разработки и последующей защиты эскизного проекта и определяющими тип среды передачи сигнала. Основные данные по розеткам систематизируются в процессе проектирования рабочего места. В процессе проектирования горизонтальной подсистемы производится конкретизация:

- количества розеточных модулей на рабочих местах;
- принципов их крепления.

На выбор типа информационных розеток существенное влияние оказывает их конструктивное исполнение и возможность применения того или иного способа крепления в точке установки.

На рабочем месте могут быть использованы информационные розетки с одним или двумя (реже тремя) розеточными модулями (подробнее см. раздел 3.3.3). Основная масса ИР реализуется с двумя розеточными модулями, формально предназначенные для обслуживания телефона и компьютера. Корпуса емкостью от четырех до двенадцати розеточных модулей более эффективны при обслуживании явно выделенной группы рабочих мест. Такой подход часто применяется при размещении пользователей в залах большой площади или же при создании СКС в помещениях, попадающих под определение открытого офиса (см. раздел 1.4.1).

Метод крепления информационных розеток выбирается с учетом способа прокладки кабелей горизонтальной подсистемы и отражается в столбце 10 табл. 10.9.

### 10.3.3.3. Расчет горизонтального кабеля

#### Выбор типа и категории

Выбор типа и категории кабеля горизонтальной подсистемы зависит от решений, принятых в процессе разработки эскизного проекта и типа среды, в которой будет передаваться сигнал.

Согласно стандарту ISO/IEC 11801 для организации горизонтальной подсистемы СКС могут быть использованы симметричные электрический и оптический кабели.



Рис. 10.9 Диаграмма процесса проектирования горизонтальной подсистемы

Категория симметричных кабелей из витых пар определяется с учетом табл. 1.6 и зависит от максимальной частоты передаваемого сигнала. На ранних этапах развития техники СКС в нашей стране достаточно часто практиковалось формальное следование минимальным требованиям редакций стандартов (по состоянию на 1995 год) и доведение до рабочего места одного кабеля категории 5 и одного кабеля категории 3. Первый из них предназначался для подключения к компьютеру, второй – телефонного аппарата. Применение такого варианта построения горизонтальной подсистемы позволяет несколько снизить общую стоимость СКС за счет меньшей цены кабеля и розетки категории 3. Тем не менее такая схема не рекомендуется, так как нарушает принцип универсальности и ограничивает функциональную гибкость. На практике ведущие системные интеграторы в подавляющем большинстве случаев прокладывают до каждого рабочего места два кабеля категории 5 и устанавливают соответствующие розеточные модули.

В случаях двухпортовых рабочих мест некоторая экономия затрат на формирование горизонтальной подсистемы достигается применением сдвоенных кабелей, которые позволяют довести за один цикл протяжки до рабочего места сразу два 4-парных элемента. Масштабное внедрение этого решения сдерживается как некоторым неудобством протяжки такого кабеля за счет его несимметричной формы, так и отсутствием сдвоенных конструкций в производственной программе многих фирм-производителей кабельной продукции.

Многонарные кабели прокладываются непосредственно до рабочих мест только при использовании упомянутых выше шести и двенадцати постовых розеточных модулей. Во всех остальных случаях необходимо проектировать точки перехода. Использование таких кабелей на розетках меньшей емкости недопустимо, так как стандарты требуют обязательного подключения всех пар к розеточным модулям (проводники не должны «висеть» в воздухе). Распределение витых пар многонарного кабеля по нескольким модулям без точки перехода невозможно, так как по правилам витая пара без оболочки не может находиться вне корпуса информационной розетки. Данный запрет становится недействительным в случае применения многоэлементных кабелей, однако они присутствуют в составе штатных компонентов очень небольшого количества СКС.

Стандарты запрещают как запараллеливание пар электрических кабелей, так и применение муфт для их сращивания. При необходимости использования кабельной разводки СКС для обеспечения работы сетевого оборудования, подключаемого по принципу «многоточки» и требующего для своего функционирования нагрузочных резисторов, следует применять соответствующие адаптеры (см. раздел 3.4.2.4).

### Расчет количества

При расчете длины горизонтального кабеля учитываются следующие очевидные положения. Каждый модуль информационной розетки связывается с коммутационным оборудованием в кроссовой этаже одним кабелем. Следует напомнить, что его длина в соответствии со стандартом ISO/IEC 11801 не должна превышать 90 м. Кабели прокладываются по каналам без образования бухт и петель. Принимаются во внимание также спуски, подъемы и повороты этих каналов.

Существует два метода вычисления количества кабеля для горизонтальной подсистемы: суммирований и эмпирический.

Первый заключается в подсчете длины трассы каждого горизонтального кабеля с последующим сложением этих длин. К полученному результату добавляется технологический запас величиной не более 10%, а также запас для выполнения разделки в розетках и на кроссовых панелях. Достоинством рассматриваемого метода является высокая точность. Однако при отсутствии средств автоматизации и в случае проектирования СКС с большим

количеством портов такой подход оказывается чрезмерно трудоемким, что, в частности, практически исключает расчет нескольких вариантов организации кабельной системы. Он может быть рекомендован для использования в случае наличия у разработчика специализированных программ автоматического проектирования (например, пакета CADDY), когда выполнение рутинных операций учета всех спусков, поворотов и т.д., а также подсчета общей длины всех проводов перекладывается на вычислительную технику.

Эмпирический метод реализует на практике положение известной центральной предельной теоремы теории вероятностей и, как показывает опыт, дает хорошие результаты для кабельных систем с числом рабочих мест выше 30. Его сущность заключается в применении для подсчета общей длины горизонтального кабеля, затрачиваемого на реализацию конкретной кабельной системы, обобщенной эмпирической формулы.

Единственным существенным ограничением метода является предположение того, что рабочие места распределены по площади обслуживаемой территории равномерно. В случаях нарушения этого условия рабочие места объединяются в группы, в которых с большей или меньшей точностью выполняется принцип равномерного распределения. Для каждой такой группы расчет выполняется отдельно. Этот прием позволяет свести задачу проектирования к предыдущему случаю. Несложно убедиться в том, что при дальнейшем дроблении групп вплоть до одиночного кабеля эмпирический метод переходит в метод суммирования.

На основании сделанных предположений средняя длина  $L_{av}$  кабельных трасс принимается равной:

$$L_{av} = \frac{(L_{min} + L_{max})}{2} K_s + X_r$$

где  $L_{min}$  и  $L_{max}$  – длины трассы от точки входа кабельных каналов в кроссовую до розеточного модуля информационной розетки соответственно самого близкого и самого далекого рабочего места, рассчитанных с учетом особенностей прокладки кабеля, всех спусков, подъемов, поворотов, сквозных межэтажных проемов (при их наличии) и т.д.;  $K_s$  – коэффициент технологического запаса – 1,1 (10%);  $X_r$  –  $X_1 + X_2$  – запас для выполнения разделки кабеля. Со стороны рабочего места он принимается равным 30 см – величина  $X_1$ . Параметр  $X_2$  обозначает запас со стороны кроссовой. Он зависит от ее размеров и численно равен расстоянию от точки входа горизонтальных кабелей в помещение кроссовой до самого дальнего коммутационного элемента опять же с учетом всех спусков, подъемов и поворотов.

Далее рассчитывается  $N_{cr}$  – величина всех кабельных трасс, на которые хватает одной катушки кабеля:

$$N_{cr} = \frac{L_{cb}}{L_{av}},$$

где  $L_{cb}$  – длина кабельной катушки (стандартные значения 305 м, 500 м и 1000 м), причем результат округляется вниз до ближайшего целого.

На последнем шаге получаем общее количество кабеля  $L_c$ , необходимое для создания кабельной системы:

$$L_c = L_{av} \cdot \frac{N_{cr}}{N_m},$$

где  $N_m$  – количество розеточных модулей информационных розеток СКС.

Приведенный алгоритм может быть использован в электронной таблице Excel. Используемая формула для наиболее распространенных на практике 305-метровых (1000-футовых) упаковок кабеля имеет вид:

$$=ОКРУГЛВВЕРХ(N_{\text{шт}}/(ОКРУГЛВНИЗ(L_{\text{шт}}/(L_{\text{шт}} \times 1,1+X);0));0) \times 305 \quad (10.1)$$

где  $N_{\text{шт}}$ ,  $L_{\text{шт}}$ ,  $L_{\text{шт}}$ ,  $X$  – числовые значения или ссылки на ячейки, в которых содержатся цифровые значения соответствующих параметров.

Отметим, что используемое в формуле 10.1 округление в разных направлениях применяется для уменьшения вероятности ошибки расчета.

В случае реализации разводки на кабелях различных категорий расчет осуществляется по каждой из них отдельно. Естественно, что при использовании во всем здании однотипных информационных розеток с разъемными модулями разных типов количество кабеля разных категорий оказывается равным и расчет выполняется один раз.

#### **10.3.3.4. Проектирование точек перехода**

Под точкой перехода понимается то место горизонтального подсистемы, в которой происходит изменение типа используемого кабеля без изменения характеристик качества передачи. Согласно стандарту ISO/IEC 11801 в точке перехода плоский кабель соединяется с обычным круглым или выполняется ветвление многопарного кабеля на несколько четырехпарных (вариант, который более часто встречается на практике в нашей стране). В крайних случаях точка перехода может быть использована для сращивания двух одинаковых кабелей, например, при необходимости наращивания длины или в процессе эксплуатации СКС для восстановления связи в случае аварии. Данное решение не сертифицируется производителем СКС и при первой же возможности такой провод следует заменить непрерывным кабелем.

В точке перехода устанавливается коммутационное оборудование, но она не предназначена для выполнения операций администрирования кабельной системы и подключения активных сетевых устройств различного назначения. Опыт реализации проектов показывает, что в качестве кроссового оборудования наиболее удобно использовать панели типа 110 в различных вариантах конструктивного исполнения. Наиболее предпочтительны панели с запарапеленными контактами розеток (подробнее см. раздел 3.3.2.1). В случае использования других типов панелей провода, приходящие со стороны КЭ, разводятся на неразъемных сторонах контактов, а для разводки кабелей, соединяющих точку перехода с информационной розеткой на рабочем месте, используются разъемные стороны контактов с обязательной дополнительной механической фиксацией таких кабелей, что предусматривается соответствующими техническими средствами. Таким образом, емкость коммутационного оборудования для точки перехода рассчитывается только по количеству пар в кабеле от КЭ.

Общие сведения о горизонтальной подсистеме сводятся в табл. 10.10.

#### **10.3.4. Магистральные подсистемы СКС**

На этапе проектирования магистралей кабельной системы решаются следующие основные задачи:

- выбор типа и категории кабелей;
- расчет емкости и количества магистрального кабеля.

### 10.3.4.1. Выбор типа и категории магистральных кабелей

Выбор типа и категории кабеля для магистралей СКС определяется решениями, принятыми при разработке эскизного проекта и определяющими тип среды передачи сигнала.

Согласно стандарту ISO/IEC 11801 магистральные подсистемы могут строиться на симметричных электрических и/или волоконно-оптических кабелях.

Категория симметричного кабеля определяется в соответствии с табл. 1.6 в зависимости от максимальной частоты передаваемого сигнала. Вид оптического кабеля (одномодовый или многомодовый) зависит от типа применяемого сетевого оборудования и длины магистрали (см. табл. 1.10).

Сетевое оборудование ЛВС со скоростью передачи не выше 100 Мбит/с допускает использование многомодового оптического кабеля на линиях с максимальной длиной, не превышающей 2000 м, причем на практике это значение может быть сильно превышено<sup>1</sup>. Однако при сложившихся на сегодняшний день уровне цен на работы и отдельные компоненты, необходимые для реализации волоконно-оптических линий связи (кабель с аксессуарами плюс активное сетевое оборудование), экономически целесообразным и технически более перспективным является применение одномодовой техники при трассах длиной свыше 1500 м [137].

Иная картина наблюдается в случае применения ЛВС Gigabit Ethernet. Согласно стандарту 802.3z максимальная длина многомодового оптического кабеля не может превышать 550 м. Учитывая это обстоятельство и изложенные выше соображения, можно сделать вывод: оптическая подсистема внутренних магистралей должна строиться преимущественно на многомодовом оптическом кабеле, тогда как основой внешних магистралей, длина которых превышает 500 м, преимущественно должен являться одномодовый кабель. В тех ситуациях, когда по оптическому кабелю производится передача сигналов других приложений (например, УАТС), возможно применение комбинированных конструкций, содержащих одновременно одномодовые и многомодовые волокна.

При выборе типа симметричного многопарного кабеля кроме проверки соответствия его характеристик классу приложений дополнительно следует проконтролировать совместимость сигналов с этими приложениями. В случае обнаружения несовместимости приложений применяются следующие приемы. Если для построения магистральных подсистем используются 25-парные кабели, то сигналы приложений передаются по разным кабелям. Если же магистральная подсистема строится на кабеле большой емкости, то можно воспользоваться тем фактом, что сердечник 50-парного кабеля, а также кабелей большей емкости собирается из отдельных 25-парных связок, каждая из которых имеет электрические характеристики 25-парного кабеля той же категории. В этом случае сигналы несовместимых приложений передаются по разным связкам одного кабеля.

Допускается использование в здании двух внутренних магистралей различной категории, например категории 3 и 5. Обычно это связано с тем, что телефонные системы не требуют высококачественных кабелей для работы на достаточно большие расстояния. Магистрали разных категорий могут начинаться как в одной, так и в разных кроссовых зданиях.

Описанное решение позволяет создать относительно дешевую систему, отвечающую требованиям сегодняшнего дня. Однако при окончательном выборе одного из возможных вариантов необходимо обязательно учитывать два обстоятельства:

- перспективы использования магистральных кабелей для поддержки функционирования более требовательного к пропускной способности оборудования;
- выделение для передачи сигналов различного сетевого оборудования отдельных кабелей в определенной степени снижает гибкость кабельной системы.

<sup>1</sup> Волоконный кабель с повышенной пропускной способностью для таких оптических подсистем могут быть 5–10 км.

### 10.3.4.2. Расчет емкости и количества магистральных кабелей

Расчет начинается с составления перечня кабелей внутренней магистрали, который выполняется на основе эскизного проекта. В проектной документации желательно пояснить предполагаемое назначение каждого кабеля.

Емкость магистральных кабелей рассчитывается с учетом принятой конфигурации рабочего места и выбранного типа среды передачи на внутренней и внешней магистралях. В качестве ориентировочных значений для расчета количества пар и волокон используются следующие значения.

*Конфигурации с низкой степенью интеграции*, которые имеют один модуль в информационной розетке и соответственно один горизонтальный кабель на рабочее место (необходимо минимум 2 пары на рабочее место в кабелях внутренней магистрали).

*Конфигурации со средней степенью интеграции*, которые содержат два или более розеточных модуля на информационную розетку с соответствующим количеством горизонтальных кабелей на рабочее место (типичное решение на середину 1999 года): минимум 3 пары на одно рабочее место в кабелях внутренней магистрали.

*Конфигурации с высокой степенью интеграции* включают в себя два или более розеточных модуля на информационную розетку с соответствующим количеством горизонтальных кабелей на рабочее место. При этом в таких конфигурациях возможно использование волоконно-оптического кабеля для организации внутренней и внешней магистралей, а также горизонтальной подсистемы. Конфигурации с высокой степенью интеграции предполагают применение минимум трех пар и 0,2 волокна на рабочее место<sup>1</sup> кабелях внутренней магистрали и минимум двух пар и 0,2 волокна на рабочее место в кабелях внешней магистрали.

Следующие соображения положены в основу выбора указанных значений. Во-первых, современные системы телефонной связи используют для подключения абонентского оборудования одну или две витых пары. Кроме того, они строятся в подавляющем большинстве случаев по централизованной схеме без использования выносов, подстанций и других аналогичных устройств, выполняющих функции концентраторов. Поэтому в конфигурации с низкой степенью интеграции в магистрали здания предусматривается минимум две пары на рабочее место. Во-вторых, при построении ЛВС в кроссовых этажах устанавливается активное оборудование: повторители, коммутаторы, мультиплексоры и другие аналогичные устройства. Эти приборы имеют, как правило, один или два порта для подключения к центральному оборудованию в кроссовой здания и некоторое количество портов (от 4 до 24) для подключения рабочих станций пользователей через кабели горизонтальной подсистемы. На рис. 10.20 представлена зависимость объема поставок концентраторов ЛВС фирмы Allied Telesyn от количества портов (по данным компании АйТи). Большой объем выборки (в общей сложности 2207 устройств) позволяет рассматривать ее как репрезентативную и строить на ее основе дальнейшие рассуждения. Из приведенных данных видно, что среднее количество портов, обслуживаемых одним концентратором, составляет 10,96. Практика построения ЛВС показывает примерно равную вероятность подключения выходного ip-link-порта концентраторов рабочих групп как к локальному серверу или коммутатору, так и к кабелю магистральной подсистемы. Отсюда получаем, что примерно с 10 % запасом среднее количество портов для обслуживания рабочих мест в этих устройствах равно десяти, то есть работа десяти рабочих мест обеспечивается одним трактом внутренних магистралей. Один такой тракт образуется четырьмя парами электрического магистрального кабеля, следовательно, к двум парам для внутренней магистрали при конфигурации с низкой степенью интеграции необходимо добавить еще одну на рабочее место.

<sup>1</sup> Высокая емкость может быть получена путем оптической передачи. Более подробно это изложено в главе о магистральных кабелях.

Для внутренней магистрали СКС, имеющей конфигурацию со средней и высокой степенью интеграции, также добавляется одна пара ( $4 \text{ пары} / 10 \text{ рабочих мест} = 0,4 \text{ пары на рабочее место} = 1 \text{ пара на рабочее место}$ ). Аналогично получаем  $0,2$  волокна на рабочее место для волоконно-оптических кабелей магистрали здания ( $2 \text{ волокна} / 10 \text{ рабочих мест} = 0,2 \text{ волокна на рабочее место}$ ), так как тракт передачи данных по оптическим кабелям образуется двумя волокнами.

Указанные значения емкости кабелей подсистемы внутренних магистралей являются нижней допустимой границей. По согласованию с заказчиком суммарное ее значение может быть увеличено. Необходимость увеличения емкости магистральных кабелей следует даже из анализа рис. 10.20, который показывает высокую популярность применения 8-портовых концентраторов при построении ЛВС. Введение в магистральные кабели дополнительных витых пар и световодов обеспечивает значительное улучшение гибкости кабельной системы, позволяет ввести резервирование и создает предпосылки для расширения функциональных возможностей системы.

Требуемое количество магистральных кабелей определяется следующим образом. Для каждого из кроссовых этажей установленное минимальное количество пар/волокон на рабочее место умножается на количество рабочих мест (графа 3 табл. 10.10), обслуживаемых этой кроссовой. Полученное значение округляется до ближайшего сверху количества пар/волокон, которое может быть получено при использовании одного или нескольких кабелей стандартной емкости ( $25, 50, 100, 200$  и т.д. пар или  $4, 6, 8, 12, 24, 48$  и т.д. волокон). Полученное значение в парах/волокнах и число кабелей заносятся в соответствующие графы (табл. 10.11).

При создании распределенных магистралей расчет емкости кабелей выполняется по тем же принципам.

Если основной внутренней магистрали являются оптические кабели, то рекомендуется по возможности предусмотреть дублирование каждой магистральной трассы одним или несколькими 25-парными кабелями категории 5. Это обеспечит готовность к возможной установке оборудования, функционирующего на симметричных кабелях, а также возможность резервирования на случай выхода из строя волоконно-оптических кабельных линий или сетевого оборудования с оптическими интерфейсами.

Длина кабелей определяется с учетом всех спусков, поворотов и других топологических особенностей трассы, а также запасов на разделку. Результаты расчетов по магистральным кабелям заносятся в табл. 10.11.

#### **10.3.4.3. Особенности проектирования подсистемы внешних магистралей**

Правила проектирования подсистемы внешних магистралей совпадают в основном с правилами проектирования внутренних магистралей. Поэтому здесь отметим только те особенности, которые не указывались ранее и с которыми тем или иным образом приходится встречаться проектировщику:

- в процессе проектирования внешней магистрали очень часто используются кабельные трассы в канализации ГТС и находящихся в коллекторах различных городских служб. В этом случае возникает проблема получения соответствующих согласований

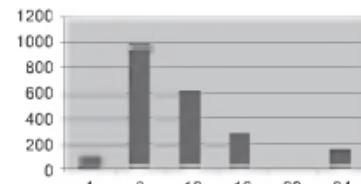


Рис. 10.20. Зависимость объема поставок концентраторов ЛВС от количества портов

- и технических условий на прокладку и применение только тех кабелей, которые входят в перечень разрешенных<sup>1</sup>. Также необходимо заключение договоров на аренду;
- из-за относительно малой емкости кабельных трасс подсистемы внешних магистралей ее расчет выполняется каждый раз индивидуально, и каких-либо универсальных рекомендаций по этому поводу дать просто невозможно;
  - в тех случаях, если кабели подсистемы внешних магистралей соединяют между собой несколько зданий и частично прокладываются по одному пути, имеет смысл рассмотреть возможность применения на трассе разветвительной муфты. Из-за сложившегося на российском рынке состояния цен (на середину 1999 года) такое решение, как правило, оказывается экономически предпочтительным при длине общего участка трассы свыше 300–400 м. Выигрыш достигается за счет существенной экономии на работах по прокладке и стоимости кабеля;
  - большая стоимость и продолжительность работ по строительству внешних магистралей заставляет вводить повышенные запасы емкости. Так, например, для волоконно-оптических кабелей ее следует использовать, по меньшей мере, двойной запас световодов;
  - из-за сложностей быстрого восстановления физической целостности кабеля в аварийных ситуациях при построении внешних магистралей рекомендуется широко применять принцип резервирования (см. раздел 10.3.4).

*Таблица 10.11. Таблица магистральных соединений*

№ п/п	Маркировка	Начало		Конец		Тип кабеля	Кол-во пар/ волокон	Кол-во кабелей	Длина кабелей, м	Назначение
		2	3	4	5					
1										

#### **10.3.4.4. Резервирование магистральных кабелей**

Резервирование магистральных кабелей применяется с целью увеличения живучести сети. Этот принцип реализуется двумя различными подходами: увеличением емкости кабелей и использованием прокладки кабелей по пространственно разнесенным трассам. Использование резервирования наиболее целесообразно в случае волоконно-оптических кабелей, которые:

- не накладывают жестких ограничений на количество промежуточных разъемных и неразъемных соединителей в тракте передачи сигналов;
- имеют примерно постоянные массогабаритные показатели независимо от числа световодов в широком диапазоне изменения емкости кабелей.

В простейшем случае, который применим как к оптическим, так и к электрическим решениям, резервирование достигается двух, трех и более кратным увеличением емкости

<sup>1</sup>Далеко не все кабели СКС имеют сертификат Госкомсвязи России, «открывающий» им путь в кабельную канализацию ГТС.

кабеля. Более эффективным является применение нескольких пространственно разнесенных трасс прокладки (например, двух различных стояков здания), гарантирующих сохранение связи в случае физического повреждения одной из кабельных трасс. На рис. 10.21 изображен часто встречающийся на практике случай подключения трех кроссовых К<sub>4</sub>-К<sub>3</sub> к аппаратной А при отсутствии прямой связи с одной из них. Для организации резервных связей применяются транзитные соединения волокон. Такое соединение может быть выполнено как обычными коммутационными шнурами, так и прямым спlicingом отдельных световодов, выполняемым сваркой или механическими спlicesами. Последний вариант является более предпочтительным, как по стоимости, так и по вносимым потерям.

Дополнительно отметим, что резервирование кабельных трасс настоятельно рекомендуется в тех часто встречающихся на практике случаях, когда прокладка кабеля выполняется в кабельной канализации ГТС. Разовые затраты на строительство резервной линии и повышенная (хотя и остающаяся достаточно умеренной) арендная плата быстро окупаются при первой же серьезной аварии на трассе основного кабеля. Это объясняется продолжительным восстановлением как самой канализации, так и сложностью организации ремонтных работ, а еще из-за необходимости получения многочисленных разрешений, допусков и согласований.

### 10.3.5. Подсистема кабелей оборудования

Под кабелями оборудования в данном случае понимаются оконечные и монтажные шнуры и кабели, с помощью которых к СКС подключается активное сетевое оборудование, установленное в помещениях кроссовых и аппаратных. На этом этапе не выполняется расчет коммутационных шнуров, с помощью которых производится соединение отдельных каналов на кроссе. В процессе проектирования данной подсистемы осуществляется выбор:

- метода подключения сетевого оборудования к кабельной системе;
- типа и категории кабелей оборудования.

Также производится расчет количества этих элементов.

#### 10.3.5.1. Выбор метода подключения сетевого оборудования к кабельной системе

Основным назначением рассматриваемой подсистемы является подключение активного сетевого оборудования (коммутаторов и повторителей ЛВС и т.д.) к кабельной системе. Такое подключение может выполняться в любой кроссовой СКС. В кросской верхнего уровня (КВМ и КЗ) к СКС подключается центральное сетевое оборудование (центральный коммутатор, УАТС, контроллеры системы сигнализации и другие аналогичные устройства). В отличие от этого КЭ обслуживают активное сетевое оборудование (обычные и коммутирующие концентраторы рабочих групп, выносные блоки телефонных станций и т.д.), которое работает только на ограниченную группу пользователей.

Подсистема кабелей оборудования, как и подсистема кабелей рабочего места, не входит в область действия стандарта ISO/IEC 11801, так как на конструкцию компонентов этих

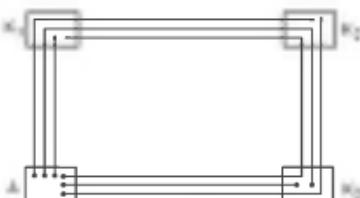


Рис. 10.21. Подключение трех кроссовых к аппаратной с резервированием кабельных трасс

подсистем сильное влияние оказывают конкретные приложения. Поэтому проектирование на данном этапе проводится с учетом рекомендаций фирм-производителей активного оборудования и стандартов на используемые приложения.

Тем не менее ISO/IEC 11801 содержит ряд ограничений относительно длины и пропускной способности этих элементов. Так, общая длина оконечных и коммутационных шнуров (кроссировочного провода) горизонтальной подсистемы в зависимости от выбранной схемы подключения не должна превышать 9–10 м. В случае, если сетевое оборудование подключается к кабельной системе в кроссовой здания или кроссовой внешних магистралей, то длина соединительных шнуров не должна быть более 30 м.

Активное сетевое оборудование можно подключить к кабельной системе следующими тремя основными способами (рис. 10.22):

- коммутационным подключением (crossconnect);
- коммутационным соединением (interconnect);
- с помощью связи между кроссами.



Рис. 10.22. Способы подключения сетевого оборудования к СКС:  
а) коммутационным подключением; б) коммутационным соединением;  
в) с помощью связи между кроссами

Отличительной чертой *коммутационного подключения* (см. рис. 10.22а) является «фиксированное» отображение портов активного оборудования использованием дополнительной коммутационной панели (см. рис. 3.52), выполняемое с помощью так называемого монтажного шнура (см. раздел 3.4.1.3) или обычного оконечного шнура при условии использования коммутационных панелей специального вида. Подобное решение вполне возможно и даже в некоторых случаях более удобно в том случае, если активное оборудование имеет выходной интерфейс на основе разъема TELCO. В этой ситуации оно подключается к так называемой патч-панели типа TELCO. Такой подход требует примерно вдвое большего количества коммутационных панелей по сравнению с первым. Основные его преимущества заключаются в следующих двух положениях:

- сведение практически до нуля вероятности повреждения электрического порта дорогостоящего сетевого оборудования в процессе эксплуатации за счет минимизации количества переключений на нем;
- существенная «разгрузка» лицевых панелей коммутационного поля от шнуров главным образом за счет уменьшения их длины, а также возможности «увода» большей части проводов на обратную сторону панелей; следовательно, улучшаются эстетические характеристики коммутационного поля и удобство чтения маркировки.

При *коммутационном соединении* активное сетевое и коммутационное оборудование должны располагаться рядом друг с другом. Каналы передачи информации образуются непосредственным соединением между разъемами на корпусе сетевого оборудования и разъемами коммутационного оборудования с помощью соединительных шнуров соответствующего типа (см. рис. 10.22б).

Принцип *связи между кроссами* может рассматриваться как развитие предыдущего метода, но практике часто встречающийся как случай монтажа коммутационного и сетевого оборудования в нескольких шкафах. Такой способ широко применяется при построении СКС с большим количеством портов. Он также позволяет обеспечить независимость от типа разъемов активного сетевого оборудования. Подключение осуществляется симметричным многоарным кабелем, один конец которого разделяется на кроссовой или коммутационной панели кабельной системы, а второй разводится на выходной кроссовой панели активного оборудования. Каналы передачи информации образуются соединением в каждом из этих коммутационных устройств (см. рис. 10.22в). Из-за появления передачи в тракте сигнала дополнительного разъема метод применим только в отношении низкоскоростной СКС.

При выборе способа подключения сетевого оборудования рекомендуется пользоваться следующими двумя основными правилами:

- для сетевого оборудования ЛВС, которое отличается высокими скоростями обмена информацией, наиболее предпочтительным является способ коммутационного соединения, если это позволяет сделать масштаб кабельной системы; коммутационное подключение допустимо, однако оно несколько снижает запасы помехоустойчивости за счет наличия дополнительных точек коммутации;
- для остальных приложений, которые не столь требовательны к ширине полосы пропускания тракта передачи сигналов, следует использовать метод связи между кроссами.

Реализация коммутационного подключения весьма перспективна для сетей среднего размера, однако требует применения специального типа оборудования (монтажные шнуры или панели с розетками модульных разъемов или разъемов TELCO на задней поверхности) и может быть осуществлена далеко не во всех СКС.

Если кабельная система создается для работы со специфичным активным оборудованием, необходимо предусмотреть в кроссовых и аппаратных соответствующие переходники и адаптеры, осуществляющие согласования интерфейсов сетевых устройств и портов кабельной системы.

### **10.3.5.2. Выбор типа и категории кабелей оборудования, расчет их количества**

Выбор типа и категории кабелей основывается на рекомендациях фирмы-производителя активного оборудования и стандартах используемого приложения. Для обеспечения максимальной продолжительности эксплуатации кабельной системы и расширения ее функциональных возможностей, а также из соображений единобразия применяемой элементной базы выгоднее использовать для построения горизонтальной и магистральных подсистем кабельные изделия категории 5.

При расчете количества кабелей оборудования можно использовать два основных подхода:

- расчет по количеству обслуживаемых рабочих мест;
- расчет по емкости активного сетевого оборудования.

В первом случае количество численно равно сумме рабочих мест, обслуживаемых данной кроссовой.

При расчете по емкости число кабелей оборудования совпадает с количеством портов сетевых приборов, которые установлены в кроссовой.

Расчет по количеству обслуживаемых рабочих мест обеспечивает запас кабелей оборудования на случай установки дополнительных активных сетевых устройств.

Выбор той или иной стратегии при расчете определяется специфическими условиями проекта. Давать какие-либо конкретные рекомендации по этому вопросу при отсутствии априорной информации не представляется возможным.

Длина кабелей оборудования определяется в процессе разработки планов размещения сетевых устройств в технических помещениях. Расчет осуществляется для каждой кроссовой отдельно. Результаты заносятся в табл. 10.12.

*Таблица 10.12. Таблица кабелей оборудования*

Заказчик: _____						
Объект: _____						
Здание: _____						
№ п/п	Тип кабеля или шнур	Кол-во пар/ волокон	Кол-во кабелей	Всего пар	Длина, м	Назначение
1	2	3	4	5	6	7

### **10.3.6. Административная подсистема**

Разработка административной подсистемы является наиболее сложным этапом проектирования СКС. В процессе этой работы решаются следующие задачи:

- определение функциональных секций кроссовых и аппаратных;
- расчет емкости каналов передачи информации;
- определение типа коммутационного оборудования;
- разработка планов размещения оборудования в помещениях кроссовых и аппаратных;
- расчет количества конструктивных единиц коммутационного оборудования;
- расчет количества коммутационного оборудования;
- определение типов и количества коммутационных шнурков.

#### **10.3.6.1. Определение функциональных секций коммутационных панелей**

Расположение, конфигурация и тип коммутационного оборудования, используемого для организации кроссовых, напрямую влияет на способ, которым осуществляется администрирование и управление кабельной системой, и, возможно, даже диктует его. Тщательность проработки проекта административной подсистемы позволяет существенно понизить стоимость управления СКС и не усложняет ее эксплуатацию с течением времени.

Для снижения затрат на администрирование СКС применяется стандартизация сред передачи сигналов и физических интерфейсов кабельной системы, возможность ручной коммутации каналов передачи сигналов самим пользователем без использования

специализированного инструмента (нассатижей, отвертки, паяльника), а также привлечения высококвалифицированных специалистов внешней организации.

Управление каналами передачи сигналов в каждой точке администрирования СКС осуществляется организацией соединений кабелей различных подсистем коммутационными шнурами. Линейные кабели любой подсистемы заводятся сразу на множество разъемов коммутационного оборудования, которые образуют различные функциональные секции. Для облегчения идентификации стандарт TIA/EIA-606 вводит цветовую кодировку этих секций (табл. 10.13). Применение такого принципа также увеличивает информативность и наглядность структурных схем СКС.

Таблица 10.13. Цветовое обозначение секций коммутационного оборудования

Цвет	Цвет по системе Pantone	Назначение
Зеленая (Green)	353C	Внешние кабели сетевого интерфейса, внешние линии телефонной связи
Фиолетовая (Purple)	246C	Кабели оборудования общего пользования (YATC, сетевых концентраторов, мультиплексоров и т.д.)
Желтая (Yellow)	101C	Кабели YATC специального назначения (линии ISDN и т.д.)
Белая (White)		Кабели внутренней магистрали
Голубая (Blue)	291C	Кабели горизонтальной подсистемы [рабочих мест], обслуживаемые непосредственно из телекоммуникационного шкафа или кроссовой
Оранжевая (Orange)	150C	Кабели оборудования систем передачи данных (модемы)
Серая (Grey)	422C	Вспомогательные магистральные линии между техническими
Коричневая (Brown)	465C	Кабели внешней магистрали
Красная (Red)	184C	Кабели оборудования специального назначения

Данные по отдельным функциональным секциям коммутационного оборудования каждой кроссовой заносятся в табл. 10.14. При ее составлении используются результаты проектирования горизонтальной (табл. 10.10) и магистральной подсистем (табл. 10.11), а также расчетов кабелей оборудования (табл. 10.12).

Полученная таким способом таблица обобщает исходные данные для расчета количества компонентов коммутационного оборудования для каждой из кроссовых и аппаратной кабельной системы.

### 10.3.6.2. Определение емкости каналов передачи информации

Емкость канала передачи информации каждой функциональной секции зависит от ее назначения.

Для горизонтальной подсистемы («голубая» секция) емкость канала равна количеству пар кабеля, обслуживающих один модуль информационной розетки, то есть всегда составляет четыре пары или два волокна в случае реализации проектов fiber to the desk.

Для кабелей оборудования «фиолетовой», «желтой», «оранжевой» и «красной» секций емкость канала равна количеству пар, которые используются для передачи и приема информации одним портом конкретного устройства, и зависит соответственно от типа сетевого

Таблица 10.14. Состав оборудования кроссовой

				Заказчик: _____					
				Объект: _____					
				Здание: _____					
				Кроссовая: _____					
№ п/п	Цветовая кодиров- ка	Назначе- ние	Кол-во кабелей	Пар/ в кабеле	Всего пар/ волокон	Пар/ волокон в канале	Кана- лов	Тип коммутационного оборудования	Кол-во устройств
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

оборудования, для обслуживания которого предназначена разрабатываемая СКС. Например, для аналоговых модулей учрежденческих телефонных станций, подключаемых с помощью кабеля с разъемом типа TELCO, емкость канала, как правило, равна одной паре. Для телефонных станций малой емкости, порты которых часто реализуются с помощью розеток 6-контактных модульных разъемов, емкость канала равна трем парам. В случае применения цифровых телефонов используются двухпарные каналы. Для повторителей ЛВС Ethernet с портами на основе розетки 8-позиционного модульного разъема емкость канала может быть равна двум или четырем парам (рекомендуется считать ее равной четырем парам). Для тех же повторителей, имеющих выходные порты на основе разъема типа TELCO, емкость канала равна двум парам. В случае отсутствия априорной информации об используемом сетевом оборудовании емкость канала всегда выбирается равной четырем парам.

Для кабелей магистральных подсистем («белая», «серая» и «коричневая» секции), если только они не распределены по приложениям, емкость канала в общем случае без привлечения дополнительной информации определить достаточно сложно. В данной ситуации следует рассматривать этот элемент СКС как средство организации множества каналов емкостью в одну пару. В тех случаях, когда заранее известны типы приложений, для обслуживания которых формируются магистральные подсистемы, определение емкости канала и расчеты для каждой ее части выполняются отдельно. При этом для магистрали передачи данных следует брать емкость канала равной четырем парам, для остальных приложений – двум парам.

Емкость канала и количество обслуживаемых каналов для каждой из функциональной секции заносятся в табл. 10.14 расчета состава оборудования кроссовой.

### 10.3.6.3. Выбор типа коммутационного оборудования

Функциональные возможности, области применения, достоинства и недостатки основных типов коммутационного оборудования подробно рассмотрены в разделе 3.3.2. Сейчас приведем лишь общие положения по выбору типа этого оборудования, которые носят рекомендательный характер.

Коммутационные панели типа 66 обычно обеспечивают передачу сигналов приложений только класса С и ниже, неудобны для выполнения частых перекоммутаций и в настоящее время считаются устаревшими. В качестве основного типа коммутационного оборудования они могут применяться исключительно в небольших СКС с особо жесткими требованиями

заказчика в отношении стоимости. Во всех остальных случаях панели типа 66 используются только в качестве элемента локальной разводки, например в виде вводного кросса УАТС.

Коммутационные панели типов 110 и S210 устанавливаются в «голубой» секции в тех ситуациях, когда заранее известно, что кабельная система будет обслуживать работу относительно большого (по крайней мере соизмеримого с количеством компьютеров) числа телефонов. Вторым условием их применения является отсутствие в составе штатных компонентов СКС комбинированных одно- и двухпарных коммутационных шнурков. В этой ситуации проявляется их основное преимущество, заключающееся в легкости администрирования отдельными парами.

Коммутационные панели с модульными разъемами наиболее эффективны в кабельных системах, применяемых в основном для обеспечения работы локальных вычислительных сетей. Это оборудование отличается высокими эстетическими характеристиками, простотой и легкостью в использовании и позволяет очень эффективно использовать пространство монтажного шкафа за счет высокой плотности портов. В то же время коммутационные панели повышают стоимость магистральных подсистем СКС, так как вынуждают использовать для передачи сигналов приложений всегда четыре пары. Иногда предлагаемое на практике решение, основанное на подключении к модульному разъему 1-2 пар, является малозэффективным, так как фактически привязывает кабельную систему к конкретному оборудованию и сводит на нет все преимущества универсальности СКС. При необходимости обеспечения максимальной загрузки отдельных пар горизонтальных и магистральных кабелей передачей различных сигналов следует применять соответствующие адаптеры и другие функционально аналогичные им элементы.

Выбор типа волоконно-оптического коммутационного оборудования зависит, в первую очередь, от принятой схемы размещения сетевого оборудования с оптическими портами. Если подобное оборудование монтируется в 19-дюймовом конструктиве, то наиболее выгодно устанавливать оптические полки. В сетях с небольшой емкостью, а также при реализации на волоконно-оптической элементной базе только внешней подсистемы с небольшим количеством кабелей малой емкости иногда бывает целесообразным применение настенных муфт.

#### **10.3.6.4. Разработка планов размещения оборудования в помещениях кроссовых**

Обязательным условием проектирования административной подсистемы является разработка плана размещения оборудования в помещении каждой кроссовой.

Сетевое оборудование может быть смонтировано тремя основными способами:

- на стене помещения;
- в 19-дюймовом монтажном конструктиве, функции которого наиболее часто выполняет монтажный шкаф;
- по смешанному варианту монтажа.

На выбор того или иного способа размещения оборудования существенное влияние оказывает количество рабочих мест, обслуживаемых из кроссовой. Общая характеристика способов размещения приводится в табл. 10.15.

Размещение оборудования *на стене помещения* кроссовой наиболее целесообразно при числе обслуживаемых рабочих мест не выше 24. В этом случае коммутационные панели и их аксессуары монтируются на стене с использованием штатных или дополнительных крепежных элементов, а сетевые устройства устанавливаются на столах, настенных полках или специальных кронштейнах. Этот способ является наиболее экономичным по стоимости

и занимаемому пространству и в массовом масштабе применяется на практике в небольших схемах.

Таблица 10.15. Общая характеристика способов размещения оборудования

Способ размещения	Число обслуживаемых рабочих мест	Способ коммутации
На стене кроссовой	≤24	Коммутационное соединение Коммутационное подключение
В 19-дюймовом конструктиве		
на шкафах	≤120	Коммутационное соединение Коммутационное подключение
на стойках	100-300	
Смешанный вариант	>30	Коммутационное подключение
Связь между кроссами		

При данном варианте размещения активное оборудование может подключаться к кабельной системе как коммутационным соединением, если расстояние между коммутационным и активным оборудованием позволяет подобрать подходящие коммутационные шнуры, так и коммутационным подключением.

Использование монтажных шкафов обеспечивает компактное размещение оборудования практически любого назначения, его защиту от несанкционированного доступа, а также удобство эксплуатационного обслуживания. Опыт реализации СКС показывает, что в одном монтажном шкафе высотой 42U можно разместить разъемов максимум на 120 рабочих мест коммутационного и сетевого оборудования без ущерба удобства эксплуатации. При необходимости увеличения этого значения используют установку двух монтажных шкафов, прилегающих вплотную друг к другу, со снятыми смежными боковыми стенками. В этом случае максимальное количество обслуживаемых рабочих мест возрастает до 300.

Использование монтажных шкафов позволяет реализовать для части сетевого оборудования подключение к кабельной системе коммутационным соединением.

Для любых количеств обслуживаемых рабочих мест можно применить смешанный вариант монтажа, а при количестве рабочих мест свыше 250 он является предпочтительным. В этом случае кроссовые панели 110 (кроссовые башни или кроссовые блоки с ножками) и панели с модульными разъемами (с использованием монтажных скоб или рам) крепятся, как правило, на стене помещения, а активное оборудование размещается в 19-дюймовом монтажном конструктиве (шкафы или открытые стойки). Свободное пространство вокруг коммутационного оборудования создает удобство работы с большим количеством коммутационных шнуров, компактное расположение и удобство обслуживания устройств различного назначения, а размещение активных сетевых приборов в закрытом монтажном шкафу обеспечивает надежную защиту от несанкционированного доступа к наиболее ценному оборудованию.

При смешанном варианте монтажа для подключения сетевого оборудования к кабельной системе рекомендуется использовать схему коммутационного подключения. При большом количестве рабочих мест не исключается возможность использования связи между кроссами.

Окончательный выбор того или иного способа размещения оборудования в значительной степени зависит не только от количества обслуживаемых рабочих мест, но и от следующих факторов:

- высоты помещения;
- расположения точек ввода кабельных каналов в помещение кроссовой;
- мест размещения силовых розеток для питания сетевого оборудования;
- расположения вводов вентиляционной системы и кондиционирования;
- удобства обслуживания оборудования и перемещения персонала по помещению;
- местных особенностей системы освещения;
- возможных строительных ограничений (нависающие балки, капитальные несущие конструкции, ограничение нагрузки на конкретные точки межэтажного перекрытия и т.д.);
- перспективы изменения планировки помещения, скажем, в связи с расширением его площади.

Принятое решения о способе размещения оборудования в каждой из кроссовых обязательно фиксируется в технической документации проекта в графическом виде. Первый чертеж показывает вид на помещение сверху, второй чертеж представляет собой схему размещения оборудования в 19-дюймовых монтажных шкафах или на стене.

Подготовленные планы должны войти в состав технического проекта. В процессе выполнения расчетов количества коммутационного оборудования или на этапе разработки рабочей документации эти схемы могут быть скорректированы в большем или меньшем объеме.

### **10.3.6.5. Расчет количества конструктивных единиц коммутационного оборудования**

Все расчеты проводятся отдельно для каждой функциональной секции кроссовой.

Не рекомендуется использовать одну конструктивную единицу коммутационного оборудования (кроссовый блок или коммутационную панель) для подключения кабелей разных функциональных секций. Это затрудняет идентификацию секций при эксплуатации, а также не позволяет создать запас на их расширение. Нарушение данного положения допустимо только в небольших сетях и только в том случае, если все входящие в кроссовую кабели могут быть подключены к единственной конструктивной единице кроссового оборудования.

С учетом указанного правила каждая функциональная секция кроссовой образуется одной или несколькими конструктивными единицами коммутационного оборудования, в большей или меньшей степени заполненных кабелями. Задача расчета заключается в определении для каждой функциональной секции требуемого количества единиц коммутационного оборудования заданной емкости.

#### **Секция горизонтальных кабелей**

Размер канала передачи информации в «голубой» секции всегда равен четырем парам.

#### **Кроссовые панели 110**

Одна 25-парная контактная линейка обслуживает 6 каналов, то есть к ней может быть подключено шесть 4-парных кабелей, а также одна связка из 25 пар многошарного кабеля (для подключения к точке перехода 6- или 12-портовой розетки). Следовательно, на одном 100-парном кроссовом блоке 110 разместится 24 канала для обслуживания 24 розеточных модулей информационных розеток. Для получения общего количества кроссовых блоков 110 количество каналов передачи информации «голубой» секции из графы 8 табл. 10.14 необходимо разделить на 24 и округлить до ближайшего целого сверху. Полученное значение заносится в графу 10 табл. 10.14.

### ***Коммутационные панели с розетками модульных разъемов***

Один 4-парный горизонтальный кабель разделяется на IDC-контактах розетки одного 4-парного разъема, а 25-парная связка многопарного кабеля – на IDC-контактах шести 4-парных розеток разъемов коммутационной панели. Для получения количества коммутационных панелей число каналов передачи информации «голубой» секции из графы 8 табл. 10.14 необходимо разделить на емкость выбранных коммутационных панелей и округлить до ближайшего целого сверху.

### ***Секции магистральных кабелей***

Принципы расчета кабелей секций магистральных («белая», «серая», «коричневая») и горизонтальных («голубая») в основном совпадают. Отличия возникают главным образом из-за того, что на секции магистральных подсистем обычно заводятся многопарные кабели, содержащие одну или несколько связок по 25 пар в каждой. Поэтому ниже остановимся только на особенностях расчета.

### ***Кроссовые панели 110***

На одном 100-парном кроссовом блоке 110 может быть разделено 100 пар из одного или нескольких многопарных кабелей. Для получения общего количества кроссовых блоков 110 следует общее количество пар секции из графы 6 табл. 10.14 разделить на 100 и округлить результат до ближайшего целого сверху. Полученное значение заносится в графу 10 табл. 10.14.

### ***Коммутационные панели с розетками модульных разъемов***

Одна 25-парная связка многопарного кабеля разделяется на контактах IDC шести 4-парных разъемов коммутационной панели. Таким образом, на 24-, 32-, 48-, 64-портовых коммутационных панелях разделяется соответственно 100, 150, 200, 300 пар одного или нескольких многопарных кабелей. Для получения количества коммутационных панелей следует общее количество пар секции из графы 6 табл. 10.14 разделить на количество пар, разделяемых на коммутационной панели выбранной емкости, и округлить результат до ближайшего целого сверху. Полученное значение заносится в графу 10 табл. 10.14.

Дополнительно отметим тот факт, что витые пары разводятся обязательно на всех IDC-контактах разъемов коммутационной панели. Только такое решение обеспечивает полную функциональную гибкость кабельной системы, в то время как разделка на каждом разъеме менее четырех пар многопарного кабеля ощущимо ограничивает функциональные возможности магистрали кабельной системы.

В тех ситуациях, когда магистраль создается с использованием 4-парных кабелей, расчеты количества коммутационного оборудования проводятся по методике, изложенной в разделе 10.3.6.

### ***Волоконно-оптические коммутационные панели***

Расчет количества единиц коммутационного оборудования при реализации магистральных подсистем на оптическом кабеле ведется с использованием тех же самых принципов, что и в случае «электрической» реализации. При выполнении расчетов следует дополнительно учитывать тот факт, что в одну единицу коммутационного оборудования (полку или настенную муфту) заводится ограниченное количество кабелей, равное числу кабельных вводов. Например, в наиболее употребительные настенные муфты и полки высотой 1U может быть обычно введено не более двух кабелей.

### ***Секции кабелей оборудования***

#### ***Кроссовые панели 110***

Количество кабелей оборудования (монтажных шнурков), которые могут быть разделаны на 100-парном кроссовом блоке 110 в случае индивидуального подключения портов на

основе розеток модульных разъемов, находится делением 25 на количество пар в одном кабеле оборудования с последующим округлением результата до ближайшего целого снизу и умножением на четыре. Затем делением общего количества кабелей оборудования в секции из графы 4 табл. 10.14 на полученное на предыдущем шаге число с округлением до ближайшего целого сверху определяется общее количество кроссовых блоков 110. Результат заносится в графу 10 табл. 10.14.

Приведенный алгоритм легко распространяется на тот случай, когда количество пар в кабеле оборудования равно 25 (разъем TELCO) или даже превышает это значение. Для получения общего количества кроссовых блоков 110 необходимо общее количество пар секции из графы 6 табл. 10.14 разделить на 100 и округлить до ближайшего целого сверху. Результат заносится в графу 10 табл. 10.14.

#### ***Коммутационные панели с модульными разъемами***

Если количество пар в кабеле оборудования не превышает четырех, то один такой кабель представляет собой монтажный шнур и подключается к IDC-контактам одного 4-парного разъема. Поэтому для получения количества коммутационных панелей следует разделить число кабелей оборудования из графы 4 табл. 10.14 на выбранную емкость коммутационных панелей и округлить результат до ближайшего целого сверху. Полученное значение заносится в графу 10 табл. 10.14.

Если количество пар в кабеле оборудования больше четырех, то на IDC-контактах одного 4-парного разъема разделяются пары одного канала передачи информации (графа 7 табл. 10.14). Количество каналов передачи информации, которое может обеспечить один кабель оборудования, определяется делением емкости кабеля (графа 5 табл. 10.14) на размер канала передачи информации (графа 7 табл. 10.14) с округлением результата до ближайшего целого снизу. Число кабелей оборудования, разделяемое на коммутационной панели выбранной емкости, находится делением количества портов коммутационной панели на значение, полученное на предыдущем шаге, с округлением результата до ближайшего целого сверху. Общее количество коммутационных панелей находится делением количества кабелей оборудования (графа 4 табл. 10.14) на полученное на предыдущем шаге значение. Результат заносится в графу 10 табл. 10.14.

#### ***Расчет количества единиц коммутационного оборудования***

##### ***Размещение кроссовых панелей 110 на стене помещения***

Размещение кроссовых панелей 110 на стене помещения в СКС достаточно большого объема (емкостью не менее 100 портов) осуществляется обычно в случае использования кроссовых башен (см. раздел 3.3.2.1). В случае небольших СКС применяются монтажные блоки изображения.

Прежде всего следует определить общее количество 100-парных кроссовых блоков 110. Для этого нужно просуммировать значения из графы 10 табл. 10.14. Затем получаем количество кроссовых башен делением общего количества кроссовых блоков на их количество в башне выбранного размера и округлением результата до ближайшего целого сверху.

Они на стене кроссовой могут быть размещены в одну или более вертикальных колонн и в одну или более горизонтальных линий. В процессе проработки проекта рекомендуется рассмотреть несколько вариантов. Одним из наиболее важных критерии выбора является минимизация длины коммутационных шнуров, соединяющих между собой различные секции коммутационного оборудования. Если ни один из вариантов не удовлетворяет разработчика, то следует выбрать другой размер кроссовых башен и повторить расчет заново.

На заключительном этапе производится распределение кроссовых блоков разных функциональных секций кроссовой на установленных кроссовых башнях. При выборе плана размещения следует руководствоваться следующими принципами:

- функциональные секции должны быть образованы непрерывным множеством кроссовых блоков. Кроссовые блоки одной функциональной секции следует располагать один под другим (в одной или нескольких колоннах);
- размещение кроссовых панелей выполняется с учетом места ввода кабельных каналов в помещение кроссовой и производится таким образом, чтобы минимизировать длину кабелей, укладываемых в кроссовой;
- если на одной колонне кроссовых башен размещаются кроссовые блоки двух разных функциональных секций, то ввод кабелей производится с разных концов колонны в противоположных направлениях (с верхнего блока колонны вниз для одной секции и с нижнего блока колонны вверх для другой секции). Если на одной колонне кроссовых башен размещаются кроссовые блоки более чем двух разных функциональных секций, то для каждой функциональной секции подключение кабелей на кроссовых блоках осуществляется сверху вниз. Направление ввода кабелей в колонну при этом значения не имеет и производится обычно таким образом, чтобы количество кабелей, вводимых в колонну сверху и снизу, было примерно одинаковым;
- необходимо учитывать перспективы расширения функциональных секций.

Между колоннами кроссовых башен устанавливаются вертикальные кабельные организаторы. В обязательном порядке следует размещать их между колоннами, в которых находятся кроссовые блоки разных функциональных секций. В функциональных секциях большого объема кабельные организаторы устанавливаются через каждые три колонны. Высота кабельных организаторов выбирается равной высоте кроссовых башен, установка этих элементов выполняется на одном уровне.

Выбранные типы и количества коммутационного оборудования заносятся в соответствующие графы табл. 10.16.

*Таблица 10.16. Состав коммутационного оборудования*

Функция: _____							
Объект: _____							
Задачи: _____							
№ п/п	Кроссовки в кроссовых башнях	Коммутационное оборудование		Организаторы		Дополнительное оборудование	
		Тип	Кол-во	Тип	Кол-во	Тип	Кол-во
1	2	3	4	5	6	7	8

По результатам проведенных расчетов в случае необходимости производится коррекция планов размещения оборудования в помещении кроссовой (см. раздел 10.3.6).

Пример плана размещения коммутационного оборудования 110 на стене помещения приведен на рис. 10.23.

#### ***Размещение кроссовых панелей 110 в 19-дюймовом монтажном конструктиве***

Для размещения кроссовых панелей 110, не имеющих штатных элементов крепления, в 19-дюймовом монтажном конструктиве используются специализированные конструктивные элементы (см. раздел 3.3.2.1).

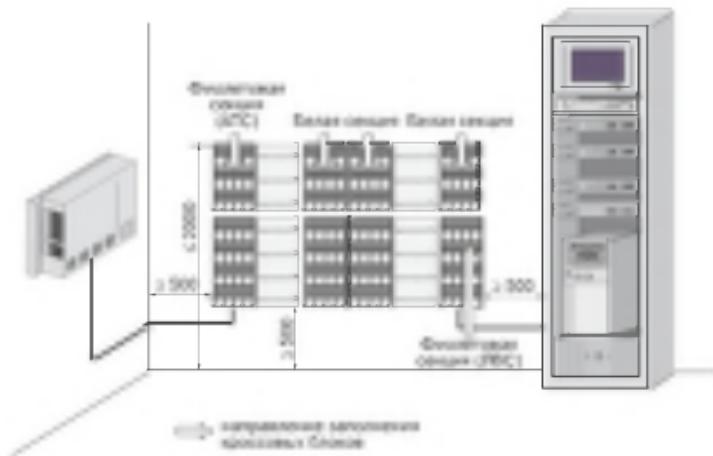


Рис. 10.23. Пример плана размещения коммутационного оборудования 110 на стене помещения

В случаях размещения панелей на стене кроссовой и в 19-дюймовом конструктиве расчет количества коммутационных блоков типа 110 выполняется по одинаковым правилам. По результатам определяется суммарная высота панелей типа 110. Полученное значение является основой для выбора высоты шкафа или открытой стойки, в которых производится монтаж коммутационного оборудования. Дополнительно необходимо учитывать, что оно должно занимать не более 60% общей высоты монтажных шкафов. При недостатке места в одном шкафу следует использовать два шкафа, которые должны быть установлены вплотную друг к другу со снятыми сменными боковыми стенками и скреплены стягивающими болтами. Если же недостаточно емкости двух монтажных шкафов максимальной высоты, то необходимо применить смешанный способ размещения оборудования и выполнить проектирование административной подсистемы заново.

После выбора высоты шкафа определяется план размещения кроссовых блоков разных функциональных секций. При этом необходимо руководствоваться следующими принципами:

- функциональные секции размещаются на непрерывном множестве кроссовых блоков, которые для одной функциональной секции устанавливаются по принципу слева направо и сверху вниз;
- при использовании двух 19-дюймовых монтажных шкафов распределение коммутационного оборудования между ними осуществляется с учетом пожеланий заказчика;
- обязательно следует учитывать перспективы расширения какой-либо из функциональных секций;
- в случае использования двух монтажных шкафов в одном из них обязательно предусматривается установка вертикального кабельного организатора.

Результаты проведенных расчетов вносятся в соответствующие графы (табл. 10.16) и могут быть использованы для коррекции планов размещения оборудования в помещении кроссовой (см. раздел 10.3.6).

Пример плана размещения коммутационного оборудования 110 в этом случае приведен на рис. 10.24.

#### **Размещение коммутационных панелей в 19-двойковом монтажном шкафу**

Методика и общие принципы расчетов количества элементов коммутационного оборудования в случае использования коммутационных панелей с модульными разъемами и панелей типа 110 совпадают. Единственной особенностью является то, что большинство типов коммутационных панелей с модульными разъемами не имеют штатных организаторов соединительных шнуров. Как отдельный элемент кабельный организатор устанавливается между функциональными секциями в обязательном порядке, а внутри функциональной секции большого объема – через каждые 72 порта. Достаточно часто на практике руководствуются эмпирическим правилом обязательной установки горизонтального организатора под коммутационной панелью любой емкости.

Результаты расчетов отражаются в соответствующих графах табл. 10.16 и могут быть использованы для коррекции планов размещения оборудования в помещении кроссовой (см. раздел 10.3.6).

На рис. 10.25 приведен пример плана размещения коммутационных панелей типа 110 в монтажном шкафу.

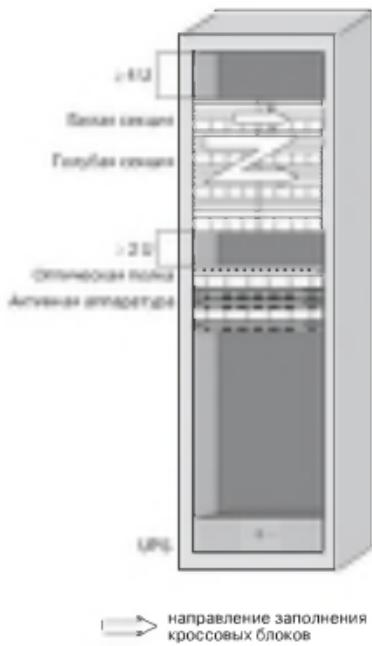


Рис. 10.24. Пример плана размещения коммутационного оборудования 110 в монтажном шкафу

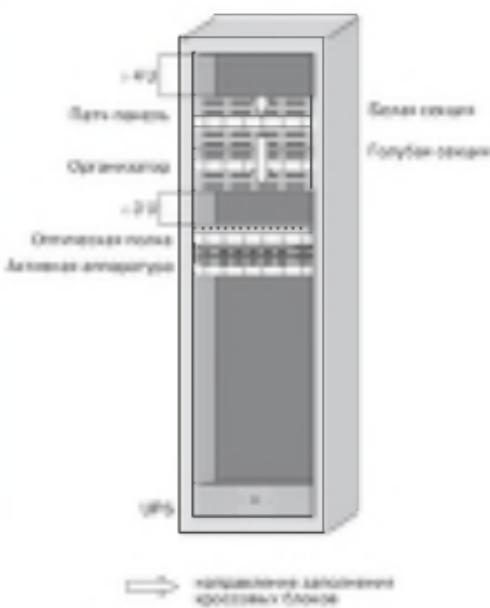


Рис. 10.25. Пример плана размещения коммутационных панелей типа 110 в монтажном шкафу

### **Размещение коммутационных панелей на стене кроссовой**

Методика и общие принципы расчетов в данном варианте совпадают со случаем их монтажа в 19-дюймовом конструктиве. Основным критерием при выполнении проектирования является минимизация длины коммутационных шнурков, которые будут использоваться для коммутации каналов передачи информации между различными секциями коммутационного оборудования.

При выборе плана размещения коммутационных панелей разных функциональных секций кроссовой следует руководствоваться следующими принципами:

- коммутационные панели размещаются в одну или несколько вертикальных колонн;
- места их монтажа выбираются с учетом точек ввода кабельных каналов в помещение кроссовой и, по возможности, должны минимизировать длину кабелей в этом техническом помещении;
- функциональные секции должны образовываться непрерывным множеством коммутационных панелей. Коммутационные панели одной функциональной секции размещаются вертикально в одной или нескольких колоннах;
- если в одной колонне размещаются коммутационные панели двух разных функциональных секций, то ввод кабелей этих секций осуществляется с разных концов колонны (с верхнего блока колонны вниз для одной секции и с нижнего блока колонны вверх для другой секции). Подключение кабелей к панелям осуществляется, естественным образом, слева направо и сверху вниз. Если на одной колонне кроссовых башен размещаются коммутационные панели трех или более функциональных секций, то для каждой размещение коммутационных панелей и подключение кабелей осуществляется сверху вниз;
- обязательно необходимо учитывать перспективы расширения какой-либо из функциональных секций.

Между коммутационными панелями монтируются кабельные организаторы. Горизонтальными и вертикальными организаторами в обязательном порядке отделяются друг от друга различные функциональные секции. Кроме того, в функциональных секциях большого размера горизонтальный организатор устанавливается через каждые 72 порта, а вертикальный – через каждые три колонны.

Заключительный этап – подсчет высоты каждой из колонн, для чего суммируются высоты коммутационных панелей и горизонтальных организаторов. Для крепления панелей и организаторов необходимо предусмотреть соответствующее количество монтажных скоб и рам.

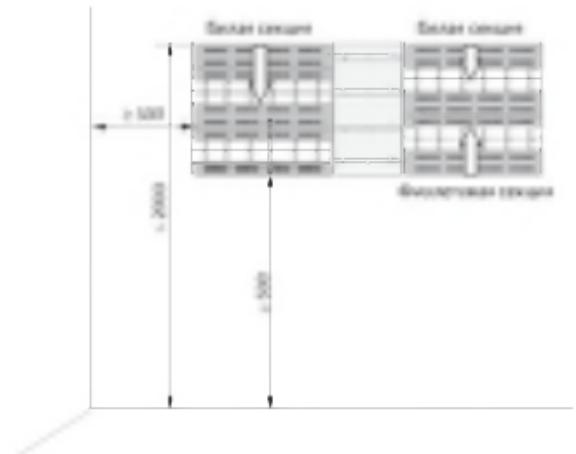
Выбранные типы и количества коммутационного оборудования заносятся в соответствующие графы табл. 10.16. В случае необходимости проводится коррекция эскизных планов размещения оборудования в помещении кроссовой (см. раздел 10.3.6).

На рис. 10.26 приведен пример плана размещения коммутационных панелей на стене помещения.

По результатам проведенных расчетов для каждой кроссовой и аппаратной с учетом выбранного метода размещения оборудования составляется перечень кроссовых блоков, кроссовых башен, коммутационных панелей, кабельных организаторов и т.д. Результаты расчетов заносятся в соответствующие колонки (табл. 10.16).

### **Определение типов и количеств коммутационных шнурков**

Коммутационные шнурки служат для коммутации каналов передачи информации и включаются между разъемами коммутационного оборудования.



*Рис. 10.26  
Пример плана размещения  
коммутационных панелей  
на стене помещения*

Рекомендуется использовать шнуры, изготовленные в заводских условиях с потенциально более высокими эксплуатационной надежностью и электрическими характеристиками.

Для каждой кроссовой расчет начинается с определения пар функциональных секций, между которыми будет осуществляться коммутация. Для каждой пары секций задаются:

- типы вилок коммутационного шнура, которыми производится подключение к коммутационному оборудованию;
  - количество, длины и тип коммутационных шнурков, которые потребуются, чтобы соединить два ближайших и два наиболее удаленных разъема коммутационного оборудования этих двух секций.

В случае большого количества секций, которые может обслуживать какая-либо конкретная кроссовая, перебор пар этих секций в процессе выполнения расчетов рекомендуется выполнять с помощью матрицы (табл. 10.17). В случае отсутствия в составе коммутационного оборудования какой-либо секции соответствующую строку и колонку таблицы вычеркивают. Такую матрицу очень удобно оформлять в электронной таблице Excel. Отсутствующая функциональная секция вычеркивается закрытием соответствующих строк и столбцов таблицы; секции, между которыми отсутствуют связи, отмечают заливкой соответствующих ячеек.

Таблица 10.17. Матрица связей различных функциональных секций

Полученные результаты заносятся в соответствующие графы (табл. 10.18). Для СКС малой и средней емкости в эту таблицу достаточно часто заносят также данные по оконечным шнурам сетевого оборудования. В этом случае таблица называется «Оконечные и коммутационные шнуры».

Несмотря на широкое использование в технике ЛВС двухпарных схем обмена информацией, из соображений поддержания универсальности кабельной системы рекомендуется для систем передачи данных *всегда* применять 4-парные коммутационные шнуры. Для низкоскоростных приложений более оптимальным является применение одно- и двухпарных шнуров.

Для обеспечения нормальной эксплуатации административной подсистемы рекомендуется вводить в состав СКС коммутационные шнуры с разными длинами. Так как изготовленные в заводских условиях коммутационные шнуры поставляются с длинами, представляющими собой ряд дискретных значений с определенным шагом, то следует подобрать несколько поставляемых длин от минимальной до максимально необходимой (графы 5 и 6 табл. 10.18). Можно предусмотреть равные количества шнурков с разными длинами, но, как показывает практика, более оптимальным является распределение их числа на примере графика на рис. 10.27. При этом длина шнурков, заказываемых в максимальном количестве, определяется как  $L_{cp} = (L_{max} + L_{min}) / 2$ .

Таблица 10.18. Коммутационные шнуры

	Задание:									
	Объект:									
	Задание:									
	Техническое помещение:									
№ п/п столбца	Функциональные группы	Кол-во каналов	Тип вилки				Длина шнура		Коммутационные шнуры	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	Длина	Кол-во
1	2	3	4						10	11

### 10.3.6.6. Оформление спецификации

Основным нормативным документом, регламентирующим правила оформления спецификации, является ГОСТ 21.110-95 [138], входящий в систему проектной документации для строительства. Согласно этому межгосударственному стандарту стран СНГ под спецификацией применительно к рассматриваемой области понимается текстовый проектный документ, определяющий состав оборудования, изделий и материалов, необходимых для реализации СКС. В спецификацию включаются все оборудование, изделия и материалы, предусмотренные рабочей документацией. Данный документ рекомендуется составлять по разделам, наименование каждого раздела выносится в отдельную строку в виде заголовка и подчеркивается<sup>4</sup>. Содержательная часть спецификации оформляется в виде таблицы.

<sup>4</sup> Их можно считать стандарт. Из практики спецификации вынуждены использовать заголовки-выделения той же начертания и цвета, что и остальные заголовки или названия для выделения.

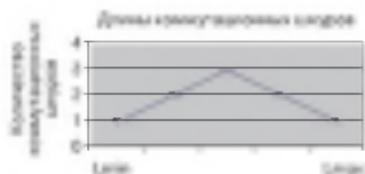


Рис. 10.27  
Распределение числа коммутационных шнуров

В графе 1 этой таблицы указывается позиционное обозначение оборудования, предусмотренное рабочими чертежами. Графа 2 содержит наименование оборудования с его краткой технической характеристикой. В графе 3 приводятся тип и марка оборудования, его ТУ. В графу 4 заносится код оборудования. Сведения о заводе-изготовителе, стране и фирме (для импортного оборудования) приводятся в графике 5. Графы 6 и 7 содержат единицы измерения и количество единиц оборудования. Графа 8 согласно рассматриваемому ГОСТ отведена под указание массы единицы оборудования. В графике 9 приводятся дополнительные сведения (примечание). Рассматриваемый ГОСТ допускает не заполнять некоторые графы. Первым листом спецификации является титульный лист, заполняемый по специальной форме.

Спецификация обычно является отдельным приложением к договору на поставку оборудования и реализацию кабельной системы и поэтому утверждается руководителями заказчика и подрядчика, подписи которых скрепляются гербовыми печатями.

## 10.4. Пример проектирования СКС

Рассмотрим пример использования изложенного выше материала для проектирования кабельной системы в некотором гипотетическом проекте.

### 10.4.1. Исходные данные

СКС устанавливается в четырехэтажном здании (рис. 10.28) с размерами в плане  $50 \times 15$  м. Высота этажа в свету между перекрытиями составляет 3,5 м, общая толщина перекрытий равна 50 см. В здании на всех этажах использована однотипная коридорная планировка рабочих помещений, которые имеют одинаковые размеры 6×3 м. Корridor шириной 3 м проходит по всей длине продольной оси здания, рис. 10.29.



Рис. 10.28  
Габаритные размеры здания

В коридорах имеется подвесной потолок с высотой свободного пространства 35 см, в помещениях здания подвесного потолка нет. Стены помещений изготовлены из обычного кирпича и покрыты штукатуркой, толщина которой составляет 1 см. Каких-либо

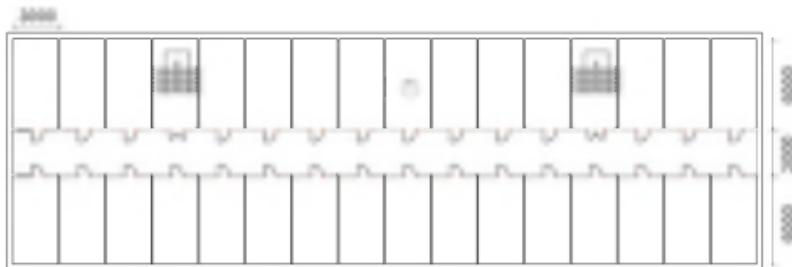


Рис. 10.29. Плановый чертеж здания

дополнительных каналов в полу и стенах, которые могут быть использованы для прокладки кабелей, строительным проектом здания не предусмотрено. Перечень технических помещений, выделенных под кроссовые и аппаратную, приведен в табл. 10.19.

Таблица 10.19. Кроссовые и аппаратные

Номер помещения	Назначение	Площадь	
		Фактическая	По норме
111	Аппаратная	36,60	11,3 (14)
211	Кроссовая	9,10	8,4
311	Кроссовая	9,10	8,4
411	Кроссовая	9,10	8,4

Создаваемая СКС должна обеспечивать функционирование оборудования ЛВС и телефонной сети здания, то есть на каждом рабочем месте монтируется информационная розетка с двумя разъемными модулями. Дополнительно предусматривается соединение учрежденческой АТС с входным 100-парным кросом городской телефонной сети.

Помимо информационных розеток, на рабочем месте монтируются две силовые розетки, подключенные к сети гарантированного электроснабжения, и одна силовая розетка, подключенная к сети бытового электроснабжения. Прокладку силовых кабелей и установку силового распределительного оборудования осуществляется смежная субподрядная организация.

В соответствии с требованиями заказчика блоки розеток устанавливаются на высоте 1 м над уровнем пола. Выполнение кабельной разводки в рабочих помещениях осуществляется в декоративных коробах.

## 10.4.2. Архитектурная фаза проектирования

На каждом этаже здания согласно плану имеется по 30 рабочих помещений площадью по 18 м<sup>2</sup> каждое, то есть общая рабочая площадь этажа равна 540 м<sup>2</sup>. В соответствии со СНиП 2.09.04-87, раздел 3.2, для обслуживания этой площади необходимо 135 блоков розеток, а всего в здании – 540 блоков розеток. Расчет на основе площади отдельного рабочего помещения дает другое значение. В каждом помещении согласно указанной норме монтируется по четыре разъемных блока, то есть всего на этаже будет 120 розеток. Разница в расчетах по различным критериям получается из-за того, что площадь отдельного рабочего помещения составляет не 16, а 18 м<sup>2</sup>. Обычно в проект закладывают большую цифру, которая

получается расчетом из общей площади этажа. Дополнительные розетки устанавливаются в коридорах, технических помещениях и в некоторых рабочих помещениях и используются, например, для подключения активных сетевых устройств коллективного пользования типа принтеров и факсов, телефонов постов охраны, серверов и т.д.

Неиспользованные в процессе построения СКС розетки остаются в ЗИП и применяются как для ремонта в процессе текущей эксплуатации кабельной системы, так и для решения задач расширения. В случае особой требовательности заказчика к дешевизне СКС в договор закладывается положение о выкне системным интегратором неиспользованных розеток по номинальной стоимости после завершения строительства кабельной системы.

Для прокладки кабелей горизонтальной подсистемы на этажах вдоль коридора за подвесным потолком устанавливаются лотки. Расстояние от верхней кромки лотка до капитального потолка равно 25 см. Кроссовая располагается в центре этажа и поэтому на каждую половину лотка укладываются кабели, обслуживающие 270 м<sup>2</sup> рабочей площади. Площадь поперечного сечения лотка на основании раздела 10.2.6.2 с учетом наличия на каждом рабочем месте двух розеток составляет  $650 \times (270 / 10) \times 2 / 3 = 11700$  мм<sup>2</sup>. Такой площадью обладает стандартный кабельный лоток размером 200×60 мм. По мере удаления от кросской могут быть использованы лотки меньшего сечения.

В рабочих помещениях прокладка кабеля в соответствии с требованиями заказчика выполняется в декоративных коробах. Для перехода от лотков к коробам в стенах коридора сверлятся отверстия, в которые устанавливаются закладные трубы. На основании данных табл. 10.8 внутренний диаметр трубы должен составлять около 26 мм. Согласно приведенным выше расчетам в каждой комнате устанавливается по четыре блока розеток – по два с каждой стороны. На основании этого емкость декоративного короба выбирается из расчета прокладки в нем четырех горизонтальных информационных и двух силовых кабелей (один для системы гарантированного электропитания компьютерного оборудования, другой – для питания розеток бытового электроснабжения). Расчетный диаметр горизонтального кабеля принимаем равным 5,5 мм (см. табл. 3.5), то есть на 10% выше его номинального внешнего диаметра. Это позволяет учесть увеличение необходимой площади сечения за счет неровностей его укладки. Тогда общая площадь поперечного сечения четырех информационных кабелей составляет примерно 100 мм<sup>2</sup>. При 50% заполнении секции короба, в которой разместятся эти кабели, площадь ее поперечного сечения должна составлять 200 мм<sup>2</sup>. Кроме того, в декоративном коробе должна быть предусмотрена по меньшей мере одна отдельная секция, куда выполняется укладка силовых кабелей. С учетом всех перечисленных выше соображений в данном конкретном случае используем 3-секционный короб типа L/30026 компании Legrand размером 60 × 16 мм, площадь поперечного сечения центральной секции которого составляет 200 мм<sup>2</sup>, а габариты боковых секций достаточны для размещения силовых кабелей. В качестве крепежного элемента коробов и розеточных модулей согласно табл. 11.3 может применяться нейлоновый дюбель или джет-плаг.

Помещения кроссовых и аппаратной согласно схеме (рис. 10.29 и табл. 10.19) располагаются непосредственно друг над другом. Поэтому в качестве вертикальных стояков для магистральных кабелей можно использовать слоты или рукава с соответствующей крепежной арматурой. Площадь межэтажного проема для установки рукавов или слотов выбирается с учетом положений раздела 10.2.5 и нахождения аппаратной в помещении 111 (то есть на первом этаже). Учтем также, что проем с первого на второй этаж обслуживает три этажа, тогда как через проем со второго этажа на третий проходят кабели, обслуживающие два этажа. Результаты расчетов площади проемов сведены в табл. 10.20. На их основании слот в перекрытии между первым и вторым этажами имеет габариты 300×50 мм. Габариты остальных слотов выбираются такими же из соображений единобразия или соответственно меньшими с учетом данных табл. 10.20.

Таблица 10.20. Площади проемов и слотов в межэтажных перекрытиях

Номер проема	Обслуживаемые этажи	Площадь проема, м <sup>2</sup>	Размеры, мм*
1	2–4	1620	300×50
2	3, 4	1080	200×50
3	4	540	100×50

\* Результаты расчетов размеров проемов даны с учетом рекомендуемого трехкратного запаса по площади.

Площади предоставленных технических помещений для кроссовых и аппаратных соответствуют типовым нормам (см. табл. 10.19). Дополнительно контролируется возможность обеспечения в этих помещениях условий окружающей среды, описанных в разделах 10.2.2 и 10.2.3. В случае необходимости следует выдать смежным субподрядчикам частные технические задания на доработку помещений.

УАТС, серверы и центральное оборудование ЛВС будет размещено в помещении аппаратной, то есть используется принцип многоточечного администрирования (см. раздел 1.2.5).

### 10.4.3. Телекоммуникационная стадия проектирования

Информация о количестве информационных и силовых розеток в каждом помещении заносится в табл. 10.9. Напомним, что на каждом рабочем месте предусматривается по одной информационной розетке с двумя розеточными модулями, образующими порты СКС, и по три силовые розетки, которые объединяются в единый блок.

Тип розеточных модулей определяется с учетом требований по пронуской способности, конфигурации рабочего места и выбранного способа крепления. В данном конкретном случае для построения информационных розеток удобно использовать двухпортовые розеточные модули. Их общее количество, точно так же, как и число электрических силовых розеток, находится суммированием значений в колонках 5–9 (табл. 10.21). Дополнительно при необходимости в спецификацию вводятся элементы крепления силовых и информационных розеток в декоративном коробе или же рядом с ним.

#### 10.4.3.1. Проектирование горизонтальной подсистемы

На каждом рабочем месте устанавливается по два информационных розеточных модуля категории 5. Количество розеток на рабочем месте было определено на архитектурной фазе проектирования, применение двух розеточных модулей категории 5 определяется соображениями универсальности.

В рассматриваемом здании отсутствуют большие залы и компактные обособленные группы пользователей. На основании этого в нем не будет применяться прокладка кабелей под ковром и нецелесообразна реализация отдельных участков и некоторых трасс горизонтальной подсистемы на многошарнирном кабеле. В свою очередь, это означает, что в СКС не требуются точки перехода.

Горизонтальная подсистема СКС строится на основе незакраинованных 4-парных кабелей категории 5, проложенных по два к каждому блоку розеток. Требуемое количество кабеля рассчитывается с использованием эмпирического метода, так как на каждом этаже имеется свыше 30 информационных розеток и выполнено требование равномерного распределения розеток по обслуживаемой площади.

Подъем от выводного отверстия монтажного шкафа до кабельных лотков в коридорах и спуск до декоративного короба в комнатах составляет  $3,25 + 2,25 = 5,5$  м<sup>1</sup>. Длина трассы

кабеля по плану от кроссовой до ближайшего и до наиболее удаленного блока розеток составляет 5 м и 35 м соответственно. Тогда минимальная и максимальная длины кабелей составляют соответственно  $5,5 + 5 = 10,5$  м и  $5,5 + 35 = 40,5$  м, а средняя длина кабельных трасс будет равна  $(10,5 + 40,5) / 2 \times 1,1 + 3 = 31$  м. Одной катушки кабеля будет достаточно для прокладки 9 средних кабельных трасс ( $305/31 = 9$ ). Тогда для создания горизонтальной подсистемы необходимо 120 ( $540 / 2 / 9 = 120$ ) катушек кабеля или 36600 м кабеля ( $120 \times 305 = 36600$ ).

#### **10.4.3.2. Проектирование подсистемы внутренних магистралей**

Кабели подсистемы внутренних магистралей связывают между собой помещения кроссовых и аппаратную. По этим кабелям передаются, в основном, информационные потоки сетевой аппаратуры ЛВС и телефонные сигналы учрежденческой АТС. В соответствии с принятым в системе принципом использования двухнортовых информационных розеток на рабочих местах и с учетом отсутствия этажных выносов учрежденческой АТС следует ожидать передачи по магистральным кабелям сигналов значительного числа телефонных разговоров. Исходя из этого и согласно принятому принципу многоточечного администрирования принимается следующая идеология построения подсистемы внутренних магистралей:

- часть подсистемы внутренних магистралей, предназначенная для обслуживания работы телефонной сети, строится на многопарном электрическом кабеле категории 3;
- для организации части подсистемы внутренних магистралей, обслуживающей работу ЛВС, используется волоконно-оптический кабель со 100-процентным его дублированием электрическим кабелем категории 5.

Рассчитаем емкость кабелей в волоконных и парах. Проектируемая СКС имеет высокую степень интеграции: две информационные розетки с соответствующим количеством горизонтальных кабелей на рабочее место. Поэтому на каждое рабочее место во внутренней магистрали здания следует предусмотреть две пары категории 3; 0,4 пары категории 5 и 0,2 волокна, а соответственно на каждый этаж – 270 пар категории 3, 54 пары категории 5 и 27 оптических волокон. Используя известные значения высоты этажей (4 м) и запаса для разделки кабеля (3 м с каждого конца) с учетом того, что вертикальный стояк проходит непосредственно через помещения кроссовых, рассчитываем длины трасс магистральных кабелей. Результаты расчетов заносятся в соответствующие графы табл. 10.22.

Суммируя полученные значения, получаем, что с учетом технологического запаса в 10% потребуется 95 м 25-парного кабеля категории 5; 143 м 100-парного кабеля категории 3 и 95 м 16-волоконного оптического кабеля. Не все производители оборудования для СКС выпускают оптические кабели внутренней прокладки емкостью 16 волокон. Поэтому в данном случае применим вдвое большее количество 8-волоконного кабеля в конструктивном исполнении по нормам противопожарной безопасности не ниже Riser для прокладки в вертикальных стояках.

#### **10.4.3.3. Проектирование административной подсистемы**

В проектируемой СКС количество модулей информационных розеток, которые предполагается использовать для обеспечения функционирования телефонной системы, совпадает

<sup>10</sup> Установите, что кабельные линии должны иметь длину не более 90 м. Для уменьшения количества кабелей рекомендуется использовать 6-парные кабели.

Таблица 10.21. Распределение рабочих мест

Здание: _____									
Объект: _____									
Здание: _____									
Номер Этаж	№ помещения	Кол-во рабочих мест	Розеточные модули	Силовые розетки		Метод крепления			
			штук	Кот. 3	Кот. 5	Опг.	Горизонт.	Бытовые	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	101	4	-	8	-	8	4	На поверхность стены рядом с коробом в рамке
129	4	479	4	-	8	-	8	4	На поверхность стены рядом с коробом в рамке
Всего			-	1060	-	1060	540		

с количеством розеточных модулей для подключения ЛВС. На основании этого в качестве коммутационного оборудования применим панели типа 110.

Из-за большого количества обслуживаемых кабелей в аппаратной будем использовать смешанный способ размещения оборудования – на стене и в шкафу. В кроссовой все оборудование может быть размещено в шкафу. Другим возможным вариантом, который не применяется в данном конкретном проекте, является установка открытой 19-дюймовой стойки.

Во всех технических помещениях для подключения сетевого оборудования будет использоваться метод коммутационного соединения.

Результаты расчетов коммутационного оборудования сведены в табл. 10.22.

Расчет количества отдельных функциональных элементов коммутационного оборудования производится в предположении того, что к одному 100-парному кроссовому блоку типа 110 подключается 24 горизонтальных кабеля или 4 многопарных кабеля.

Оптические кабели внутренней магистральной подсистемы разводятся в 19-дюймовых полках с 16 розетками SC и высотой 1U. Для монтажа вилок оптических разъемов используется технология сварки; укладка защитных гильз и технологического запаса длины волокна выполняется в общий организатор типа силайс-пластины.

Площадь помещений кроссовых превышает рекомендуемую, поэтому оборудование может быть размещено в закрытых монтажных шкафах. Из-за большого количества обслуживаемых рабочих мест следует использовать монтажные шкафы максимальной высотой (42U или 45U). Запас на разделку кабеля выбран равным 3 м, поэтому шкафы устанавливаются рядом со стояками. В табл. 10.23 показан один из вариантов размещения коммутационного оборудования в монтажном шкафу. В левой части этого эскиза отмечены единицы высоты, которые будет занимать устанавливаемое оборудование. Отметим, что собранные 19-дюймовые 200-парные кроссовые панели типа 110 содержат штатные горизонтальные организаторы кроссовых шнуров. Дополнительно следует предусмотреть 19-дюймовые горизонтальные организаторы высотой 1U для оптических полок. Сетевое оборудование ЛВС рекомендуется разместить ниже организаторов оптических полок. При емкости одного концентратора 12 портов оно будет занимать в шкафу 12U высоты, то есть всего в шкафу будет занято 40U из 42.

Таблица 10.22. Таблица магистральных соединений

№ п/п	Маркировка	Объект:		Тип кабеля	Кол-во пор/ волокон	Кол-во кабелей	Длина трассы, м	Заказчик
		Начало	Конец					
1	KM021	111	211	Кат. 5	25	2	10	ЛВС (резерв)
2	KM022	111	211	Кат. 3	100	3	10	Телефония
3	KM023	111	211	Опт.	16	2	10	ЛВС
4	KM031	111	311	Кат. 5	25	2	14	ЛВС (резерв)
5	KM032	111	311	Кат. 3	100	3	14	Телефония
6	KM033	111	311	Опт.	16	2	14	ЛВС
7	KM041	111	411	Кат. 5	25	2	18	ЛВС (резерв)
8	KM042	111	411	Кат. 3	100	3	18	Телефония
9	KM043	111	411	Опт.	16	2	18	ЛВС

В помещении аппаратной в соответствии с принятой схемой размещения на стене помещения будет монтироваться коммутационное оборудование всех функциональных секций, за исключением магистральных «белой» категорий 5 и «белой» оптической. Данный выбор объясняется тем, что магистральные кабели «белой» секции используются сетевым оборудованием исключительно для связи между собой без подключения рабочих мест. Для организации электрической части этой секции понадобятся кроссовые башни с общим количеством кроссовых блоков не менее 40 (см. табл. 10.22). Предусматривая запас около 10%, будем использовать 5 колонн кроссовых башен, каждая из которых состоит из 400-парной и 500-парной башни. В качестве коммутационного оборудования «белой» секции категории 5, которая располагается в монтажном шкафу, выберем 200-парную кроссовую панель типа 110. Для организации оптической части «белой» секции применяются полки с 16 розетками SC и высотой 1U. Согласно данным табл. 10.22 число таких полок равно шести. Под каждой полкой дополнительно устанавливается организатор коммутационных шнуров. Табл. 10.24 показывает пример размещения кроссового оборудования в помещении аппаратной.

#### 10.4.3.4. Расчет количества и определение длин оконечных и коммутационных шнуров

##### Оконечные шнуры на рабочих местах

На рабочих местах для подключения персональных компьютеров к телекоммуникационным розеткам применяются оконечные шнуры с вилками модульных разъемов. Всего в СКС для подключения рабочих станций к ЛВС предполагается использовать 540 розеточных модулей. Примем, что на первом этапе развития сети к ЛВС будет подключена 1/3 рабочих мест пользователей, то есть понадобится 180 шнуров плюс 10% в запас на развитие. Используем шнуры длиной 2,1 м. Часть шнуров (около 10%) для обеспечения эксплуатационной гибкости должна иметь большую длину, например 5 м. Таким образом, всего потребуется 200 шнуров длиной 2,1 м и 20 шнуров длиной 4,57 м.

Таблица 10.23. Состав оборудования кроссовой

Заказчик: _____									
Объект: _____									
Здание: _____									
№ п/п	Цветовая кодировка	Назначение	Кол-во кабелей	Пор/ волокон в кабеле	Всего пор/ волокон	Пар/ волокон в канале	Кана-лов	Тип комм. оборудования	Кол-во устройств
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Кроссовая: 211 (311, 411)</b>									
1	Голубая	Горизонтальные кабели	270	4	1080	4	270	100-парные блоки 110	12
2	Белая (кат. 5)	Внутренняя магистраль	2	25	50	4	12	100-парные блоки 110	1
3	Зеленая (кат. 3)	Внутренняя магистраль	3	100	300	4	72	100-парные блоки 110	3
4	Белая (опт.)	Внутренняя магистраль	2	16	32	2	16	Оптические полки (16 портов)	2
<b>Аппаратная: 11</b>									
1	Голубая	Горизонтальные кабели	270	4	1080	4	270	100-парные блоки 110	12
2	Белая (кат. 5)	Внутренняя магистраль	6	25	150	4	36	100-парные блоки 110	2
3	Зеленая (кат. 3)	Внутренняя магистраль	9	100	900	4	216	100-парные блоки 110	9
4	Фиолетовая	Кабели УАТС 46 (УАТС)	25	1150	1	1150	100-парные блоки 110	12	
5	Фиолетовая	Кабели ЛВС 135 (ЛВС)	4	540	4	135	100-парные блоки 110	6	
6	Зеленая	Кабели ПТС	1	100	100	1	100	100-парные блоки 110	1
7	Белая (опт.)	Внутренняя магистраль	6	16	96	2	48	Оптические полки (16 портов)	6

Оконечные шнуры для подключения телефонных аппаратов обычно поставляются в комплекте с телефонными аппаратами и на основании этого в итоговую спецификацию не включаются.

## Кроссовые

В кроссовых предусматриваются следующие виды коммутационных шнуров:

- однопарные шнуры с вилками типа 110 для подключения этажных розеток к УАТС, то есть для соединения горизонтальных кабелей с многопарным вертикальным – всего 135 шнуроов на этаж;

- 4-парные комбинированные шнуры для подключения горизонтального кабеля к портам этажных концентраторов ЛВС – всего 135 шнуроров на этаж;
- оптические шнуры для подключения оптических up-link-портов этажных концентраторов к вертикальной магистрали – всего 12 шнуроров на этаж;
- резервные комбинированные 4-парные шнуры для подключения электрических up-link-портов этажных концентраторов к вертикальному кабелю категории 5 – всего 12 шнуроров на этаж.

Табл. 10.18 содержит информацию о коммутационных шнурах, необходимых для проведения коммутации в аппаратной и кроссовых. Для определения минимальной и максимальной длины следует пользоваться схемой размещения коммутационного оборудования (пример приведен в табл. 10.24). Распределение длин коммутационных шнуроров производится в соответствии с рис. 10.27.

### Аппаратная

В помещении аппаратной требуются оконечные шнуры для подключения УАТС и для подключения рабочих мест первого этажа к сетевому оборудованию ЛВС.

Для подключения УАТС используются монтажные шнуры в виде 25-парных кабелей с установленными на одном из концов разъемами TELCO. Их длина зависит от расстояния между УАТС и кроссовым полем. Могут быть заказаны шнуры длиной до 30 м. В данном случае с учетом габаритов помещения аппаратной и места расположения кросса УАТС приемлем длину этих шнуроров равной 7 м.

Для подключения УАТС к СКС в помещении аппаратной будут использоваться 25-парные кабели категории 3 с установленными на одном конце разъемами TELCO. Свободный конец такого шнурор будет разделан на фиолетовой секции коммутационного оборудования аппаратной. Каждый кабель предназначен для подключения к кабельной системе одной 16-портовой платы внутренних номеров УАТС или одной 8-портовой платы внешних номеров УАТС. Соответственно для подключения 540 рабочих мест и 96 городских номеров потребуется 46 кабелей.

Таблица 10.24. Схема размещения коммутационного оборудования в кроссовых

Монтажный шкаф	
28U	Белая (кат. 5)
27U	Белая (кат. 3)
26U	
25U	Белая (кат. 3)
24U	Белая (кат. 3)
23U	
22U	Голубая
21U	Голубая
20U	
19U	Голубая
18U	Голубая
17U	
16U	Голубая
15U	Голубая
14U	
13U	Голубая
12U	Голубая
11U	
10U	Голубая
9U	Голубая
8U	
7U	Голубая
6U	Голубая
5U	
4U	Белая (опт.)
3U	19* организатор
2U	Белая (опт.)
1U	19* организатор
	Сетевое оборудование

Таблица 10.25. Схема размещения коммутационного оборудования в аппаратной проектируемой СКС

Монтажный шкаф		Кросовое поле на стене аппаратной						
Шкаф	Модуль	Органайзер	Голубая	Органайзер	Голубая (ATC)	Фиолетовая (ATC)	Органайзер	Белая (кат. 3)
15U	Белая (кат. 5)		Голубая		Голубая (ATC)	Фиолетовая (ATC)		Белая (кат. 3)
12U	Белая (опт.)		Голубая		Голубая (ATC)	Фиолетовая (ATC)		Белая (кат. 3)
11U	Организатор		Голубая		Голубая (ATC)	Фиолетовая (ATC)		Белая (кат. 3)
10U	Белая (опт.)		Голубая		Голубая (ATC)	Фиолетовая (ATC)		Белая (кат. 3)
9U	Организатор		Голубая		Голубая (ATC)	Фиолетовая (ATC)		Белая (кат. 3)
8U	Белая (опт.)		Голубая		Зеленая	Фиолетовая (ATC)		Белая (кат. 3)
7U	Организатор		Голубая			Фиолетовая (ATC)		Белая (кат. 3)
6U	Белая (опт.)		Голубая		Голубая	Фиолетовая (ATC)		Белая (кат. 3)
5U	Организатор		Голубая		Голубая	Фиолетовая (ATC)		Белая (кат. 3)
4U	Белая (опт.)	Организатор	Голубая		Голубая	Фиолетовая (ATC)		Белая (кат. 3)
3U	Организатор		Голубая		Голубая	Фиолетовая (ATC)		Белая (кат. 3)
2U	Белая (опт.)	Организатор	Голубая		Голубая	Фиолетовая (ATC)		Белая (кат. 3)
1U	Организатор		Голубая		Голубая	Фиолетовая (ATC)		Белая (кат. 3)
	Сетевое оборудование ЛВС							

Для подключения рабочих мест первого этажа к ЛВС потребуются монтажные шнуры с вилками модульных разъемов. Их длина зависит от расстояния между монтажным шкафом и кроссовым полем. Максимальная длина монтажного шнура достигает 10 м. Некоторые производители оборудования для СКС не выпускают монтажные шнуры, поэтому в такой ситуации заказывают обычные оконечные шнуры с вилками модульных разъемов на обоих концах и разрезают их пополам или обрезают одну из вилок<sup>4</sup>. В данном случае применим последнее решение и, исходя из предположения наличия на первом этаже 68 рабочих станций пользователей ( $135 / 2 = 68$ ), предусмотрим для этой цели 70 стандартных шнурков длиной 7,6 м.

Подключение концентраторов ЛВС, находящихся в помещении аппаратурной и устанавливаемых в монтажном шкафу, к центральному коммутатору скорее всего будет выполняться через электрические порты из-за малости расстояния. Можно предположить, что в ЛВС даже в обозримой перспективе будет не более 10 обычных или коммутирующих концентраторов нижнего уровня (типовая емкость 12–16 портов). Для их подключения к центральному коммутатору введем в перечень оборудования 10 оконечных шнурков с вилками электрических модульных разъемов длиной по 1,5 м.

Для подключения оптических портов центрального коммутатора к вертикальной магистрали предусматриваются оптические шнуры. Их количество равно общему суммарному

<sup>4</sup> Виды монтажных шнурков для ЛВС различаются типом вилок: односторонние и двухсторонние, а также материалом, из которого изготавливаются вилки.

Таблица 10.26. Оконечные и коммутационные шнуры

Заказчик: _____											
Объект: _____											
Здание: _____											
№ п/п	Функциональные секции			Кол-во каналов	Тип вилки		Длина шнура, м		Коммутационные шнуры		
	1	2	3		4	5	6	7	8	9	10
<b>Кроссовая: 211, 311, 411</b>											
1	Голубая	Белая (кат. 3)	135	1 пара 110	1 пара 110	0,5	2,0	110-110	0,5	22	
								1 пара	1,0	45	
									1,5	46	
									2,0	22	
2	Голубая	Сетевое оборуд.	135	4 пары 110	Модульный	0,5	1,5	110-модуль- ный, 4 пары	0,5	33	
									1,0	68	
									1,5	34	
3	Белая (кат. 5)	Сетевое оборуд.	12	4 пары 110	Модульный	1,0	1,5	110-модуль- ный, 4 пары	1,5	12	
4	Белая (опт.)	Сетевое оборуд.	12	2xSC	2xSC	0,5	1,0		1,0	12	
<b>Аппаратная: 111</b>											
5	Голубая	Фиолет. (YATC)	135	1 пара 110	1 пара 110	0,5	2,5	110-110	0,5	15	
								1 пара	1,0	30	
									1,5	45	
									2,0	30	
									2,5	15	
6	Голубая	Фиолет. (ЛВС)	135	4 пары 110	Модульный	0,5	2,5	110-110	0,5	15	
								4 пары	1,0	30	
									1,5	45	
									2,0	30	
									2,5	15	
7	Белая (кат. 3)	Фиолет. (YATC)	405	1 пара 110	1 пара 110	0,5	2,5	110-110	0,5	45	
								1 пара	1,0	90	
									1,5	135	
									2,0	90	
									2,5	45	
8	Белая (кат. 5)	Сетевое оборуд.	36	4 пары 110	Модульный	1,0	1,5	110-модуль- ный, 4 пары	1,0	12	
9	Белая (опт.)	Сетевое оборуд.	36	2xSC	2xSC	0,5	1,0		0,5	12	
									1,0	24	
10	Зеленая	Белая* (кат. 3)	7	1 пара 110	1 пара 110	0,5	1,5	110-110	1,0	2	
								1 пара	1,5	5	
11	Зеленая	Голубая*	3	1 пара 110	1 пара 110	0,5	1,5	110-110	1,0	0	
								1 пара	1,5	3	
12	Фиолет. (ЛВС)	Сетевое оборуд.	135	Модульный	Модульный	7,6	7,6	Модульный, 4 пары	7,6	135	
13	-	-	10	Модульный	Модульный	1,5	1,5	Модульный, 4 пары	1,5	10	

\* Прямые городские номера.

числу оптических up-link-портов сетевого оборудования ЛВС в кроссовых, то есть общему числу оптических шнурков в кроссовых: 36 (по 12 на этаж).

Все коммутационные панели и активное сетевое оборудование, устанавливаемое в кроссовых, монтируется в 19-дюймовых шкафах высотой 42U. Глубина шкафа выбирается в зависимости от глубины корпусов активных сетевых устройств. Для улучшения условий охлаждения предусматривается вентиляционная полка. Анализ табл. 10.23 показывает, что в шкафу монтируется 32 различных устройства, каждое из которых крепится в четырех точках. Для крепления предназначены по три упаковки болтов M6 и квадратных гаек на шкаф. Для установки оборудования, не имеющего элементов крепления в 19-дюймовом конструктиве, дополнительно предусматривается по одной полке на шкаф. Питание сетевых устройств выполняется от двух вертикальных распределителей.

Полный окончательный вариант выдержки из спецификации по колонкам 2, 6 и 7 представлен в табл. 10.27. Заполнение остальных колонок достаточно сильно зависит от конкретного производителя СКС и поэтому здесь не приводится. В спецификации предусмотрено также технологическое оборудование. Однопроводные и 5-парные ударные инструменты используются при подключении кабелей к розеточным модулям информационных розеток и коммутационных панелей, приборы Pentascanner и Certifiber – для тестирования кабельных линий. Как ударные инструменты, так и тестирующее оборудование после завершения монтажа передаются заказчику и используются им в процессе эксплуатации для различных проверок, во время мелкого ремонта, докладок кабельных линий и в других аналогичных ситуациях. В процессе монтажа они часто выполняют функции наглядных пособий и используются для обучения персонала заказчика, который в дальнейшем будет эксплуатировать СКС (если такое обучение предусмотрено договором).

Дополнительно в спецификацию введены нейлоновые стяжки различной длины, которые относятся к расходным материалам и с помощью которых формируются пучки из кабелей. С помощью этих же стяжек пучки и одиночные провода привязываются к кабельным лоткам в процессе прокладки. Маркировка отдельных кабелей, шнурков и розеток выполняется клейкими маркерами. На каждый кабель расходуется по четыре маркера (2 для технологической и 2 для финишной маркировки), на шнур – два. Розетки маркируются один раз. Более подробно вопросы маркировки рассматриваются в разделе 13.1.4.

Общая структурная схема проектированной сети изображена на рис. 10.30. Для облегчения восприятия на чертеже не показана часть коммутационных шнурков.

## 10.5. Выводы

Процедура проектирования СКС является сложным многоступенчатым процессом и состоит из двух основных стадий: архитектурной и телекоммуникационной.

Главной задачей первой стадии является подготовка технических помещений, а также кабельных трасс горизонтальной и магистральной подсистем к работам по монтажу СКС.

Задаваемые стандартами требования к помещениям кроссовых и аппаратной позволяют однозначно определить как их площадь, так и условия окружающей среды внутри них и снаружи, что, в свою очередь, дает возможность сформулировать требования к системам инженерного обеспечения здания. Процесс проектирования технических помещений во многом облегчается благодаря единству требований к основным параметрам кроссовых и аппаратных с несколько более жесткими требованиями по некоторым характеристикам в отношении аппаратных.

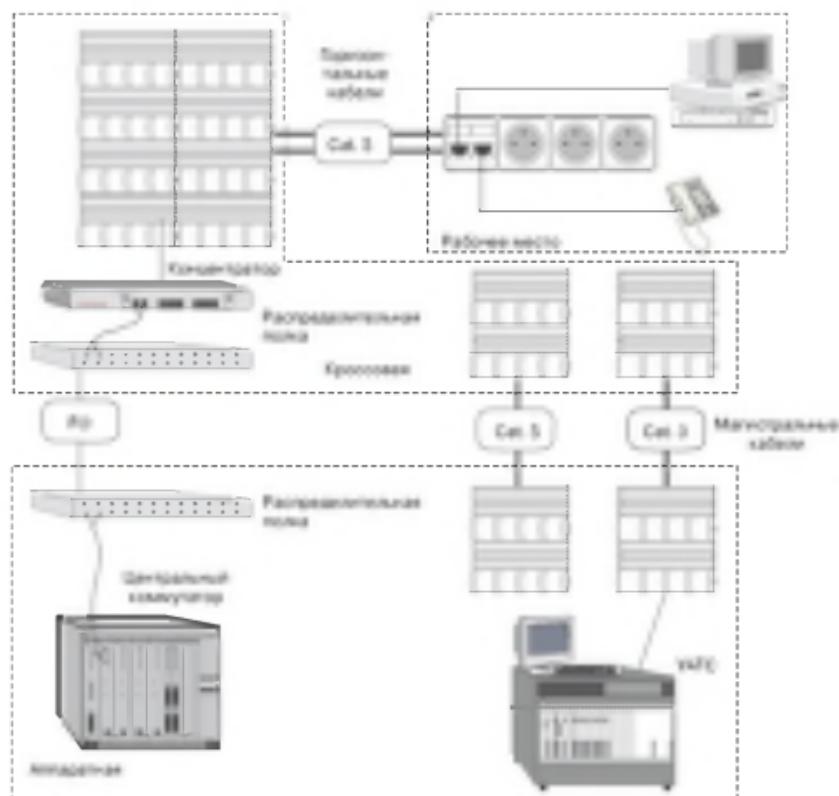


Рис. 10.30. Упрощенная структурная схема проектируемой сети

В зависимости от архитектурных особенностей здания могут применяться различные варианты подпольных и надпотолочных кабельных каналов, вертикальных стояков, причем отдельные разновидности кабельных трасс могут комбинироваться в достаточно широких пределах.

Расчет количества отдельных компонентов конкретной реализации СКС выполняется на телекоммуникационной стадии проектирования. Процедуру расчета целесообразно проводить по принципу «от частного к общему» начиная от рабочего места в соответствии с моделью иерархической звездообразной структуры кабельной системы. Фактором, определяющим количество отдельных компонентов СКС, является выбранная конфигурация рабочего места и заданный принцип администрирования (централизованный или многоточечный). Состав оборудования технических помещений сильно зависит от выбранного способа размещения коммутационных панелей (на стене, в 19-дюймовом конструктиве или по смешанной схеме).

Таблица 10.27. Выдержка из спецификации оборудования

Наименование и техническая характеристика	Ед. изм.	Кол-во
	6	7
<b>Горизонтальная подсистема</b>		
Розеточный модуль категории 5, 2-портовый, T568B, наклонный	шт.	540
Адаптер 45×45 мм [для установки розеток серии СТ в рамки Mozaic компании Legrand]	шт.	540
Кабель витая пара 5 кат., 4 пары	м	36600
<b>Подсистема внутренней магистрали</b>		
Кабель 5 кат., 25 пар	м	95
Кабель 3 кат., 100 пар	м	143
Кабель оптический 8x62,5/125 волокна в PVC-оболочке	м	190
<b>Оконечные шнуры в аппаратной</b>		
25-парный коммутационный шнур, односторонний «папа», 7,62 м	шт.	46
Коммутационный шнур категории 5 с разъемами RJ45-RJ45, 7,62 м	шт.	68
Коммутационный шнур категории 5 с разъемами 110-RJ45, 2,5 м	шт.	15
Коммутационный шнур категории 5 с разъемами 110-RJ45, 1,5 м	шт.	10
<b>Коммутационное оборудование</b>		
Кроссовая панель типа 110 19" категории 5, 200-парная с организатором	шт.	8
Кроссовая башня типа 110 категории 5, 400-парная	шт.	5
Вертикальный организатор для 400-парных кроссовых башен	шт.	3
Кроссовая башня типа 110 категории 5, 500-парная	шт.	5
Вертикальный организатор для 500-парных кроссовых башен	шт.	3
Распределительная полка 19"-1U-SC-MM-16	шт.	12
Горизонтальный организатор, 1U	шт.	12
Шнур монтажный многомодовый, 1 м [62,5/125]	шт.	144
Гильза защитная	шт.	144
Организатор на 16 волокон для коммутационных полок 19" (сплайс-пластина)	шт.	12
<b>Коммутационные шнуры в технических помещениях</b>		
Коммутационный шнур категории 5 с разъемами 110-110, 1 пара, 0,5 м	шт.	126
Коммутационный шнур категории 5 с разъемами 110-110, 1 пара, 1,0 м	шт.	257
Коммутационный шнур категории 5 с разъемами 110-110, 1 пара, 1,5 м	шт.	326
Коммутационный шнур категории 5 с разъемами 110-110, 1 пара, 2,0 м	шт.	186
Коммутационный шнур категории 5 с разъемами 110-110, 1 пара, 2,5 м	шт.	60
Коммутационный шнур категории 5 с разъемами 110-RJ45, 0,5 м	шт.	114
Коммутационный шнур категории 5 с разъемами 110-RJ45, 1,0 м	шт.	246
Коммутационный шнур категории 5 с разъемами 110-RJ45, 1,5 м	шт.	171
Коммутационный шнур категории 5 с разъемами 110-RJ45, 2,0 м	шт.	66
Коммутационный шнур категории 5 с разъемами 110-RJ45, 2,5 м	шт.	15
Оптический шнур с разъемами SC, 62,5/125, дуплексный, 0,5 м	шт.	12

Таблица 10.27. Выдержка из спецификации оборудования (окончание)

Наименование и техническая характеристика	Ед. изм.	Кол-во
2	шт.	7
Оптический шнур с разъемами SC, 62,5/125, дуплексный, 1,0 м	шт.	60
<b>Оконечные шнуры на рабочих местах</b>		
Коммутационный шнур категории 5 с разъемами RJ45-RJ45, 2,13 м	шт.	140
Коммутационный шнур категории 5, с разъемами RJ45-RJ45, 4,57 м	шт.	20
<b>Монтажное оборудование</b>		
Шкаф напольный 42U, 2033x600x600 mm	шт.	4
Модуль вентиляторный 600 Series (монтаж сверху)		
2 вентилятора – High Performance	шт.	4
Комплект для заземления	шт.	4
Ножки для монтажного шкафа 19" (набор из 4 шт.)	шт.	4
Полка перфорированная для оборудования 19" L=454mm	шт.	4
Силовые розетки для шкафов, вертикальные, 8 роз.	шт.	8
Винт с шайбой и гайкой для 19" оборудования, 50 шт.	шт.	12
<b>Инструмент для работы со структурированной кабельной системой</b>		
Ударный инструмент на 1 проводник {без лезвия}	шт.	1
Сменное лезвие для ударного инструмента на 1 проводник, тип 110	шт.	1
Ударный инструмент на 5 пар, тип 110	шт.	1
Прибор Pentascanner+ with 2-way injector+	шт.	1
Прибор Certifiber	шт.	1
<b>Силовая кабельная система</b>		
Розетка 2Р+Т «Мозаик» фр. стиля (для сети гарантированного электроснабжения)	шт.	1080
Розетка 2Р+Т «Мозаик» нем. стиля (для сети бытового электроснабжения)	шт.	540
<b>Вспомогательные материалы и оборудование</b>		
Стяжка нейлоновая для кабеля, 250 мм, упаковка 100 шт.	шт.	7
Стяжка нейлоновая для кабеля, 340 мм, упаковка 100 шт.	шт.	4
Стяжка нейлоновая для кабеля, 550 мм, упаковка 100 шт.	шт.	5
Маркеры для маркировки розеток на рабочих местах, лист 290 меток	шт.	5
Маркеры для маркировки горизонтальных кабелей, лист 64 метки	шт.	68
Маркеры для маркировки коммутационных шнурков, лист 49 меток	шт.	69
Маркеры для маркировки многопарных кабелей, лист 21 метка	шт.	5

Процесс расчета компонентов на телекоммуникационной стадии может носить итерационный характер. Для облегчения перехода от одного этапа к другому, а также процедуры подготовки окончательной спецификации оборудования результаты расчетов отдельных подсистем СКС рекомендуется оформлять в табличной форме и с использованием средств вычислительной техники.

# ГЛАВА XI

## Монтаж СКС

### 11.1. Организация работ

#### 11.1.1. Состав и оснащение бригад монтажников

Работы по монтажу СКС должны выполняться квалифицированными специалистами под руководством бригадира, прошедшего обучение в авторизованном учебном центре. Монтажники объединяются в звенья, несколько звеньев образуют отдельную бригаду.

Бригада может специализироваться на отдельных видах работ или выполнять весь цикл работ на объекте. Последний вариант обычно применяется при монтаже небольших СКС. При работе на больших объектах рекомендуется использовать несколько специализированных бригад. Это обеспечивает более эффективную организацию процесса монтажа, тестирования и сдачи в эксплуатацию.

Монтажное звено в большинстве случаев состоит из двух человек и может выполнять работы по прокладке кабелей, сборке монтажных шкафов, установке оборудования и т.д., а также почти все виды тестирования электрических и оптических кабельных трасс. Индивидуально монтажники обычно разводят электрическое кроссовое оборудование и розеточные модули информационных розеток.

Каждая монтажная бригада должна иметь комплект технологического оборудования. Перед началом работ бригадиру выдается комплект согласованной рабочей документации.

С спецодежда монтажника должна быть легкой и прочной, достаточно плотно прилегать к телу и при этом не стеснять движений. Чаще всего в качестве спецодежды используется полукомбинезон или спецовка, которая иногда доополняется жилетом. Для хранения инструментов, документов, ручек, маркеров и других мелких предметов необходимо несколько карманов и гнезд с клапанами на пуговицах, молниях или линичках. В рекламных целях на спецодежду иногда наносится эмблема или пишется название фирмы, выполняющей монтаж СКС. Некоторые виды инструментов, приборов и расходных материалов в процессе работы удобно держать в специальной сумке на ремне, имеющей несколько отделений.

#### 11.1.2. Рабочая документация

Перед началом проведения работ монтажники должны быть ознакомлены с техническим проектом кабельной системы и снабжены рабочей документацией. Последняя включает в себя всю информацию, необходимую монтажникам для выполнения работ и решения производственных вопросов. В частности, рабочая документация должна содержать:

- структурную схему СКС;
- планы кабельной канализации и/или других трасс прокладки кабелей внешней магистрали и кабельных каналов (стояков, лотков и т.д.) внутри здания;
- планы прокладки кабелей с указанием точек размещения ИР;

- планы и схемы размещения оборудования в аппаратных и кроссовых помещениях;
- схемы размещения оборудования в монтажных шкафах и стойках;
- таблицы соединений и подключений магистральных и горизонтальных кабелей;
- кабельный журнал для документирования изменений и фиксации отклонений от рабочей документации;
- план-график выполнения работ.

На структурную схему наносятся все идентификаторы и ссылки, необходимые для привязки элементов схемы к остальным чертежам комплекта и к объекту. В таблицах соединений и подключений и/или в структурной схеме должна содержаться информация о характеристиках всех элементов кабельной системы, включая тип, количество и емкость магистральных и горизонтальных кабелей, а также их идентификаторы.

### **11.1.3. Этапы и продолжительность выполнения работ**

Основным критерием при составлении план-графика выполнения работ и принятии решения о начале выполнения того или иного этапа являются условия строительной готовности, указанные в табл. 11.1.

*Таблица 11.1. Условия строительной готовности для проведения работ*

<b>Содержание вида работ</b>	<b>Условия для проведения</b>
1. Монтаж кабельных каналов и розеточных коробок в полу	До начала чистой заливки пола
2. Изготовление проходных отверстий в стенах коридора	До начала монтажа воздуховодов системы вентиляции
3. Установка подвесных консолей системы магистральных кабельных лотков за подвесным потолком	До начала монтажа воздуховодов системы вентиляции
4. Установка полок на подвесных консолях и кабельных лотков	По окончании монтажа воздуховодов системы вентиляции, до закрытия подвесного потолка
5. Установка декоративных коробов в помещениях здания	По окончании отделочных работ
6. Прокладка магистральных и горизонтальных кабелей	По окончании установки системы кабельных каналов, до закрытия подвесного потолка
7. Подключение горизонтальных кабелей к розеточным модулям информационных розеток	По окончании прокладки кабелей
8. Сборка монтажных шкафов	По окончании отделочных работ в помещениях кроссовых и аппаратных
9. Подключение горизонтальных и магистральных кабелей к коммутационному оборудованию	По окончании прокладки кабелей и сборки монтажных шкафов
10. Тестирование линий и трактов структурированной кабельной системы	По окончании строительно-монтажных работ
11. Приемо-сдаточные испытания	По окончании тестирования линий структурированной кабельной системы

При расчете сроков выполнения отдельных этапов работ и подготовке плана-графика можно использовать в качестве ориентира типовые показатели производительности труда при условии отсутствия мебели, наличия правильной технологической маркировки, корректной и полной рабочей документации, нормальной организации производственного процесса и т.д. (см. табл. 11.2).

*Таблица 11.2. Ориентировочные значения производительности труда монтажников СКС на некоторых часто выполняемых операциях*

Вид работ	Исполнитель	Выработка за 8-часовой рабочий день
Установка декоративных коробов на высоте до 1,5 м	Монтажное звено	75 м (с уголками)
Установка декоративных коробов выше 1,5 м	Монтажное звено	40 м (с уголками)
Прокладка горизонтальных кабелей на высоте до 1,5 м	Монтажное звено	1000 м
Прокладка горизонтальных кабелей выше 1,5 м	Монтажное звено	700 м
Прокладка магистральных кабелей	Монтажное звено	200 м
Установка розеточных модулей и подключение горизонтальных кабелей на ИР	Монтажник	50 розеток
Подключение горизонтальных кабелей к коммутационному оборудованию	Монтажник	600 пар
Подключение магистральных кабелей к коммутационному оборудованию	Монтажник	900 пар
Сварка волокон, сборка оптических муфт и попок	Монтажное звено	30 волокон
Тестирование линий структурированной кабельной инфраструктуры	Монтажное звено	100 электрических кабельных линий, 30–50 оптических волокон

При оценке общей продолжительности работ по реализации крупных проектов (несколько сотен розеток и более) можно ориентироваться на среднюю эмпирическую интегральную производительность труда одного монтажника в 1–2 порта СКС за рабочий день.

#### **11.1.4. Другие условия проведения работ**

Перед началом работ по монтажу СКС представителем заказчика производится инструктаж по технике безопасности. Факт проведения инструктажа фиксируется оформлением акта, который подписывают инструктор и монтажники, прислушавшие инструктажи и после этого несущие ответственность за соблюдение правил техники безопасности.

Почти все виды работ проводятся при температуре не ниже 10 °С. Температурный режим для отдельных из них может сильно зависеть от характеристик монтируемого оборудования, и температура может колебаться как в большую, так и в меньшую сторону. Если с помощью средств центрального отопления необходимые температурные условия не могут быть обеспечены, допустимо использование передвижных и переносных тепловых источников с соблюдением соответствующих требований пожарной безопасности.

## **11.2. Входной контроль компонентов СКС**

### **11.2.1. Входной контроль электрических кабелей и других электрических компонентов**

Входной контроль электрических компонентов СКС осуществляется в основном методом визуального осмотра, измерительные приборы применяются достаточно редко.

При проведении входного контроля кабеля следует:

1. Убедиться в том, что длина кабеля на катушке соответствует указанной на упаковке. Для этого используются отметки длины на концах кабеля. Если значения не совпадают, следует исправить надпись на катушке. При поиске концов кабеля в коробке не рекомендуется нарушать порядок укладки его витков, так как это существенно затрудняет или даже делает невозможной его последующую размотку.
2. Проверить соответствие цветовой кодировки пар кабеля стандарту IEC 708 (см. раздел 3.1.5).
3. Проконтролировать отсутствие повреждений самой упаковки и внешней оболочки кабеля.

При проведении входного контроля остальных компонентов необходимо убедиться в их комплектности и целостности, отсутствии механических повреждений, а также следов воздействия высокой температуры и агрессивных химических веществ.

Допускается выборочная инструментальная проверка электрических параметров кабеля. Она проводится в фабричной упаковке – на катушках или в коробках. Если по результатам измерений какой-либо параметр не соответствует значениям, которые требуются стандартами, то кабель следует освободить от упаковки, разложить на полу свободными витками и повторить измерения. Только если и в этом случае будет обнаружено несоответствие измеренных электрических параметров нормам, считается, что кабель не может использоваться в СКС и бракуется.

### **11.2.2. Входной контроль волоконно-оптических кабелей и других оптических компонентов**

Входной контроль оптического кабеля и волоконно-оптических компонентов выполняется методом визуального контроля и инструментального тестирования. Осмотр проводится по правилам, аналогичным описанным выше для электрических элементов.

В процессе выполнения инструментального тестирования определяется отсутствие обломков волокон и измеряется затухание. При наличии в распоряжении монтажников оптического рефлектометра дополнительно может быть определена длина оптического кабеля и проконтролировано отсутствие в нем внутренних дефектов. Результаты измерений при этом обязательно сравниваются с паспортными данными.

Простейший тест на отсутствие обломков волокна в многомодовых шнурах и кабелях небольшой протяженности (до 1–1,5 км) выполняется обычной просветкой отдельных световодов. В качестве источника света применяется яркая галогенная лампочка (можно от карманного фонарика), а также устройства с лазерами красного света (лазерная указка или так называемый визуализатор дефектов волоконных световодов, рассмотренный далее в разделе 12.3.4). При работе на открытом воздухе вполне допустимо использование солнечного света. Для обеспечения надежного ввода и вывода светового потока с малыми потерями может понадобиться обработка торцевых поверхностей волокон с помощью склизывателя и их оконцевание адаптерами на обнаженное волокно. Не исключается также возможность использования так называемого устройства оперативного подключения [7].

Метод просветки с определенными оговорками может быть применен также к одномодовым кабелям и шнурам. Однако из-за малого диаметра световедущей сердечники наблюдение светового потока на выходном конце должно производиться с помощью контрольного микроскопа, а при проверке кабелей обязательным является применение прецизионного склизывателя для подготовки торцов волокна.

К методам инструментального тестирования при входном контроле относятся процедура определения общего затухания оптического кабеля и других волоконно-оптических компонентов, а также рефлектометрическое исследование оптического кабеля. Эти процедуры подробно рассмотрены в разделе 12.3.

## 11.3. Строительство магистральных подсистем СКС

В данном разделе рассмотрены общие организационные и технологические вопросы строительства магистральных подсистем СКС. Некоторые дополнительные сведения по этой тематике можно почерпнуть также в обзоре [139].

### 11.3.1. Прокладка кабелей в канализации

Прокладка электрических и оптических кабелей в канализации выполняется по одинаковым правилам. Отличия проявляются главным образом в различных допустимых усилиях протяжки и закручивания. Оптические кабели по сравнению с электрическими имеют несколько меньший диаметр и погонную массу, однако требуют большего радиуса изгиба во время прокладки и эксплуатации.

Прокладка оптического кабеля обычно выполняется в свободном канале. Иногда в каждый такой канал предварительно вводят несколько полиэтиленовых труб меньшего диаметра, которые образуют систему субканалов. В каждую такую трубу может прокладываться один оптический кабель. В процессе прокладки многонарных электрических кабелей следует контролировать величину заполнения трубы канала (см. табл. 10.7), что позволяет удержать усилие протяжки в допустимых пределах.

При постройке в каналах оставляется проволока для протяжки. При ее отсутствии проход наилучше удобно выполнять с помощью устройства заготовки каналов. Оно представляет собой круглую кассету диаметром около 1 м, на барабан которой намотан упругий стеклонапластиковый пруток диаметром около 10 мм и длиной до 150 м. Кассету устанавливают у колодца и проталкивают пруток в канал до тех пор, пока его конец не выйдет в смежный колодец. Далее к наконечнику прутка крепят проволоку или трос, а иногда и непосредственно конец кабеля и вытягивают пруток обратно. Для крепления рекомендуется использовать специальный наконечник, который фиксируется на кабеле за его силовой элемент и броневые покровы и может быть снабжен компенсатором кручения. При отсутствии наконечника крепление рекомендуется выполнять линкой лентой в двух точках, расположенных на расстоянии 15–20 см друг от друга. В передней точке крепления кабель должен быть обязательно притянут к прутку или тросу для минимизации усилий протяжки.

При затяжке в канализацию кабельный барабан может быть установлен на устройство для размотки. Эти устройства могут быть реализованы по двум различным схемам (рис. 11.1). Согласно первой из них барабан накатывается каждой своей щекой на два опорных ролика и в процессе размотки перекатывается на них. Большее распространение получила вторая схема, согласно которой барабан приподнимается над поверхностью на несколько

Рис. 11.1

Различные варианты реализации устройства для размотки кабелей с барабанов



сантиметров при помощи механического или гидравлического домкрата, что позволяет ему свободно вращаться на оси. В процессе протяжки барабан вращается руками. Сама протяжка должна осуществляться плавно и без рывков. При отсутствии данного устройства для протяжки кабель предварительно выкладывается возле колодца на ровной поверхности в форме петли или восьмерки. Прокладка кабеля может производиться как из начальной точки, так и с середины трассы. Последний прием позволяет пройти без установки промежуточных муфт трассы большей длины, однако он несколько сложнее в реализации и приводит к большим отходам кабеля.

В тех случаях, когда трасса прокладки имеет резкие повороты, в колодце устанавливается поворотный ролик. При его отсутствии кабель вытягивается из этого колодца петлей и дальнейшая прокладка выполняется так же, как с начальной точки трассы. Достаточно часто для уменьшения времени строительства и при наличии соответствующих условий кабель перебирают руками прямо в колодце, направляя в трубу канализации.

### **11.3.2. Сращивание строительных длин кабелей внешней прокладки**

Сращивание отдельных сегментов кабелей внешней прокладки производится в следующих ситуациях:

- прокладка кабеля одной строительной длиной между начальной и конечной точками трассы невозможна или нецелесообразна из-за тех или иных местных особенностей (большая протяженность, наличие многочисленных поворотов и т.д.);
- местные особенности создаваемой системы позволяют использовать разветвление одного кабеля большой емкости на два или более меньшей емкости для минимизации стоимости и продолжительности строительства;
- выполняется ремонт поврежденного кабеля или плановая замена одного сегмента на другой.

Место стыка двух или более (в случае ветвления) строительных длин в середине кабельной трассы защищается соединительной муфтой. Основным назначением этого элемента является:

- организация сростков той или иной конструкции (в подавляющем большинстве случаев неразъемных) с соблюдением технологических ограничений на их параметры по радиусам изгиба, растягивающим усилиям и т.д.;
- восстановление целостности силовых и защитных покровов кабелей и обеспечение герметичности места сращивания.

Процесс монтажа соединительной муфты включает в себя следующие основные технологические операции:

- сращивание отдельных жил или световодов кабелей с последующей защитой сростка;
- укладка жил или световодов в корпус муфты или ее организатор (в случае оптических кабелей дополнительно производится выкладка технологического запаса длины световодов с соблюдением заданного радиуса изгиба и фиксация защитных гильз или корпусов механических силайсов);
- сборка корпуса муфты;
- восстановление целостности силовых и упрочняющих элементов кабелей с последующей или одновременной герметизацией корпуса муфты;

- установка корпуса муфты в колодце, коллекторе и аналогичных местах с соблюдением заданного монтажного и эксплуатационного радиуса изгиба кабелей.

Процесс монтажа соединительной муфты весьма сильно зависит от принятой технологии сращивания проводов или световодов, типа муфты (проходная, разветвительная, туннельная или прямая, см. [7]), конструкции ее корпуса и способа его герметизации (холодного, горячего, с помощью герметизирующих лент и т.д.). На основании этого детальное описание приемов монтажа не представляется возможным и в каждом конкретном случае следует пользоваться фирменными инструкциями и руководствами.

### **11.3.3. Монтаж оптических полок и настенных муфт**

Рассмотрим процесс монтажа оптических полок (аналогично монтируются и настенные муфты). Данная процедура включает в себя ряд отдельных технологических операций, которые выполняются в следующем порядке:

1. Уложить корпус полки на рабочий стол, снять верхнюю крышку и, в случае применения технологии сварки или механических спlices, установить в корпусе организатор.
2. Разделать оптический кабель, удалив внешние защитные и упрочняющие покрытия. Длина разделки составляет примерно 1 м в случае использования монтажных шнурков и 1,5 м при применении клеевой технологии или непосредственной оконцовки другими типами вилок. Этикетка технологической маркировки кабеля переносится на оставшуюся часть оболочки или заменяется на этикетку финишной маркировки.
3. Ввести кабель в корпус полки и зафиксировать в штатном держателе, волокна аккуратно отложить в сторону. Кабель внешней прокладки из-за повышенной жесткости должен быть обязательно дополнительно зафиксирован на крышке рабочего стола часовыми тисками или пластиковой стяжкой.
4. Армировать волокна вилками оптических соединителей. При наличии рефлектометра проверить отсутствие близких обрывов.
5. Последовательно, начиная с волокна с наибольшим номером, выполнить укладку световодов в корпусе полки. Для соблюдения заданного радиуса изгиба использовать организатор световодов; защитную гильзу сварного сростка или корпус механического спlices установить в организатор. Вилку подключить к розетке.
6. Закрыть крышку полки и установить ее корпус в 19-дюймовый конструктив.
7. Запас длины кабеля с соблюдением заданного радиуса изгиба свернуть в бухту, зафиксировать стяжками и поместить в боковую полость шкафа, под фальшпол или над фальшпотолком. При необходимости дополнительно зафиксировать в рабочем положении бухту и сам кабель при помощи пластиковых стяжек или других крепежных элементов.
8. Произвести для всех волокон просветку рефлектометром и проверку оптическим тестером, результаты измерений внести в протокол.
9. Согласно рабочей документации выполнить требуемые подключения коммутационными шнурами.
10. Неиспользуемые розетки оптических разъемов закрыть защитными колпачками.

Настенная муфта монтируется аналогичным образом, за исключением того, что запас кабеля обычно фиксируется на стене с использованием дюбель-колье и пластиковых стяжек, а сам кабель на входе в корпус муфты крепится специальным кабельным фиксатором или заменяющим его элементом (рис. 11.2).



Рис. 11.2  
Элементы крепления  
кабелей внешней  
прокладки: а) полоска  
жестости;  
б) фюльье-кольцо  
со стяжкой;  
в) кабельный  
фиксатор

## 11.4. Прокладка симметричных и/или волоконно-оптических кабелей внутри здания

Симметричные 4-парные кабели, которые используются для организации горизонтальной подсистемы, поставляются в коробках, а также на катушках.

В последнем случае для прокладки кабеля требуется размоточное устройство. Катушка подвешивается на оси устройства или накатывается на его ролики и разматывается по мере протяжки кабеля.

Чаще кабель упаковывается в картонную коробку, в которой помещается обычная катушка или самонесущая обмотка (подробнее см. раздел 3.1.2.9). В процессе вытягивания кабеля из коробки витки обмотки и кабель раскручиваются равномерно и без петель. При использовании такой упаковки нельзя тянуть кабель рывками, так как перед выходимым отверстием может образоваться петля, что сделает дальнейшую работу невозможной.

Можно одновременно прокладывать кабель для нескольких розеточных модулей, используя более чем одну коробку или катушку. Для этого катушки подвешиваются на специальные размоточные устройства, а коробки устанавливаются в одну линию или друг на друга. В этом случае прокладку следует начинать со стороны рабочего места. Оно определяется исходя из того, что в кроссовой кабели должны иметь концы одинаковой длины, а в рабочих помещениях кабель прокладывается к разнесенным розеткам. По окончании прокладки кабеля до кроссовой можно из каждой упаковки вытянуть необходимое для каждого рабочего места количество кабеля.

Прокладку в большинстве случаев целесообразно начинать с наиболее удаленных от кроссовой рабочих мест. Это позволяет добиться ровной и равномерной укладки в кабельных каналах, без «вспучиваний» в точках отвода к розеткам. Кроме того, после прокладки длинных отрезков остаток на катушке используется для более коротких участков.

Перед началом прокладки следует по записям на коробке убедиться в том, что остаток кабеля в каждой из катушек хватит для выполнения проброса от розетки до коммутационного оборудования в кроссовой с учетом запасов на разделку.

Следует учитывать, что прокладка большинства кабелей, рассчитанных на эксплуатацию внутри помещения, может проводиться при температурах не ниже 0 °С. Поэтому зимой кабель после доставки на объект должен обязательно нагреться до плюсовой температуры. Ввиду этого целесообразно завозить кабель на объект не утром, а вечером, что позволяет с утра сразу же приступить к прокладке.

Для идентификации кабелей на рабочих местах и в технических помещениях на них наносятся маркирующие элементы. Достаточно часто функции таких элементов выполняют небольшие полоски бумаги, фиксируемые на оболочке кабеля прозрачным скотчем. Более удобно применение так называемых самоламинирующихся маркеров, в которых поле для маркировки и фиксирующая лента объединены в единое целое (подробнее – см. раздел 13.1.4). В последнем случае маркирующие надписи можно выполнить не только

вручную на объекте, но и во время подготовительных работ с использованием лазерного принтера. Сами маркирующие надписи могут иметь произвольную форму, однако они должны давать возможность однозначного определения местонахождения второго конца кабеля. Пример маркировки: 2-202-04 – второй этаж, комната 202, кабель номер 4. Маркирующие надписи целесообразно формировать в виде так называемых идентификаторов, широко используемых в процессе администрирования кабельной системы (см. далее раздел 13.1.1).

Концы кабелей можно стягнуть линккой лентой и прокладывать сразу весь пучок. Для увеличения удобства протяжки на связку кабелей можно установить проволочную петлю для присоединения кабельной прятяжки. Прочность фиксации петли возрастает, если загнуть концы петли за линккую ленту. Кроме такого или аналогичного присоединения, изготавливаемого из подручных средств, можно воспользоваться протягивающими наконечниками и головками фабричного производства с оконечной петлей или рым-болтом. Последний вариант более предпочтителен, так как устраивает закрутку кабеля во время прокладки.

Прокладка кабеля в лотках, декоративных коробах и по открываемым каналам в полу часто выполняется обычной укладкой кабеля в эти каналы. Для прокладки кабелей в за-кладных трубах и каналах в полу используется прятяжка. Ее функции могут выполнять:

- кусок стальной проволоки или пластмассовый пруток длиной до 10 м;
- отрезок 10- или 20-парного телефонного кабеля такой же длины;
- специальное устройство заготовки каналов УЗК.

В комплект поставки УЗК входят также наконечники различных типов и соединители. Кассета обычно устанавливается в каркасе, снабженном роликами и ручками для облегчения перемещения. Она отличается от УЗК для использования на трассах внешней магистральной подсистемы в основном диаметром прутка, составляющим примерно 5 мм, и диаметром кассеты около 40 см. Кассеты с прутком длиной до 30 м могут выполняться в виде барабана с ручкой для переноски и снабжаются возвратной пружиной, которая после отпускания фиксатора втягивает пруток обратно в корпус барабана.

В процессе прокладки следует соблюдать следующие правила:

- нельзя превышать максимальные усилия растяжения кабеля, задаваемые ТУ. Если информация о предельном усилии растяжения отсутствует, то оно принимается равным 110 Н;
- необходимо, чтобы при подвеске кабеля между точками крепления было расстояние не более 1,5 м и кабель заметно провисал (не допускается сильное натяжение). Следует избегать передавливания кабеля крепежным хомутом;
- минимальный радиус изгиба электрического кабеля должен быть не меньше 16 внешних диаметров кабеля при прокладке и 8 внешних диаметров кабеля после ее завершения. Для оптического кабеля минимальный радиус изгиба составляет не менее 20 внешних диаметров при прокладке и 10 внешних диаметров после ее завершения;
- изгиб кабеля допускается под углом не более 90°. При этом сам сгиб должен быть плавным, без «переломов» оболочки;
- нельзя перекручивать кабель относительно его продольной оси;
- в случаях повреждения оболочки кабель обязательно заменяется новым. Какие-либо ремонты оболочки и тем более проводников недопустимы;
- трассы прокладки кабеля должны выбираться с учетом расположения источников сильных электромагнитных полей. Например, надо избегать сближения с электродвигателями, трансформаторами, люминесцентными осветительными приборами, основными силовыми кабелями;
- заполнение кабельных лотков, коробов, отверстий для прохода кабелей и за-кладных труб не должно превышать 60–70% (см. табл. 10.7);

В случае отсутствия кабельных трасс на основе труб, колодцев и аналогичных специализированных элементов их формируют с помощью кабельных стяжек, скоб и стендлеров, а также обычной наклейкой отдельных кабелей на ровную поверхность. Используемые для этого технические средства достаточно подробно рассмотрены в статье [140]. С обоих концов кабеля оставляется запас для разделки. Для электрических кабелей со стороны розетки он равен 20–30 см. Со стороны кроссовой длина всех кабелей должна быть достаточной для прокладки до блока коммутационного оборудования, наиболее удаленного от точки ввода кабелей в помещение, плюс 30–40 см для разделки.

По окончании прокладки следует нанести на оба конца каждого кабеля маркировку в соответствии с таблицами подключений. Маркирующие элементы крепятся на расстоянии около 10–15 см от конца. Маркировка должна быть идентична на обоих концах.

Болоконно-оптический кабель внутренней прокладки поставляется на катушках и по своим массогабаритным показателям достаточно близок к 4-парному симметричному горизонтальному кабелю. Поэтому приемы их прокладки весьма схожи. Основные отличия состоят в том, что:

- в процессе прокладки оптического кабеля необходимо более тщательно контролировать соблюдение минимального радиуса изгиба;
- запас кабеля для выполнения процедур разделки в кроссовой должен составлять как минимум 1,5 м (на практике это значение достаточно часто увеличивается до 3–5 м). На величину запаса определенное влияние оказывает также используемая в процессе монтажа технология установки вилок оптических разъемов. Так, например, для кабелей внутренней прокладки запас длиной 1 м вполне достаточен для применения технологии сварки или механических силайсов (то есть при работе с монтажными шинурами), тогда как при использовании технологии наклейки величина запаса увеличивается минимум на 0,5 м.

После того как прокладка очередного кабеля завершена и кабель отрезан, на коробках и катушках следует сделать запись о длине остатка. Для этого нужно использовать отметки длины на оболочке кабеля.

## **11.5. Монтаж декоративных коробов в рабочих помещениях и розеток на рабочих местах пользователей**

Установку декоративных коробов и информационных розеток различных видов выполняют с использованием крепежных элементов, выбираемых в зависимости от материала стен (табл. 11.3 и рис. 11.3).

Установка декоративных коробов выполняется в следующем порядке:

1. В зависимости от материала поверхности выбрать крепежные элементы подходящего типа и размера.
2. В соответствии с монтажными схемами наметить линию для установки декоративного короба. Параллельность установки короба полу или другой строительной конструкции контролируется визуально или при помощи уровня.
3. Отметить точки крепления: для коробов сечением не менее 100×50 мм следует предусматривать 8 и более точек на 2 м длины; для коробов меньшего размера крепление производится не менее чем в 5 точках на 2 м длины; точки крепления располагаются

в шахматном порядке, если только конструкция короба не предусматривает штатных крепежных отверстий.

- Приложить короб к поверхности, наметить точки крепления и высверлить отверстия для установки элементов крепления. Диаметр и глубина отверстий выбираются с учетом материала поверхности и типа крепежного элемента.
- Установить в высверленные отверстия элементы крепления (дюбель, джет-плаг и т.д.).
- Приложив короб к поверхности по намеченной линии, ввернуть шурупы в отверстия в точках крепления.

Таблица 11.3. Типы крепежных элементов

Материал, из которого сделаны стены	Тип крепежного элемента
Бетон	Нейлоновый дюбель, шурп для бетона, анкер-клин
Кирпич красный и силикатный	Нейлоновый дюбель
Пустотелый кирпич	Дюбель для пустотелого кирпича
Гипсокартон и штукатурка	Джет-плаг
Гипсокартон, сухая штукатурка	Многофункциональный дюбель
Гипс	Нейлоновый дюбель
Естественный камень	Нейлоновый дюбель
Пенобетон	Дюбель для пустотелого кирпича

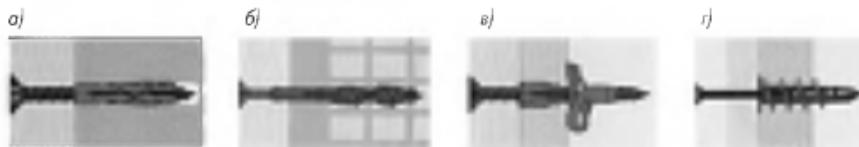


Рис. 11.3. Некоторые типы крепежных элементов: а) нейлоновый дюбель; б) дюбель для пустотелого кирпича; в) многофункциональный дюбель для установки на тонкой гипсокартонной плите; г) джет-плаг

Аналогично выполняется установка накладных корицусов информационных розеток и других элементов, монтируемых по принципу «вдоль профиля».

Стандартная длина секции наиболее распространенного на практике пластикового короба составляет 2 м (в редких случаях больше). При необходимости работы с более короткими отрезками отрезается секция нужной длины. Для выполнения этой операции настоятельно рекомендуется применять специальные ножницы, которые в отличие от обычной ножовки позволяют получить ровный и аккуратный срез, причем практически под любым углом в месте отрезки.

## 11.6. Подключение электрических и оптических кабелей к информационным розеткам и панелям

Процесс подключения электрических и оптических кабелей к розеточным модулям информационных розеток и к коммутационным панелям выполняется по достаточно схожим

правилам и включает в себя ряд этапов (рис. 11.4). Отличия возникают, главным образом, из-за конструктивных особенностей горизонтальных и многошарнирных, а также электрических и оптических кабелей и не носят принципиального характера. Общее требование к выполнению рассматриваемых далее процедур – аккуратность и тщательный визуальный и инструментальный контроль результатов. Завершающим этапом всегда является установка маркировки в соответствии с рабочей документацией.

### 11.6.1. Подключение витых пар к розеткам

Процесс подключения горизонтальных кабелей к модулям информационной розетки достаточно сильно зависит от конструкции ее корпуса и принципа заделки отдельных проводников в IDC-контакты модуля. В каждом конкретном случае он производится в соответствии с инструкциями и требованиями фирмы. Поэтому остановимся здесь только на технологии установки с помощью однопроводного ударного инструмента, которая наиболее широко распространена на практике и выполняется следующим образом:

1. Протянуть кабели через проем для розеточного модуля в рамке крепежного механизма.
2. Закрепить рамку крепежного механизма.
3. Отрезать излишек кабеля и снять с него внешнюю оболочку на длину около 4 см. Проконтролировать состояние изоляции отдельных проводников. В случае ее повреждения следует выполнить разделку снова, используя запас кабеля и предварительно отрезав проводники до поврежденного места.
4. Если конструкция розеточного модуля предусматривает фиксацию кабеля, следует закрепить его пластиковым хомутом или иным предназначенным для этого элементом так, чтобы конец оболочки находился как можно ближе к IDC-контактам розеточного модуля. Если элементы крепления кабеля отсутствуют, то в процессе подключения его следует удерживать в соответствующем положении. Для сохранения структуры кабельного сердечника оболочка должна удаляться на такую длину, чтобы ее край находился прямо у обреза корпуса розеточного модуля. Нарушение этого правила допускается только в случаях разделки в коробах небольшого размера, когда оболочка мешает согнуть кабель для подвода его к IDC-контактам.
5. Установить проводники кабеля в назы контактов IDC, соблюдая соответствие между цветовой кодировкой проводников кабеля и контактов. При этом следует стремиться к тому, чтобы скрутка проводников пары сохранялась до контактов. С этой целью можно, не раскручивая проводников пары, расширить зазор между ними в одном из витков и разделенные таким образом проводники установить в назы.
6. Убедиться в том, что порядок установки проводников в назы не нарушен.
7. Используя ударный инструмент на один проводник, забить проводники между ножами контактов IDC. Инструмент одновременно обрезает излишки проводников,



Рис. 11.4. Схема технологического процесса подключения электрических кабелей к розеткам и панелям

выступающие за контакты. Поэтому при выполнении данной операции необходимо следить за ориентацией режущего лезвия.

8. В случае многопортовых розеток выполнить описанные выше процедуры подключения для всех кабелей.
9. Установить розеточный модуль в проем рамки крепежного механизма и провести маркировку розеточных модулей информационных розеток.

При необходимости рассматриваемый процесс может быть без каких-либо проблем адаптирован на другие конструкции.

### **11.6.2. Подключение волоконно-оптических кабелей к розеткам**

Подключение волоконно-оптических кабелей к розеткам выполняется следующим образом:

1. Протянуть кабель через отверстие крепежной коробки или корпуса розетки.
2. Установить крепежную коробку или розетку на свое рабочее место.
3. Зафиксировать кабель на входе в корпус штатными крепежными элементами или пластиковой стяжкой. Длина свободного отрезка кабеля должна составлять примерно 1 м.
4. Снять с кабеля внешнюю оболочку вплоть до точки крепления, отрезать упирающие кевларовые нити у самого края оболочки. Иногда их отрезают с запасом в 3–4 см и загибают назад под крепежную стяжку. В этом случае сначала производят операцию 4, а потом 3.
5. Армировать волокна вилками разъемных оптических соединителей.
6. При наличии рефлектометра проконтролировать отсутствие близкого обрыва.
7. Технологический запас длины волокна уложить колышами в корпусе с соблюдением минимального радиуса изгиба. Для этого можно воспользоваться внутренним организатором (при его наличии).
8. Подключить вилки к розеткам разъемных оптических соединителей и закрыть корпус.
9. Проконтролировать исправность световода рефлектометром. Если второй конец кабеля уже разделан в оптической колке или настенной муфте, то с помощью оптического тестера следует измерить общее затухание линии на рабочих длинах волн с соотвлением соответствующего протокола.

## **11.7. Монтаж оборудования в технических помещениях**

### **11.7.1. Организация работ по монтажу оборудования и элементов СКС**

На этом этапе следует разместить в технических помещениях оборудование согласно планам, разработанным на этапе подготовки рабочей документации. Предварительно необходимо подготовить кабельные каналы для прокладки кабелей, подвести питание к монтажным шкафам и стойкам, а также выполнить другие подготовительные операции.

Установка оборудования СКС в монтажном конструктиве выполняется согласно схемам, разработанным в процессе подготовки рабочей документации. Оборудование крепится с помощью квадратных гаек, устанавливаемых в отверстия на монтажных рельсах, и винтов.

Смонтированное оборудование маркируется в соответствии с номерами компонентов на схемах размещения.

## **11.7.2. Подключение симметричных кабелей к компонентам коммутационного оборудования**

По мере подключения кабелей к коммутационному оборудованию следует сличать подготовленные на этапе разработки рабочей документации таблицы подключений и фактическое размещение кабелей. В случае выявления различий необходимо сразу же внести исправления в таблицы подключений. Они являются частью эксплуатационной документации.

### **11.7.2.1. Подключение горизонтальных кабелей к кроссовым блокам типа 110**

Подключение симметричных кабелей к кроссовым блокам 110 выполняется следующим образом:

1. Смонтировать кроссовые блоки 110 на основании<sup>1</sup>.
2. Разделить кабели на группы по 6 штук в соответствии с таблицей подключений из рабочей документации.
3. Уложить сформированные группы кабелей и прикрепить их к основанию пластиковыми стяжками. Кабели подводятся к кроссовым блокам с обратной стороны: со стороны основания при применении кроссовых башен или из-за монтажной скобы при установке кроссовых блоков в 19-дюймовых монтажных шкафах. Следует сначала укладывать группы кабелей, которые будут разделаны на блоках, наиболее удаленных от точки ввода.
4. На кроссовых блоках между контактными полосами имеется несколько отверстий. Через одно такое отверстие может быть свободно проедет группа из шести кабелей, причем три кабеля из нее разделяются на контактах нижней контактной полосы, тогда как оставшиеся три – на контактах верхней. Начиная с кроссового блока, наиболее удаленного от точки ввода, подвести кабели к соответствующим отверстиям. Перенести маркировку кабелей так, чтобы она находилась до отверстия. Аккуратно с помощью обрезного инструмента снять с кабелей внешнюю оболочку таким образом, чтобы ее обрез находился на уровне края отверстия.
5. Разделка кабелей начинается с верхней контактной полосы и наиболее удаленных от входного отверстия пазов.
6. Для каждого кабеля пары устанавливаются в пазы слева направо в следующем порядке: синяя, оранжевая, зеленая, коричневая, при этом белый проводник укладывается в левый из пар kontaktных пазов. Одним из необходимых условий получения характеристики категории 5 является сохранение фабричной скрутки проводников пары по возможности вплоть до пазов. Для этого можно, не раскручивая проводники пары, расширить зазор между ними в одном из витков и установить проводники в пазы.
7. Визуально проконтролировать правильность установки проводников в пазы.
8. После заполнения всех пазов линейки проводниками вдавить их до рабочего положения, используя ударный инструмент на пять пар с головкой, ножи которой установлены в положение для обрезки. Инструмент одновременно обрезает излишки проводников, выступающие за пазы, и при выполнении этой операции необходимо следить за направлением режущих лезвий. Для более четкой обрезки проводников рекомендуется отклонять ударный инструмент от вертикали на 10–15°.

<sup>1</sup> На изображении показано изолированное оборудование для блоков с кабельной панелью схемы земляных и оптических кабелей, которые изолированы от металлической панели пакетом изолирующих материалов.

9. Установить на контактные полосы соединительные блоки, следя за тем, чтобы их цветовая маркировка совпадала с цветовой маркировкой пар, разделанных на пазах. На каждую контактную полосу монтируется шесть соединительных блоков: слева пять 4-парных и последний крайний справа – 5-парный. Установка производится с использованием ударного инструмента на пять пар. Предварительно следует перевернуть рабочую головку инструмента в положение для установки соединительных блоков (ножами внутрь).
10. Вставить маркировочные полосы с идентификационными номерами кабелей в держатели и установить держатели в кроссовые блоки.
11. Выполнить другие операции, предусмотренные фирменными инструкциями для данного конкретного типа коммутационного оборудования.

### **11.7.2.2. Подключение многопарных кабелей к кроссовым блокам типа 110**

Многопарные кабели подключаются к кроссовым блокам 110 во многом так же, как и 4-парные кабели, с отличием лишь в некоторых деталях, что обусловлено различиями в их конструкции. Процесс подключения выполняется следующим образом:

1. Смонтировать кроссовые блоки 110 на основании.
2. Уложить кабели и прикрепить их к основанию с помощью пластиковых стяжек. Кабели подводятся к кроссовым блокам с обратной стороны: со стороны основания при применении кроссовых башен; за монтажной скобой при установке кроссовых блоков в 19-дюймовых монтажных шкафах. Сначала укладываются кабели, которые будут разделаны на блоках, наиболее удаленных от точки ввода.
3. Процедура подключения начинается с кроссового блока, который находится на самом большом расстоянии от точки ввода.
4. Аккуратно, стараясь не повредить изоляцию проводников, специальным обрезным инструментом снять внешнюю оболочку с кабеля на высоте кроссового блока, на котором производится подключение. Перенести маркировку кабелей на оставшуюся часть внешней оболочки. Отделить друг от друга 25-парные кабельные связки и скрепить линкой лентой пары каждой связки около конца внешней оболочки. Оставить около трех сантиметров идентификационной ленты, обрезав остальное.
5. Протянуть связки пар кабеля через проходные выемки (при виде спереди на кроссовый блок):
 

первая связка (синяя и белая маркировочные ленты)	верхняя левая выемка
вторая связка (оранжевая и белая ленты)	верхняя правая выемка
третья связка (зеленая и белая ленты)	нижняя левая выемка
первая связка (коричневая и белая ленты)	нижняя правая выемка
6. Выполнять подключение пар связок следует начиная с верхней контактной полосы. Связку пар из левой выемки необходимо подключать к верхней контактной полосе; из правой – к нижней контактной полосе.
7. Для каждой связки следует начинать подключение с пары, наиболее удаленной от точки ввода. Пары устанавливаются в пазы слева направо, по порядковым номерам пар. Следовательно, на верхней контактной полосе подключение начинается с 25-й пары (фиолетовая/серая), а на нижней контактной полосе с 1-й пары (белая/синяя). В каждой паре на левый паз устанавливается проводник цвета группы, на правый – проводник цвета пары в группе (см. раздел 3.1.3). Для более четкой обрезки проводников рекомендуется отклонять ударный инструмент от вертикали на 10–15°.

8. При установке в пазы проводников пар следует стремиться к сохранению их фабричной скрутки непосредственно до пазов. С этой целью можно, не раскручивая проводники пары, расширить между ними зазор в одном из витков и разделенные таким образом проводники установить в пазы.
9. Убедиться в правильности установки проводников в пазы.
10. Используя ударный инструмент на пять пар, вдавить проводники в пазы контактной полосы. Инструмент одновременно обрезает излишки проводников, выступающие за пазы, и при выполнении этой операции необходимо следить за направлением режущих лезвий.
11. На каждую контактную полосу установить соединительные блоки, следя за тем, чтобы голубая маркировка на торце блока находилась с левой стороны, а также в соответствии с выбранной модульностью каналов передачи информации, причем последняя пара обязательно должна быть закрыта. Наиболее распространенными на практике вариантами являются пять 4-парных блоков и один 5-парный или семь 3-парных и один 4-парный. Используется ударный инструмент на пять пар.
12. Вставить маркировочные полосы с идентификационными номерами кабелей в держатели, а их установить в кроссовые блоки.

### **11.7.2.3. Подключение горизонтальных кабелей к коммутационным панелям**

Подключение 4-парных горизонтальных кабелей к коммутационным панелям выполняется следующим образом:

1. Установить коммутационные панели в 19-дюймовый монтажный шкаф или настенную монтажную раму.
2. Уложить кабели в соответствии с таблицей подключений из рабочей документации. Кабели подводятся к коммутационным панелям с обратной стороны: по задним монтажным рельсам при установке в монтажный шкаф или внутрь корпуса монтажной рамы. Следует сначала укладывать груши кабелей, которые подключаются к коммутационным панелям, наиболее удаленным от точки ввода кабелей. Зафиксировать кабели в рабочем положении с помощью пластиковых хомутов.
3. Начиная с панели, наиболее удаленной от точки ввода, подвести кабели к ближнему концу коммутационной панели. Прикрепить кабели с помощью пластиковых хомутов к переднему монтажному рельсу.
4. Начиная с ближайшего к точке крепления кабелей разъема панели подвести к IDC-контактам этого разъема соответствующий кабель. Аккуратно, стараясь не повредить изоляции проводников, снять с помощью обрезного инструмента внешнюю оболочку кабеля так, чтобы она заканчивалась около ближайшего к точке крепления контакта IDC. Начиная с пары, наиболее удаленной от точки крепления кабелей, установить проводники пар в пазы контактов IDC в соответствии с цветовой маркировкой пазов. Если такая маркировка отсутствует, то следует устанавливать пары в пазы слева направо в следующем порядке: синяя, оранжевая, зеленая, коричневая. В каждой паре на левый паз устанавливается белый проводник, на правый – проводник цвета пары. Следует стремиться к тому, чтобы скрутка проводников пары сохранялась до пазов. С этой целью можно, не раскручивая проводников пары, расширить между ними зазор в одном из витков и разделенные таким образом проводники установить в пазы.

5. Выполнить предыдущую операцию для всех кабелей, подключаемых к коммутационной панели. В процессе подключения необходимо фиксировать кабели в организаторе или аналогичных ему элементах, если таковые предусмотрены конструкцией панели.
6. Убедиться в том, что порядок установки проводников в пазы не нарушен.
7. Используя ударный инструмент на один проводник, вдавить проводники между ножами контактов IDC, обеспечив электрический контакт проводников кабеля и контактов разъема. Инструмент одновременно обрезает излишки, выступающие за контакты. При выполнении этой операции необходимо следить за направлением режущего лезвия инструмента, чтобы не перерезать проводники со стороны контакта, направленной к кабелю.
8. Установить на лицевую сторону панели средства маркировки с идентификационными номерами информационных розеток и/или их портов.

#### **11.7.2.4. Подключение многопарных кабелей к коммутационным панелям**

Подключение многопарных симметричных кабелей к коммутационным панелям выполняется в следующем порядке:

1. Установить коммутационные панели в 19-дюймовый монтажный шкаф или настенную монтажную раму.
2. Уложить кабели в соответствии с таблицей подключений в рабочей документации. Кабели подводятся к коммутационным панелям по задним монтажным рельсам при установке в 19-дюймовый монтажный шкаф или внутри 19-дюймовой настенной монтажной рамы. Следует сначала укладывать грунты кабелей, которые будут подключены к коммутационным панелям, наиболее удаленным от точки ввода. Прикрепить кабели к монтажным рельсам, настенной скобе или организатору (при его наличии) пластиковыми хомутами.
3. Начиная с панели, которая расположена на самом большом расстоянии от точки ввода, подвести кабели от точки крепления к ближайшему концу коммутационной панели. Прикрепить кабели с помощью пластиковых хомутов к переднему монтажному рельсу.
4. Аккуратно, стараясь не повредить изоляции проводников, с помощью обрезного инструмента снять внешнюю оболочку до точки крепления кабеля на переднем монтажном рельсе. Перенести маркировку кабелей на оставшуюся часть внешней оболочки кабеля. Отделить друг от друга 25-парные кабельные связки и скрепить линкой лентой пары каждой связки около конца внешней оболочки. Оставить около трех сантиметров идентификационной ленты, обрезав остальное.
5. Начиная с ближайшего к точке крепления кабелей разъема панели, подвести к IDC-контактам соответствующую связку пар.
6. Каждая 25-парная связка подключается к шести 4-парным разъемам коммутационной панели с контактами IDC, соответствующим шести модульным 8-контактным разъемам на лицевой стороне панели. Подключение следует начинать с первой пары. Последняя, 25 пара, не подключается из-за отсутствия контакта и просто отрезается вилотную к оболочке<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Важно! Применять на КЭС в санках Форинкус, выпускаемых региональным судостроительным предприятием, кабели не должны

7. Для каждой пары установить проводники пар в пазы контактов IDC: на левый паз – белый проводник пары, на правый – проводник цвета пары. Следует стремиться к тому, чтобы фабричная скрутка проводников пары сохранялась до пазов. С этой целью можно, не раскручивая проводников пары, расширить между ними зазор в одном из витков и таким образом разделенные проводники установить в пазы.
8. Выполнить предыдущую операцию для всех кабелей, подключаемых к этой коммутационной панели.
9. Убедиться в том, что порядок установки проводников в пазы не нарушен.
10. Используя ударный инструмент на один проводник, вдавить проводники между ножами контактов IDC, обеспечив электрический контакт проводников кабеля и ножей. Инструмент одновременно обрезает излишки, выступающие за контакты, и при выполнении этой операции необходимо следить за направлением режущего лезвия, чтобы не перерезать проводники со стороны контакта, направленной к кабелю.
11. Установить на лицевую сторону панели средства маркировки с идентификационными номерами информационных розеток портов сетевого оборудования и других аналогичных разъемов.

## **11.8. Коммутация каналов передачи информации и подключение сетевого оборудования**

### **11.8.1. Коммутация каналов передачи информации на коммутационном оборудовании**

Процесс коммутации осуществляется в соответствии с таблицами подключений из рабочей документации. Подключение выполняется коммутационными шнурами, входящими в комплект поставки оборудования, длина шнура выбирается в зависимости от расстояния между соединяемыми розетками. После подключения избыток длины укладывается в горизонтальные и вертикальные организаторы.

Кроссовые шнуры могут быть промаркованы уникальными идентификационными номерами на обоих концах для облегчения их поиска и идентификации в дальнейшем. Для целей идентификации могут быть использованы также коммутационные шнуры из кабеля различных цветов, цветные манжеты, одеваемые на хвостовик вилки модульного разъема, иконки и маркеры различных цветов и конструкций (см. также раздел 13.1.5).

По мере установки коммутационных шнуров следует заполнять кабельный журнал, который является частью эксплуатационной документации структурированной кабельной системы. Табл. 11.4 содержит пример листа кабельного журнала.

### **11.8.2. Подключение сетевого оборудования на рабочем месте**

На этом этапе следует выбрать из поставленных компонентов СКС шнуры длиной, подходящей для каждого конкретного рабочего места, и осуществить подключение сетевого оборудования к соответствующему модулю информационной розетки. Подключение выполняется в соответствии с таблицами подключений из комплекта рабочей документации.

В случае необходимости дополнительно подключаются или монтируются переходники или адаптеры, используемые для обеспечения функционирования некоторых видов сетевых приборов.

Таблица 11.4. Пример листа кабельного журнала

Заказчик: _____								
Объект: _____								
Здание: _____								
Кроссовая: _____								
№	Операция						Коммутационный шнур	
п/п	Дата	Время	Снят/установлен	Выполнил	Подпись	Идентификатор	Тип	Назначение
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Разъем 1				Разъем 2				
Номер блока	Номер полосы		Номер разъема	Номер блока	Номер полосы	Номер разъема		
10	11		12	13	14	15		

## 11.9. Выводы

Монтаж СКС является ответственной процедурой, во многом определяющей уровень технических параметров кабельной системы и продолжительность их соответствия нормам. Монтаж может осуществляться как одной комплексной бригадой обученных монтажников, так и специализированными бригадами, причем последний вариант предпочтителен при реализации крупных проектов.

Необходимым условием своевременного и высококачественного выполнения монтажных работ является оснащение бригады специализированным инструментом и наличие комплекта рабочей документации. Желательно, чтобы бригада была разбита на монтажные звенья, так как основная масса технологических операций выполняется парой монтажников.

В перечень основных видов работ, выполняемых в процессе монтажа СКС, включается входной контроль отдельных компонентов, прокладка кабелей магистральных и горизонтальной подсистем, монтаж декоративных коробов и 19-дюймового конструктива, подключение кабелей к розеткам и информационным панелям. Порядок выполнения тех или иных видов работ в значительной степени определяется условиями строительной готовности здания.

Заключительными этапами монтажа СКС являются тестирование, подключение сетевой аппаратуры, коммутация каналов передачи информации и заполнение кабельного журнала.

# ГЛАВА XII

## ТЕСТИРОВАНИЕ ЛИНИЙ И ТРАКТОВ СКС

### 12.1. Общие вопросы тестирования СКС

#### 12.1.1. Назначение и виды измерений

Комплекс измерений параметров отдельных электрических и оптических компонентов структурированной кабельной системы, а также смонтированных на их основе линий предназначен для определения состояния СКС, предупреждения повреждений и накопления статистических данных, используемых при разработке мероприятий по повышению надежности связи. Измерения производятся в следующих случаях:

- в процессе выполнения входного контроля отдельных компонентов перед началом работ по их монтажу;
- при наладке СКС;
- при определении соответствия СКС требованиям стандартов;
- при проведении приемо-сдаточных испытаний СКС;
- во время эксплуатации кабельной системы при профилактических, аварийных и контрольных проверках.

Целью измерений, осуществляемых в процессе *входного контроля*, является проверка качества изготовления и соответствия параметров отдельных компонентов требованиям норм и стандартов. *Приемо-сдаточные измерения* проводятся приемными комиссиями для проверки качества выполнения работ и соответствия параметров линий и трактов стандартам и другим нормативным документам. *Эксплуатационные измерения* выполняются техническим персоналом при текущей эксплуатации СКС. Их принято делить на *профилактические, аварийные и контрольные* (рис. 12.1).

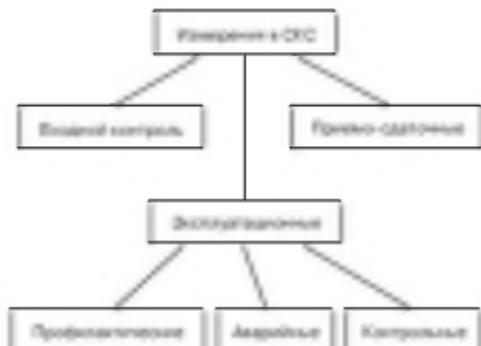


Рис. 12.1  
Виды измерений в СКС

Профилактические измерения выполняются с целью выявления и устранения возникающих в процессе эксплуатации отклонений параметров от установленных норм. Программа и методики этих измерений в основном схожи с программами и методиками приемо-сдаточных испытаний. Правила проведения профилактических измерений регламентируются соответствующими стандартами и руководствами. Периодичность измерений данного вида зависит от условий эксплуатации, состояния контролируемых объектов и требований по поддержанию эксплуатационной готовности.

При аварийных измерениях определяются характер и место повреждений кабельных линий. Основной целью этих измерений является выявление характера повреждений и нахождения его места. Главное, что требуется при аварийных измерениях, – с высокой скоростью установить характер повреждения и точно указать его место.

Контрольные измерения осуществляются после окончания ремонтных и аварийных работ. Их цель – оценка качества выполнения ремонтно-восстановительных работ. Обычно они включают в себя весь комплекс проверок параметров линий и проводятся по правилам и методикам, принятым для приемо-сдаточных измерений.

Для выполнения измерений в СКС применяются в основном те же методы и реализующие их приборы, что и для контроля электрических и оптических линий сетей связи общего пользования и их компонентов. Однако специфика построения отдельных подсистем СКС заставляет вносить серьезные изменения как в эталонные модели, так и в конструкцию измерительного оборудования, служащего при тестировании. Последнее положение в наибольшей степени относится к измерительным приборам, посредством которых проверяются электрические тракты СКС.

Самые существенные аспекты тестирования электрической и оптической подсистем СКС рассматриваются ниже – соответственно в разделах 12.2 и 12.3.

### **12.1.2. Документирование результатов измерений**

Основной формой отчетности о проведенных измерениях различных видов являются *протокол* и *паспорт кабельных трасс*, которые передаются заказчику.

В протоколе фиксируется информация о дате, времени и месте проведения измерений, объекте испытаний с указанием его уникального идентификатора, об использованной методике измерения и измерительных приборах (в том числе об их модели, серийном номере и версии программного обеспечения), а также собственно результаты тестирования. Этот документ подписывается проводившими измерения специалистами, должности которых обязательно отмечаются, и утверждается заказчиком и исполнителем.

В паспорте трассы приводится:

- номер или условное обозначение трассы;
- начальный и конечный пункты трассы;
- длина трассы (измеряется с помощью рефлектометра в оптической подсистеме и кабельного сканера в электрической);
- измеренные параметры кабельных линий.

В паспорте кабельной трассы на основе электрических симметричных кабелей непременно предоставляются сведения о затухании и величине NEXT, а также другие параметры по согласованию с заказчиком. К паспорту линий электрической связи могут быть приложены распечатки файлов результатов тестирования, полученных с помощью кабельного сканера.

В паспорте линий оптической связи дополнительно указывается:

- общее затухание сигнала на рабочих длинах волн 850, 1300 и, возможно, 1550 нм (измеряется с помощью оптического тестера или автоматического измерителя);

- наличие неоднородностей, их местонахождение и вносимое ими затухание сигнала (определяется посредством рефлектометра).

К паспорту линий оптической связи могут прикладываться рефлектограммы отдельных волокон, а также распечатки файлов результатов тестирования, полученных с помощью автоматического измерителя (см. далее раздел 12.3.2).

В случае настройки подсистемы внешних магистралей представляется схема прокладки кабеля в канализации и коллекторах и привязки промежуточных муфт к колодцам (при прокладке кабеля по трубам телефонной канализации предприятия или городской телефонной сети).

## **12.2. Тестирование электрической подсистемы СКС**

Основным нормативным документом, в наиболее полной степени отражающим различные аспекты тестирования электрической подсистемы, до начала 2000 года являлся технический бюллетень TSB-67 (Telecommunications Systems Bulletin). В этом документе, изданном ассоциацией TIA/EIA в октябре 1995 года, сформулированы требования к точности измерительных приборов, предназначенных для определения основных параметров горизонтальных подсистем СКС на основе 4-парного кабеля, электрические характеристики которого соответствуют условиям стандарта TIA/EIA-568-А. Некоторая информация по тестированию содержится также в стандарте ISO/IEC 11801.

Отметим, что действие всех положений упомянутых выше публикаций распространяется как на неэкранированные, так и на экранированные кабели. Однако влияние экрана на качество связи и правила его заземления являются предметом дальнейшего изучения, и связанные с этим вопросы не рассматриваются в данных документах.

### **12.2.1. Объекты тестирования**

В общем случае применительно к СКС объекты тестирования можно разделить на две основные группы: компоненты СКС и смонтированные линии связи на основе витых пар.

К тестируемым электрическим компонентам СКС относятся кабели и разъемы. Требования стандартов к их электрическим характеристикам рассмотрены в разделах 3.1.2.5 и 3.2 соответственно. Необходимость тестирования электрических кабелей в качестве отдельного компонента возникает при входном контроле перед началом прокладки, причем этот процесс может быть выполнен непосредственно на объекте монтажа переносными приборами. Тестирование разъемов возможно только в лабораторных условиях и производится с помощью специальной стационарной измерительной техники.

Основной практический интерес для тестирования смонтированной СКС имеют линии связи на основе витых пар. Они определены в стандарте ISO/IEC 11801 и в бюллетене TSB-67.

Линия связи как объект тестирования может иметь две разновидности, которые называются в дальнейшем линия (Link) и канал (Channel)<sup>1</sup>. Канал определяет полный путь передачи сигнала приложения от разъема до разъема сетевого оборудования и для случая горизонтальной подсистемы может иметь максимальную длину 100 м. Вторая разновидность объекта тестирования в стандарте ISO/IEC 11801 в редакции 2000 года называется постоянной линией (Permanent Link), а в стандарте TIA/EIA-568-А – базовой линией (Basic

<sup>1</sup> Термин «канал» в ряде источников выступает в дополнительном значении по СБС: «каналы для обмена информацией между функциональными блоками».

Link). Базовая линия TIA/EIA-568-А представляет собой канал без оконечных шнуров, предназначенных для подключения сетевого оборудования. Постоянная линия ISO/IEC 11801 определена как линия между двумя интерфейсами СКС в пределах одной подсистемы. Таким образом, в составе постоянной линии принципиально отсутствует шнур любого вида и/или элемент его заменяющий. Считается, что в процессе проведения измерений параметров линии оконечные шнуры заменяются шнурами тестирующего оборудования. Отметим также, что термин «постоянная линия» (permanent link) [141] достаточно широко использовался в технической литературе задолго до его введения в стандарт ISO/IEC 11801.

### 12.2.1.1. Линии ISO/IEC 11801

На рис. 12.2 показана схема канала и постоянной линии по стандарту ISO/IEC 11801 в редакции 2000 года. Максимальная длина канала горизонтальной подсистемы может достигать 100 м. Длина канала, выходящего за пределы горизонтальной подсистемы, как это следует из рис. 12.2, достаточно сильно зависит от его конфигурации и с учетом данных рис. 1.4 и табл. 1.11 может превышать 2000–3000 м.



Рис. 12.2. Схема канала и постоянной линии по стандарту ISO/IEC 11801 в редакции 2000 года

Максимальная длина постоянной линии горизонтальной подсистемы составляет 90 м. В состав постоянной линии входит горизонтальный кабель и два разъема: один – в техническом помещении и второй – на рабочем месте.

Линии могут тестироваться в следующих основных случаях:

- *проверка наличия связи* (Acceptance testing). Это простейший тест, который выполняется для линий, спроектированных в соответствии с требованиями стандарта и смонтированных из компонентов, также отвечающих этим требованиям;
- *проблемы со связью* (Troubleshooting). Данный тест проводится в случае потери или сбоев связи;
- *тест линии на соответствие требованиям ISO/IEC 11801* (Compliance testing). Цель теста – проверка соответствия электрических характеристик линии требованиям классов С или D.

В табл. 12.1 представлен список тестов для всех трех перечисленных случаев.

Требования к электрическим характеристикам линий классов С и D стандартом ISO/IEC 11801 выработаны исходя из наиболее жестких условий на полную совокупность электрических характеристик среды передачи сигнала максимальной длины тех приложений, которые они должны поддерживать. Для линий класса С это 10 Мбит/с Ethernet (10Base-T), а для линий класса D это спецификация сети FDDI по витым парам – TP-PMD.

Таблица 12.1. Перечень testируемых параметров кабельных линий по ISO/IEC 11801 в редакции 2000 года

Название теста	Проверка наличия связи	Проблемы со связью	Тест линии на соответствие требованиям ISO/IEC 11801
Затухание	+	+	
NEXT	+	+	
Волновое сопротивление		+	
Время прохождения сигнала (delay)		+	
Сопротивление постоянному току		+	
Сопротивление экрана постоянному току		+	
Импульсный отклик	+		
Целостность проводников, экрана, короткие замыкания и обрывы	+	■	
Возвратные потери	+	+	

Максимальное затухание согласно ISO/IEC 11801 в редакции 2000 года определяется для постоянной линии и канала и задается для линий всех четырех классов от А до D (табл. 12.2).

Таблица 12.2. Максимальное затухание для постоянной линии/канала линий различных классов по ISO/IEC 11801

Частота, МГц	Класс А	Класс В	Класс С	Класс D
0,1	16,0/16,0	5,5/5,5	—	—
1,0	—	5,8/5,8	3,1/4,2	2,1/2,5
4,0	—	—	5,8/7,3	4,1/4,5
10,0	—	—	9,6/11,5	6,1/7,0
16,0	—	—	12,6/4,9	7,8/9,2
20,0	—	—	—	8,7/10,3
31,25	—	—	—	11,0/12,8
62,5	—	—	—	16,0/18,5
100	—	—	—	20,6/24,0

Аналогичным образом для линий всех классов указывается величина переходного затухания на ближнем конце (табл. 12.3). Суммарное переходное затухание на ближнем конце нормируется только для линий класса D (табл. 12.4). Это же положение справедливо в отношении обычной и суммарной защищенности на ближнем и дальнем концах.

Величины возвратных потерь задаются для канала и базовой линии приложений различных классов (табл. 12.5), а экспериментальное нахождение их величины рекомендуется производить по методу международного стандарта ISO/IEC 61935-1 с обоих концов testируемой кабельной линии.

Волновое сопротивление линии должно лежать в пределах  $100 \pm 15$  Ом в частотном диапазоне от 1 до 16 МГц для класса С или до 100 МГц для класса D. Сопротивление пары постоянному току измеряется при короткозамкнутых проводниках на дальнем конце. Этот параметр важен для сетей Token Ring и определяется для приложений всех четырех классов в соответствии с табл. 12.6.

Таблица 12.3. Минимальное переходное затухание для постоянной линии/канала линий различных классов по ISO/IEC 11801

Частота, МГц	Класс А	Класс В	Класс С	Класс D
0,1	27,0/27,0	40,0/40,0	—	—
1,0	—	25,0/25,0	40,1/39,1	61,2/60,3
4,0	—	—	30,7/29,3	51,8/50,6
10,0	—	—	24,3/22,7	45,5/44,0
16,0	—	—	21,0/19,3	42,3/40,6
20,0	—	—	—	40,7/39,0
31,25	—	—	—	37,6/35,7
62,5	—	—	—	32,7/30,6
100	—	—	—	29,3/27,1

Таблица 12.4. Минимальное суммарное переходное затухание, обычная и суммарная защищенность на ближнем и дальнем концах для постоянной линии/канала линий класса D по ISO/IEC 11801 в редакции 2000 года

Частота, МГц	PS-NEXT	EL-FEXT	PS-ELFEXT	ACR	PS-ACR
1,0	58,2/57,3	59,6/57,0	57,0/54,4	59,1/57,8	56,1/54,8
4,0	48,8/47,6	47,6/45,0	45,0/42,4	47,7/46,1	44,7/43,1
10,0	42,5/41,0	39,6/37,0	37,0/34,4	39,4/37,0	36,4/34,0
16,0	39,3/37,6	35,5/32,9	32,9/30,3	34,5/31,4	31,5/28,4
20,0	37,7/36,0	33,6/31,0	31,0/28,4	32,0/28,7	29,0/25,7
31,25	34,6/32,7	29,7/27,1	27,1/24,5	26,6/22,9	23,6/19,9
62,5	29,7/27,6	23,7/21,1	21,1/18,5	16,7/12,1	13,7/9,1
100	26,3/24,1	19,6/17,0	17,0/14,4	8,7/3,1	5,7/0,1

Таблица 12.5. Значения параметра  $RL$  для постоянной линии и канала приложений различных классов

Частота f, МГц	Минимальные возвратные потери, дБ	
	Класс С	Класс D
1–16	15	17
16–20	—	17
20–100	—	$17 - K \times \lg(f / 20)^*$

\* К = 7 для постоянной линии и 10 для канала.

Величина задержки сигнала нормируется также для базовой линии и канала различных приложений разных классов в соответствии с табл. 12.7.

Дополнительно стандарт рекомендует контролировать и величины затухания несимметрии на частотах до 10 МГц (см. табл. 2.6), а также сопротивления связи экрана. Последний параметр проверяется, естественно, только для экранированной проводки.

Таблица 12.6. Максимальное сопротивление кабельной линии постоянному току по шлейфу для приложений различных классов

Класс приложения	Класс А	Класс В	Класс С	Класс D
Сопротивление, Ом	560	170	40	40

Таблица 12.7. Максимальная величина задержки прохождения сигналов (параметр *delay*) постоянных линий и каналов различных классов

Частота <i>f</i> , МГц	Класс	Задержка, нс*
1–16	С	$K + 36 / \sqrt{f}$
1–100	Д	$K + 36 / \sqrt{f}$

\* *K* = 486 нс для постоянной линии и 544 для канала.

### 12.2.1.2. Канал и базовая линия по TSB-67

TSB-67 также нормирует две модели линий связи на основе витых пар: канал (Channel) и базовую линию (Basic Link). Их схемы изображены на рис. 12.3 и 12.4 соответственно.

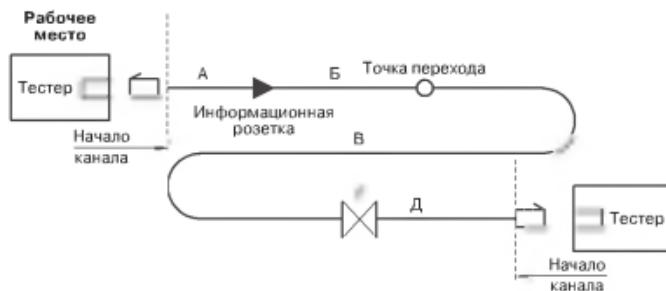


Рис. 12.3. Модель канала по TSB-67: А, Д – окончательные шнуры, Б, В – горизонтальные кабели, Г – коммутационный шнур или перемычка. Max Б + В = 90 м, Max А + Г + Д = 10 м

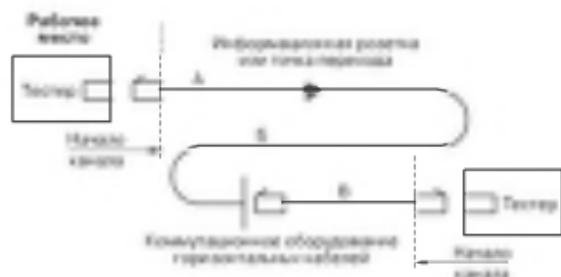


Рис. 12.4  
Модель базовой линии по TSB-67:  
А, В – окончательные шнуры  
измерительного оборудования  
(максимальная длина 2 м);  
Б – горизонтальный кабель

В состав канала входит горизонтальный кабель длиной не более 90 м, два оконечных шнура (на рабочем месте и в кроссовой для подключения сетевого оборудования), розетка на рабочем месте, оборудование точки перехода (transition point) вблизи рабочего места (если она предусмотрена) и коммутационный шнур в кроссовой. Суммарная длина двух оконечных и одного коммутационного шнуров не должна превышать 10 м. Изображенные на рис. 12.3 оконечные 8-контактные вилки модульных разъемов оконечных шнуров, предназначенные для подключения сетевого оборудования, в состав канала не включаются. Таким образом, канал содержит максимум четыре соединителя (разъемных и/или неразъемных):

- разъем информационной розетки на рабочем месте;
- соединитель точки перехода, связывающий два сегмента горизонтального кабеля;
- первый разъем на коммутационном оборудовании в кроссовой, который подключает кабель горизонтальной подсистемы к коммутационному шнуру;
- второй разъем на коммутационном оборудовании в кроссовой, присоединяющий коммутационный шнур к оконечному.

Все измерения на канале должны быть выполнены таким образом, чтобы исключить влияние на результаты тех вилок модульных разъемов оконечных шнуров, которые подсоединяются к тестирующему оборудованию.

Базовая линия (рис. 12.4) состоит из горизонтального кабеля максимальной длиной 90 м и двух соединительных шнуров длиной до 2 м каждый для подключения измерительного оборудования. Их оконечные разъемы аналогично предыдущему случаю не входят в базовую линию. Таким образом, максимальная длина базовой линии равна 94 м, и в ней имеется только два разъема:

- разъем информационной розетки на рабочем месте для подключения соединительно-го шнура к кабелю горизонтальной подсистемы;
- разъем на коммутационном оборудовании в кроссовой, через который кабель горизонтальной подсистемы подключается к соединительному шнуру.

Несложно убедиться в том, что модель базовой линии позволяет оценить характеристики лишь кабеля горизонтальной подсистемы, уложенного на трассе прокладки и подсоединеного к оконечным разъемам коммутационного оборудования в кроссовых, и информационной розетки на рабочем месте. Что касается значений затухания и NEXT, они у этой модели естественным образом оказываются несколько лучшими, чем у канала.

### **12.2.1.3. Области применения моделей тестируемых линий**

Необходимость введения двух достаточно близких моделей линий связи обусловлена следующими причинами. Электрические характеристики канала являются наиболее важной информацией для пользователя, так как полностью определяют качество линии связи. Вместе с тем, во время проведения приемо-сдаточных испытаний СКС оконечные шнуры могут быть еще не подключены к розеткам на рабочих местах. К моменту окончания монтажа СКС не всегда бывает расставлена мебель в помещениях и случается, что отсутствует сетевое оборудование. Кроме того, оконечные шнуры достаточно часто изготавливаются заказчиком самостоятельно или приобретаются не у компании, осуществляющей монтаж и поставки остальных компонентов СКС.

Выход о соответствии характеристик канала требованиям определенной категории, сделанный на основании результатов его тестирования, правомерен только для тех оконечных и коммутационных шнуров и лишь для тех разъемов коммутационного оборудования в кроссовой, которые использовались при проведении измерений. Между тем процесс эксплуатации СКС предполагает выполнение переключений шнуров, а сами шнуры на рабочих

местах без ведома администратора СКС могут быть заменены пользователями. Замена любого элемента в канале изменяет его электрические характеристики, так что для повторной калибровки обязательно требуется провести новый цикл измерений.

В отличие от этого все элементы базовой линии неизменны в процессе эксплуатации. Поэтому актуальность результатов тестирования базовых линий сохраняется значительно дольше, чем актуальность результатов тестирования канала. Немаловажно также то обстоятельство, что, как будет продемонстрировано ниже, при тестировании базовых линий удается добиться большей точности, чем при проверке канала.

Современные редакции обоих основных стандартов СКС не задают жестких требований по применению рассмотренных выше моделей тестирования в различных встречающихся в процессе создания и эксплуатации СКС случаях. Анализ принципов построения упомянутых моделей и их общих свойств показывает, что моделью базовой и постоянной линии лучше пользоваться на этапе строительства и сдачи готовой СКС. В особо ответственных случаях, а также при наличии специальных требований на этот счет на этапе приемо-сдаточных испытаний может быть выполнена выборочная или сплошная проверка параметров каналов. С моделью канала удобно работать во время текущей эксплуатации СКС при поиске и устранении неисправностей. Данные положения являются общепризнанными в инженерной практике.

## 12.2.2. Измеряемые параметры

Каналы и базовые линии подразделяются на категории 3, 4 и 5 в соответствии с их определениями в стандарте TIA/EIA-568-A. TSB-67 в качестве параметров, необходимых и достаточных для принятия решения о соответствии требованиям определенной категории, определяет:

- затухание;
- переходное затухание NEXT;
- длину;
- правильность разводки проводников пар по контактам модульного разъема (Wire map).

Измерения первых двух параметров выполняются в частотном диапазоне, отвечающем рабочим частотам категорий 3–5.

Кроме основных параметров современные тестеры СКС контролируют также ряд дополнительных характеристик.

### 12.2.2.1. Требования к затуханию электрических трактов передачи

Затухание канала и базовой линии является суммой затуханий, вносимых всеми их составляющими элементами: горизонтальным кабелем, окончными и коммутационными шнурами и разъемами. Максимально допустимое затухание А можно выразить следующим образом:

$$A = \sum A_{\text{разъем}} + A_{\text{кабель}} \text{ на } 100 \text{ м} \times (L_{\text{кабель}} + 1,2 \times \sum L_{\text{шнур}}) / 100 \text{ м} \quad (12.1)$$

где  $\sum A_{\text{разъем}}$  – сумма максимально допустимых затуханий, вносимых всеми разъемами (см. табл. 3.19). В канале может быть до четырех разъемов, в базовой линии всегда два разъема;

$A_{\text{кабель}}$  на 100 м – максимально допустимое затухание горизонтального кабеля на длине 100 м (см. табл. 3.6);

$L_{\text{кабель}}$  – фактическая длина горизонтального кабеля канала или базовой линии;

$\sum L_{\text{шнур}}$  – фактическая сумма длин всех шнуров канала или базовой линии. Кoeffфициент 1,2 учитывает то обстоятельство, что в случае кабеля с витыми проводниками

для оконечных и коммутационных шнурков стандартом TIA/EIA-568-А допускается максимальное затухание на 20% выше, чем в случае горизонтального кабеля с монолитными проводниками.

Отметим, что величина  $L_{канал} + 1,2 \times \Sigma L_{шнурков}$  в некоторых публикациях называется электрической длиной канала.

В табл. 12.8 даны максимальные затухания при температуре 20 °C в канале и в базовой линии соответственно. Значения затухания вычислялись по формуле 12.1 при  $L_{канал} = 90$  м и  $\Sigma L_{шнурков} = 10$  и 4 м для канала и базовой линии соответственно.

Таблица 12.8. Максимальное затухание в канале и базовой линии по TSB-67

Частота, МГц	Затухание, дБ			
	Категория 3 канал	базовая линия	Категория 4 канал	базовая линия
1,00	4,2	3,2	2,6	2,2
4,00	7,3	6,1	4,8	4,3
10,00	11,5	10,0	7,5	6,8
16,00	14,9	13,2	9,9	8,8
20,00	—	—	11,0	9,9
31,25	—	—	—	—
62,50	—	—	—	—
100,00	—	—	—	—
				24,0
				21,6

Если температура окружающей среды во время тестирования отлична от 20 °C, то максимальные затухания из табл. 12.8, должны быть скорректированы согласно следующему выражению:

$$A(t^\circ) = A_{\max 20^\circ} (1 + k (t^\circ - 20^\circ)),$$

где  $t^\circ$  – температура окружающей среды во время тестирования, °C;

$A_{\max 20^\circ}$  – максимальные затухания из табл. 12.8;

$k$  – температурный коэффициент затухания (для кабелей категории 3 равен 0,015, а для кабелей категорий 4 и 5 – 0,004).

Согласно TSB-67 измерения затухания необходимо проводить в диапазоне от 1 до 16, 20 и 100 МГц для категорий 3, 4 и 5 соответственно. Шаг смены частот не должен превышать 1 МГц. Тестируются все четыре пары. Наихудшее из четырех полученных значений сравнивается с нормами, приведенными в табл. 12.8. Из-за неизбежных ошибок измерения (см. далее) значения затухания менее 3 дБ с нормами не сравниваются.

Для увеличения точности и достоверности проводимых испытаний TSB-67 рекомендуется измерять затухания для каждой пары и с двух сторон. При этом результаты тестирования не должны отличаться друг от друга во всем диапазоне частот более, чем на величину допустимой погрешности измерительного прибора.

### 12.2.2.2. Требования к переходному затуханию NEXT электрических трактов передачи

Минимально допустимое значение NEXT для канала и базовой линии рассчитывается по формуле:

$$NEXT = -20 \lg (10^{-NEXT_{канал}/20} + n \times 10^{-NEXT_{базовая линия}/20})$$

(12.2)

где  $NEXT_{\text{канал}}$  – минимальное переходное затухание горизонтального кабеля на длине 100 м (см. табл. 3.7);

$NEXT_{\text{разъем}}$  – минимальное переходное затухание разъема (см. табл. 3.17);

$n$  – количество разъемов на ближнем конце ( $n = 2$  и 1 для канала и базовой линии соответственно)<sup>4</sup>.

Анализ формулы 12.2 показывает два обстоятельства. Во-первых, составители TSB-67 использовали модель суммирования по мощности помеховых составляющих, создаваемых отдельными элементами электрического тракта передачи. Во-вторых, при тестировании канала более мощную переходную помеху следует ожидать со стороны технического помещения, так как для этого случая  $n = 2$ , а при тестировании со стороны информационной розетки модели канала и базовой линии совпадают.

В табл. 12.9 приведены рассчитанные по формуле 12.2 минимальные значения NEXT для канала и базовой линии соответственно.

Таблица 12.9. Минимальные значения NEXT для канала и базовой линии по TSB-67

Частота, МГц	Категория 3, дБ		Категория 4, дБ		Категория 5, дБ	
	Канал	Базовая линия	Канал	Базовая линия	Канал	Базовая линия
1,00	39,1	40,1	53,3	54,7	60,0	60,0
4,00	29,3	30,7	43,3	45,1	50,6	51,8
10,00	22,7	24,3	36,6	38,6	44,0	45,5
16,00	19,3	21,0	33,1	35,3	40,6	42,3
20,00	–	31,4			33,7	39,0
31,25	–	–			35,7	37,6
62,50	–	–			30,6	32,7
100,00	–	–			27,1	29,3

Измерение переходного затухания для канала и базовой линии осуществляется в диапазоне от 1 до 16, 20 и 100 МГц для категорий 3, 4 и 5 соответственно. Шаг смены частот выбирается не выше 0,15 МГц в диапазоне 1–31,25 МГц и 0,25 МГц в диапазоне 31,25–100 МГц. Тестирование производится для всех шести возможных комбинаций пар и с двух сторон.

Наихудшее из измеренных значений сопоставляется с данными из табл. 12.9 и по результатам сравнения принимается решение о соответствии канала и базовой линии нормам.

### 12.2.2.3. Измерение длины

Длина канала и базовой линии представляет собой сумму длин горизонтального кабеля и всех оконечных и коммутационных шнурков. Для оценки длины используется рефлектометрический метод. Суть этого метода состоит в том, что в витую пару излучается короткий электрический импульс и измеряется интервал времени задержки до прихода отраженного сигнала. Тогда длина кабеля может быть оценена по формуле:

$$L_{\text{канал}} = NVP \times C \times T_{\text{зад}} / 2 \quad (12.3)$$

где  $NVP$  – отношение скорости распространения электромагнитных волн в данном конкретном кабеле к скорости света в вакууме (см. раздел 2.1.3.5);

<sup>4</sup> В табл. 3.17 приведены минимальные значения NEXT для каналов с различными количествами информационных пар, но не для разъемов.

$C$  – скорость света в вакууме;

$T_{\text{им}}$  – временной интервал между моментами излучения зондирующего импульса и прихода отраженного сигнала.

Оценка, полученная по формуле 12.3, иногда называется электрической длиной кабеля<sup>1</sup>. По полярности отраженного импульса можно дополнительно определить эффективность согласования витой пары на дальнем конце кабеля. Если сопротивление  $R_n$  нагрузки превышает модуль волнового сопротивления  $Z_n$  кабеля (например, при разомкнутых концах кабеля), то отраженный импульс имеет положительную амплитуду. При  $R_n < |Z_n|$  (скажем, в случае короткого замыкания) этот импульс имеет отрицательную амплитуду, а при согласованной нагрузке на дальнем конце он отсутствует, так что длину кабеля измерить нельзя.

TSB-67 требует измерения  $T_{\text{им}}$  для всех четырех пар. Вычисления по формуле 12.3 производятся для наименьшего из четырех значений  $T_{\text{им}}$ . Динамический диапазон тестера должен быть достаточным для работы с кабелем максимальной длиной не менее 310 м. Это позволяет выполнять входной контроль кабеля при его поставке в самой популярной 305-метровой (1000-футовой) упаковке.

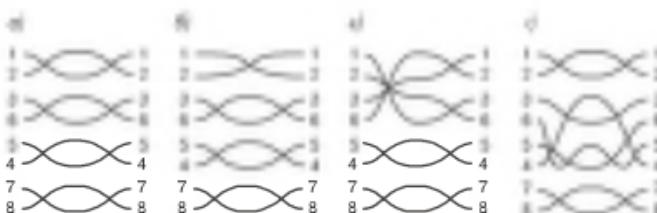
Измеренная электрическая длина сравнивается с максимально допустимой длиной канала (100 м) или базовой линии (94 м).

#### 12.2.2.4. Проверка разводки проводников пар по контактам модульного разъема

В правильно смонтированном канале или базовой линии проводники витых пар должны подключаться к контактам оконечных модульных разъемов с одинаковыми номерами, то есть так же, как в прямых оконечных и коммутационных шнурках (см. раздел 3.4.1). Пример правильного подключения проводников пар согласно схеме T568B показан на рис. 12.5а, там же изображены типовые ошибки (рис. 12.5б, в, г), допускаемые монтажниками при установке модульных разъемов.

Рис. 12.5

Типовые ошибки при установке модульных разъемов на примере схемы разводки T568B



Все ошибки в разводке модульных разъемов могут быть разбиты на следующие основные группы [142]:

- **реверсирование пары (Reversed Pair)** – рис. 12.5б – возникает в тех ситуациях, когда на разных сторонах кабельной линии взаимно меняются номера контактов модульного разъема, к которым подключаются провода пары, что приводит к смене полярности сигнала на приемной стороне;
- **под перестановкой пар (Transposed Pairs)** – рис. 12.5в – понимается подсоединение любой пары к контактам одной из трех других пар на второй стороне кабельной линии.

<sup>1</sup>Данные структуры изображаются инженерами путаница относительно к символической записи: «электрическая длина» означает эффективную длину по волокну пропагадации света или же просто патрульное.

Перестановка пар практически всегда вызывает потерю связи (например, передатчики на разных сторонах могут оказаться подключенными друг на друга) и поэтому легко обнаруживается уже на ранних этапах тестирования или опытной эксплуатации смонтированной СКС;

- *разделение пар (Split Pairs)* – рис. 12.5г – происходит при условии, что к контактам модульных разъемов, предназначенных для подключения одной пары, присоединяются провода, физически относящиеся к разным парам, то есть не перекрывают между собой. Разделение пар сопровождается резким ухудшением электрических характеристик кабеля за счет возрастания затухания и падения переходного затухания;
- кроме того, к числу ошибок, не входящих в перечень ошибок разводки, относятся *разрывы и короткие замыкания* проводников.

Все остальные виды ошибок представляют собой комбинацию перечисленных выше основных.

Современные модели диагностических приборов СКС снабжаются графическим дисплеем, на экран которого при выполнении соответствующего теста в схематическом виде выводится фактическая разводка витых пар между оконечными разъемами тестируемого тракта распространения сигнала. По внешнему виду изображения опытный монтажник легко обнаруживает допущенную при разводке ошибку и определяет ее тип.

### 12.2.2.5. Градации пропускной способности

В настоящее время качество 4-парных кабелей и других компонентов СКС категории 5 многих производителей существенно превосходит формальные требования стандартов ISO/IEC 11801 и TIA/EIA-568-А. При этом затухание кабелей с диаметром проводников 0,5 мм примерно одинаково и составляет 22±1 дБ на длине 100 м и частоте 100 МГц, тогда как значения NEXT при общем соответствии требованиям категории 5 могут различаться более чем на 10–15 дБ. Очевидно, что качество трактов СКС, построенных на этих кабелях, будет существенно разным.

Объективное сравнение технических характеристик кабельных систем, построенных из компонентов различных производителей, можно проводить по величине защищенности на ближнем конце ACR, однако этот параметр оказался понятным только специалистам и не был принят широким кругом пользователей. Требовался другой универсальный и легко воспринимаемый всеми показатель. Некоторые изготовители оборудования для СКС в рекламных целях гарантировали заметное увеличение допустимых длин линий, построенных из своих кабелей, однако подобное увеличение запрещается действующими редакциями стандартов. Кроме того, при измерениях линии максимальной длины и разного качества не вполне ясен сам процесс пересчета достигаемых запасов по помехоустойчивости в предельную длину.

Более удачным оказалось понятие градаций пропускной способности (Performance Grading), предложенное специалистами американской компании Microtest, которая специализируется на выпуске тестирующего оборудования для СКС. Их суть заключается в том, что измеренные величины NEXT последовательно сравниваются с набором пороговых значений, первое из которых соответствует требованиям стандартов для категории 5. Пороговые значения выбираются согласно следующему выражению:

$$\text{NEXT}_{\text{порог}}(N_{\text{порог}} f) = \text{NEXT}_{\min}(f) + N_{\text{порог}} \times [1 + \lg(f)] \quad (12.4)$$

где  $\text{NEXT}_{\text{порог}}$  – пороговое значение NEXT, дБ;

$N_{\text{порог}}$  – номер порога;

$f$  – частота, МГц;

$\text{NEXT}_{\min}$  – минимальное значение NEXT для кабелей категории 5, линий классов D по ISO/IEC 11801, каналов или базовых линий категории 5 по TIA/EIA-568-A.

Из формулы 12.4 следует, что при  $N_{\text{порог}} = 0$  пороговое значение NEXT совпадает с формальными требованиями стандартов для систем категории 5. При  $f = 100$  МГц пороговые значения NEXT будут отстоять друг от друга на 3 дБ или отличаться в два раза по мощности. Графики порогов NEXT показаны на рис. 12.6.

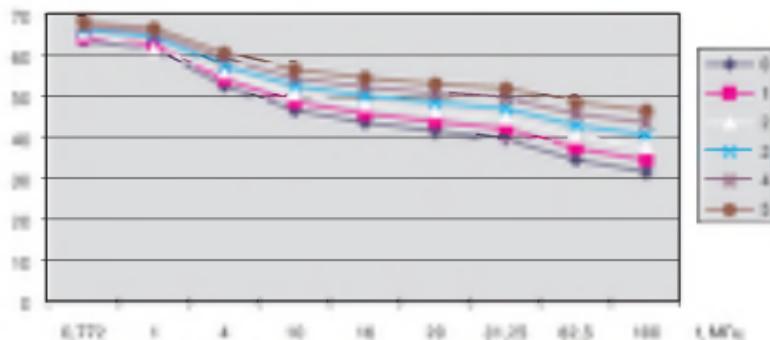


Рис. 12.6. Пороги NEXT

Области между порогами называются полосами качества (Quality Bands). Кабель, измеренные значения NEXT которого не превысили ближайшего верхнего порога с номером  $N_{\text{порог}}$ , относится тестером к полосе качества с номером  $N_{\text{порог}}+1$ . Чем выше полоса качества кабеля, тем лучше его электрические характеристики и обеспечиваемое им отношение сигнал/шум.

Корректность использования понятия градации пропускной способности вместо параметра ACR следует из определения этих величин и факта примерного равенства значений затухания горизонтальных кабелей различных производителей во всем рабочем частотном диапазоне.

Справедливости ради отметим, что и это достаточно простое и ясное понятие также не получило широкого распространения и применяется в каталогах и другой технической документации сравнительно редко.

### 12.2.3. Погрешности измерений оборудования для полевого тестирования СКС

Основным диагностическим прибором для выполнения тестирования комплекса электрических характеристик смонтированной СКС непосредственно на объекте монтажа (или полевого тестирования по западной терминологии) является специализированный тестер. Первые образцы этих приборов для кабельных систем категории 5 появились в 1993 году и значительно проигрывали по точности измерений сетевым анализаторам, с помощью которых решались аналогичные задачи в лабораторных условиях. Согласно TSB-67 основными причинами этого были:

- низкая точность балансировки внутренних элементов тестеров и, в частности, 8-контактных модульных разъемов, что приводило к ухудшению измеряемого NEXT по сравнению с фактическими значениями;

- установка слишком большого линейного или логарифмического шага изменения частоты при измерении затухания и переходного затухания, вследствие чего увеличивалась вероятность пропуска наихудших значений на выбросах характеристик этих параметров в процессе тестирования;
- использование для упрощения конструкции приборов пониженного по сравнению с реальным уровнем тестирующих сигналов и применение процедур экстраполяции при оценке результатов измерений, полученных на пределе чувствительности тестера;
- подключение тестера к измеряемой линии через внешний соединительный шнур, вносящий дополнительное затухание и уменьшающий переходное затухание, в то время как сетевые анализаторы присоединялись к тестируемому кабельному сегменту непосредственно.

TSB-67 определяет два уровня (I и II) точности тестеров СКС. При этом точность уровня I соответствует приборам выпуска до 1994 года [143]. В табл. 12.10 представлены требования к техническим характеристикам тестеров обеих групп точности, которые оказывают наибольшее влияние на точность результатов измерений затухания и переходного затухания. Кроме того, TSB-67 требует, чтобы результаты измерений тестеров достаточно хорошо совпадали с результатами измерений, выполненных с помощью сетевых анализаторов, особенно для приборов уровня точности II.

*Таблица 12.10. Требования TSB-67 к техническим характеристикам тестеров СКС уровней точности I и II*

Параметр	Обозначение	Значение в диапазоне 1–100 МГц для тестера уровня точности I	для тестера уровня точности II
Уровень собственных шумов на входе приемника (Random Noise Floor)	$\Delta m_f$	$\geq 50 - 15 \lg (f/100) \text{ дБ}$	$\geq 65 - 15 \lg (f/100) \text{ дБ}$
Остаточное переходное затухание (Residual NEXT)	$\Delta r_{\text{next}}$	$\geq 40 - 15 \lg (f/100) \text{ дБ}$	$\geq 55 - 15 \lg (f/100) \text{ дБ}$
Несимметрия выходного сигнала относительно земли (Output Signal Balance)	$\Delta o_{\text{sb}}$	$\geq 27 - 15 \lg (f/100) \text{ дБ}$	$\geq 37 - 15 \lg (f/100) \text{ дБ}$
Подавление сигнала разбалансировки (Common Mode Rejection)	$\Delta c_{\text{mr}}$	$\geq 27 - 15 \lg (f/100) \text{ дБ}$	$\geq 37 - 15 \lg (f/100) \text{ дБ}$
Погрешность измерения напряжения входного сигнала (Dynamic Accuracy)	$\Delta d_a$	$\leq \pm 1 \text{ дБ}$	$\leq \pm 0,75 \text{ дБ}$
Погрешность измерения длины (Length Accuracy)	$\Delta l_a$	$\leq \pm 1 \text{ м} \pm 4\%$	$\leq \pm 1 \text{ м} \pm 4\%$
Возвратные потери (Return Loss)	$\Delta r_l$	$\geq 15 \text{ дБ}$	$\geq 15 \text{ дБ}$

На величину остаточного переходного затухания тестера основное влияние оказывают переходные помехи внутренних цепей обработки сигнала и модульного разъема для подключения соединительного шнура. На рис. 12.7 показаны графики минимально допустимого значения NEXT для разъемов категории 5 согласно TIA/EIA 568-А и минимально допустимое значение остаточного NEXT для тестеров уровня точности II по TSB-67 согласно выражению из табл. 12.10. Видно, что к остаточному NEXT тестеров уровня точности II предъявляются более жесткие требования. Напомним, что окончательные 8-контактные модульные разъемы соединительных шнуров не входят в модель канала по

TSB-67 (рис. 12.3). Все измерения при тестировании канала должны быть сделаны без учета влияния этих разъемов на электрические характеристики. При подключении вилки оконечного шнура к розетке тестера NEXT модульного разъема не будет удовлетворять требованиям к тестерам СКС уровня точности II, какими бы ни были характеристики самого тестера. Это означает, что точность тестирования параметров каналов всегда соответствует уровню I.

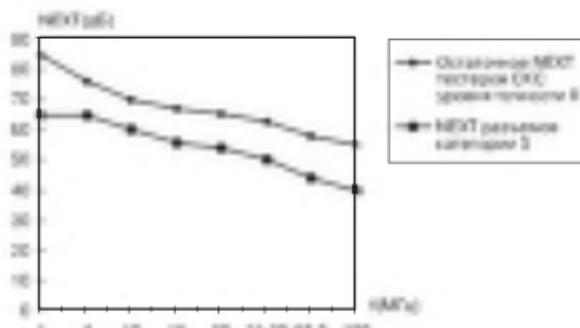


Рис. 12.7

Минимально допустимое значение NEXT для разъемов категории 5 и остаточное NEXT для тестеров класса точности II

Оконечные шнуры, используемые для подключения тестера и инжектора к базовой линии в процессе измерения параметров, относятся к составным частям измерительного оборудования. Разъемы этих шнурков изготавливаются по специальным технологиям, обеспечивающим очень высокое значение переходного затухания (порядка 70 дБ и более на частоте 100 МГц) при подсоединении к базовому блоку и инжектору. Для обеспечения столь высоких характеристик может применяться как специальная конструкция приборного гнезда модульного разъема, так и отказ в приборной части от розетки модульного разъема в пользу более качественных высокочастотных разъемов другой конструкции. В результате этого остаточное переходное затухание тестеров СКС при проверке базовых линий может соответствовать требованиям, предъявляемым к измерительным приборам уровня точности II.

### 12.2.3.1. Погрешности измерения затухания и NEXT

На основании параметров, приведенных в табл. 12.10, TSB-67 определяет математическую модель оценки точности измерений тестеров, согласно которой погрешность измерения затухания и NEXT может быть выражена формулой 12.5 и формулой 12.6 соответственно:

$$\Delta \text{Затухание} = |\Delta a| + 20 \lg [1 + 10 - \Delta r] / 10 \quad (12.5)$$

$$\Delta \text{NEXT} = |\Delta a| + 20 \lg [1 + 10 - \Delta r] / 10 + (10(\text{NEXT}_{\text{изм}} - \Delta r_{\text{next}}) / 10 + 10(\text{NEXT}_{\text{изм}} - \Delta r_{\text{if}}) / 10 + 10(10 - \Delta s_{\text{bf}}) / 10 + 10(5 - \Delta c_{\text{mr}}) / 10] 0,5 \quad (12.6)$$

где  $\text{NEXT}_{\text{изм}}$  – измеренное значение NEXT;

остальные обозначения аналогичны приведенным в табл. 12.10.

Максимальные погрешности измерения затухания и переходного затухания в диапазоне 1–100 МГц тестерами классов точности I и II представлены в табл. 12.11. Эти погрешности вычислены по формулам 12.5 и 12.6 с учетом зависимостей  $\Delta r_{\text{bf}}$ ,  $\Delta r_{\text{next}}$ ,  $\Delta s_{\text{bf}}$  и  $\Delta c_{\text{mr}}$  от частоты в соответствии с табл. 12.10 и при  $\text{NEXT}_{\text{изм}}$  равном минимально допустимому для кабелей категории 5 согласно табл. 12.10.

Таблица 12.11. Максимально допустимые погрешности тестеров СКС классов точности I и II

Параметр	Класс точности тестера	
	I	II
Δ затухание	≤1,3 дБ	≤1 дБ
Δ NEXT	≤3,4 дБ	≤1,6 дБ

### 12.2.3.2. Погрешность измерения длины

Требования к величине погрешности измерения длины кабельного сегмента для тестеров СКС классов точности I и II указаны в табл. 12.10. Однако эти требования даны без учета возможных дополнительных ошибок, связанных с неточностью задания скорости распространения сигнала по данному конкретному кабелю. Точность оценки расстояния по формуле 12.3 зависит от погрешности значения величины NVP и от точности измерения  $T_{\text{изм}}$ . У кабелей категории 3 разброс значений NVP различных образцов кабеля и отдельных пар одного кабеля может достигать 5%, а у кабелей категорий 4 и 5 этот разброс несколько меньше. Современные тестеры содержат в своей внутренней памяти электронную таблицу со значениями NVP для всех основных типов кабелей и позволяют пользователю устанавливать этот параметр самостоятельно. Для выполнения последней операции осуществляется предварительная калибровка на контрольном отрезке кабеля заранее известной длины. На нем тестером СКС измеряется время между излученным и отраженным импульсами и обратным пересчетом из формулы 12.3 находится значение NVP:

$$NVP = 2 L_{\text{эталон}} / (C \times T_{\text{изм}}) \quad (12.7)$$

где  $L_{\text{эталон}}$  – длина эталонного отрезка кабеля;

$C$  – скорость света в вакууме;

$T_{\text{изм}}$  – измеренное время между излученным и отраженным импульсами.

Калибровка настоятельно рекомендуется для снижения погрешности измерения длины. Большой точности выполнения этой процедуры удается добиться, если производить ее на сегменте кабеля длиной не менее 25 м.

С ростом частоты NVP имеет тенденцию к увеличению. В целом NVP у одного и того же кабеля в диапазоне 1–100 МГц может варьировать в пределах 5%. Это приводит к искажению зондирующего импульса и в конечном итоге – к погрешности определения момента прихода отраженного импульса ( $T_{\text{изм}}$ ). Еще одним фактором, влияющим на точность измерения  $T_{\text{изм}}$ , является конечное значение частоты внутреннего задающего генератора тестера. Она определяет минимальный временной интервал, различаемый тестером. Чем выше значение данного параметра, тем точнее измерение  $T_{\text{изм}}$ .

TSB-67 требует измерения  $T_{\text{изм}}$  для всех четырех пар. Вычисления по формуле 12.3 следует производить для наименьшего из четырех  $T_{\text{изм}}$ . Максимальная длина кабеля, измеряемая тестером, должна быть не менее 310 м.

Кроме перечисленных факторов, оказыывающих непосредственное влияние на точность измерения длины кабеля, имеется еще один, который может привести к совершенно неожиданным и неверным результатам измерений. Это вариации волнового сопротивления кабельного сегмента. Как указывалось выше, на участках неоднородности волнового сопротивления возникают отражения сигнала. Не исключено, что при достаточно высокой чувствительности приемника тестера импульс, отраженный от места такой неоднородности, будет принят за импульс, отраженный от конца кабельного сегмента, и оценка длины даст значение, существенно меньшее физической длины линии. Во избежание подобных ошибок

тестер СКС должен обеспечивать возможность регулировки порога чувствительности до минимального уровня, достаточного для приема только основного отраженного импульса.

## 12.2.4. Измерительное и тестирующее оборудование

### 12.2.4.1. Виды оборудования для тестирования электрических трактов СКС

Измерительное и тестирующее оборудование СКС на основе витых пар можно подразделить на три основные группы (рис. 12.8):

- сетевые анализаторы (Network Analyzers);
- тестеры СКС (FTE-Field Test Equipment);
- обычные электрические тестеры или мультиметры (Continuity Testers).

*Сетевые анализаторы* (не следует путать их с анализаторами протоколов) представляют собой эталонное измерительное оборудование для диагностики и сертификации кабелей и кабельных систем. Это премиумные крупногабаритные и дорогие (стоимостью более 20 тысяч долларов) приборы, предназначенные для использования в лабораторных условиях. В качестве примера можно привести сетевые анализаторы компании Hewlett Packard-HP 4195A и HP 8510C. Оборудование подобного класса применяется в центрах сертификации и научно-исследовательских лабораториях. Рассмотрение принципов построения и технических особенностей конструкции этих приборов выходит за рамки данной книги.

*Тестеры СКС* были разработаны специально для диагностики и тестирования СКС непосредственно на объекте монтажа кабельной системы (иначе, для выполнения так называемого полевого тестирования – field testing). Достаточно часто их называют кабельными сканерами (Cable Scanners). Они являются основным инструментом для оперативных измерений подсистем СКС, реализованных на основе витых пар. Эти устройства позволяют проводить комплексную проверку 4-парных кабелей, линий классов С и D по стандарту ISO/IEC 11801, а также каналов и базовых линий, определенных в TSB-67, на соответствие требованиям категорий 3, 4 или 5.

*Электрические тестеры*, или *мультиметры*, представляют собой простые, дешевые и широко распространенные приборы; позволяют измерять постоянные и переменные ток и напряжение, а также активное сопротивление постоянному току. Наиболее совершенные устройства данной группы дополнительно контролируют частоту, емкость, температуру, параметры полевых и биполярных транзисторов и выполняют некоторые другие измерения. Ранее были распространены стрелочные аналоговые варианты конструктивного исполнения, а в большинстве современных мультиметров вывод результатов измерения производится в цифровом виде на жидкокристаллический индикатор с задней подсветкой. Их применяют для простейших диагностических проверок типа определения обрывов и коротких замыканий в случае отсутствия тестера СКС. Достаточно подробный обзор функциональных возможностей современных моделей импортных цифровых мультиметров содержится в статье [144].

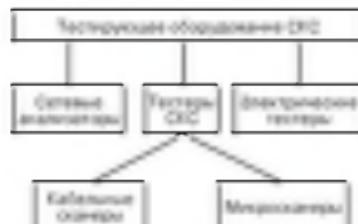


Рис. 12.8. Оборудование для тестирования электрической подсистемы СКС

Диагностика кабельной разводки СКС может быть выполнена не только посредством перечисленных выше устройств, но и некоторыми моделями анализаторов протоколов как дополнительная опция. В качестве примера укажем устройство 68xEnterprise LANMeter компании Fluke.

### 12.2.4.2. Тестеры СКС

#### Общие сведения и функциональные возможности

Тестер СКС – это основной вид тестирующего и диагностического оборудования, широко применяемый на всех этапах создания и эксплуатации СКС. Представляет собой легкое (масса обычно менее 1 кг) и портативное устройство (габариты порядка 20×10×5 см) с питанием от аккумуляторных батарей или от сетевых источников. Емкость аккумулятора подбирается таким образом, чтобы обеспечить проведение измерений в течение одного рабочего дня. Наиболее известными на российском рынке производителями тестеров СКС являются фирмы Datacom Technologies, Fluke, Microtest<sup>1</sup>, Scope Communication<sup>2</sup> и Wavetel<sup>3</sup>. Общие сведения о выпускаемой ими продукции содержатся в табл. 12.12, а в табл. 12.13 приводятся данные о диапазоне измеряемых параметров и величинах ошибок.

Современный уровень развития элементной базы микроэлектроники позволяет добиться высокой степени автоматизации процесса проведения измерений и интерпретации полученных результатов. Во время общего теста (режим Autotest) в течение нескольких секунд последовательно, без вмешательства оператора, измеряется ряд необходимых для проверки параметров, далее результаты измерений сравниваются с требованиями стандартов или определенного сетевого протокола при его указании в явном виде, затем выдается отчет с общим выводом по результатам тестирования в виде ДА/НЕТ (Pass/Fail) – см.

рис. 12.9. Решение об успешном прохождении теста принимается только в том случае, если все требования стандартов были удовлетворены, а отрицательный результат выдается при обнаружении хотя бы одного параметра, не соответствующего нормам. Когда результат тестирования оказывается отрицательным, на экран дисплея выводятся наименования параметров, значения которых выходят за рамки ограничений стандартов.

Кроме комплексного тестирования с общим результатом в виде ДА/НЕТ, тестеры позволяют замерить и какой-либо один конкретный параметр или же их ограниченный перечень, который предварительно должен быть в явном виде указан оператором.

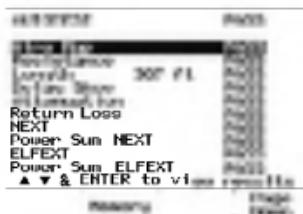


Рис. 12.9. Вид экрана тестера после выполнения проверки

Тестеры СКС всегда состоят из двух устройств, которые в дальнейшем называются базовым блоком и инжектором (Injector). В процессе проведения измерений инжектор подключается к противоположному концу тестируемой линии. Необходимость такого решения обусловлена тем, что большинство измерений и тестов (затухание, NEXT, разводка пар по контактам модульного разъема и др.) требуют выполнения определенных операций на дальнем конце линии. При нахождении затухания инжектор излучает в кабель синусоидальный сигнал заданной частоты и известной амплитуды, а базовый блок принимает его, пропуская через узкополосный фильтр для подавления шумов и помех,

<sup>1</sup> © 2002 году зарегистрированная торговая марка компании Microtest в США.

<sup>2</sup> © 1999 году зарегистрированная торговая марка Scope Communication в США.

<sup>3</sup> © 1999 году зарегистрированная торговая марка Wavetel в США.

и измеряет амплитуду. Во время измерения тестером параметра NEXT инжектор на дальнем конце обеспечивает согласованную нагрузку. TSB-67 требует измерения NEXT с двух концов кабеля, поэтому некоторые современные тестеры позволяют не менять местами базовый блок и инжектор в процессе определения NEXT на втором конце кабеля, что существенно сокращает время проведения тестирования и трудозатраты (в этом случае базовый блок и инжектор меняются местами не физически, а функционально).

Таблица 12.12. Основные параметры тестеров СКС уровня II, выпускаемых различными фирмами [145]

Модель	Измеряемые параметры*	Максимальная тестируемая частота, МГц	Время выполнения автотеста, с	Возможность двухканального тестирования	Кол-во батарей зарядке питания	Время работы при полной зарядке батарей, ч
<b>Datacom Textron</b>						
LANcat System 6	A, AC, FC, I, L, N, 250 NC, PA, PF, PN, R, RL, V, W	20	Да	NiMg	12	
LANcat System 5	A, AC, I, L, N, NC, PN, R, V, W	100	Да	NiMg	12	
<b>Fluke Corp.</b>						
DSP-4000	A, AC, C, FC, I, L, 350 N, NC, PA, PF, PN, R, RL, V, W	10	Да	NiCd	10-12	
DSP-2000	A, AC, C, I, L, N NC, PN, R, RL, V, W	155	Да	NiCd	10-12	
<b>Microtest Inc.</b>						
OMNIScanner 8222-XX	A, AC, FC, L, LR, NC, PA, PF, PN, RL, V, W	300	Да	NiCd	10	
PentaScanner 350 8180-XX	A, AC, C, L, L, LR, 100 LT, N, NC, RL, W	21	Да	NiCd	8	
<b>Hewlett Packard/Scope Communication</b>						
WireScope 155	A, AC, AR, FC, I, L, N, NC, PA, PF, PN, RL, V, W	160	Да	NiMg	8	
<b>Wavetek/Wandel &amp; Goltermann</b>						
LT-8000	A, AC, C, FC, N, I, 100 L, NC, PA, PF, PN, R, RL, V, W	10	Да	NiCd	12	
LT-8155	A, AC, C, FC, N, I, 155 L, NC, PA, PF, PN, R, RL, V, W	10	Да	NiCd	12	

\* А – затухание; АС – АCR; С – емкость; СН – непрерывность; FC – ELFEXT; I – импеданс; Н – уровень шумов; LR – сопротивление шлейфа постоянному току; L – длина кабеля; NC – NEXT; PA – PS-ACR; PF – PS-ELFEXT; PN – PS-NEXT; R – сопротивление постоянному току; RL – возвратные потери; V – параметр НВ(Р); № – разрешено.

Таблица 12.13. Параметры, контролируемые современными тестерами СКС

Измеряемый параметр	Типовой динамический диапазон	Типовая погрешность измерений	Примечание
Затухание	0–50 дБ	~1,5 дБ	Для 4 пар на дискретном наборе частот в диапазоне 1–100 МГц с шагом 1 МГц или на фиксированном наборе частот (1, 4, 10, 16, 20, 31, 25, 62,5 и 100 МГц)
Переходное затухание на ближнем конце (NEXT)	0–60 дБ	~1,5 дБ	Выдается худшее значение из шести возможных комбинаций пар на дискретном наборе частот с шагом 0,1 МГц в диапазоне 0,7–100 МГц
Длина	3–1000 м	$ L - L_{\text{ст}}  \leq 4\%$ + погрешность измерения NVP	Для всех пар. Дополнительно может определяться состояние пары на дальнем конце – разомкнута или короткозамкнута
Разброс задержек распространения сигналов по парам (Skew)	—	—	
Проверка правильности разводки пар по контактам модульного разъема (Wire Map)	—	—	Производятся проверки на обрыв, короткое замыкание, реверсирование проводников, перестановку пар, разделение пар и другие несоответствия
Волновое сопротивление (impedance)	50–200 Ом	~5 Ом	Для всех пар в диапазоне 1–100 МГц
Активное сопротивление постоянному току	0–10 кОм	~5 %	Измеряется сопротивление всех пар по шлейфу, то есть при короткозамкнутых проводниках на дальнем конце
Емкость	0–100 пФ	~10 %	Для всех пар
Шум, наведенный вспомогательным ЗММП	0–3 В	—	Измеряется средний уровень шума

Инжектор первых моделей тестеров был предназначен, главным образом, для создания согласованной нагрузки контролируемой линии, что было необходимо для обеспечения точности измерений, требуемой TSB-67. В таком случае данный блок представляет собой чисто пассивное устройство. Существенное расширение функциональных возможностей тестеров второго поколения достигается передачей части выполняемых операций на реализацию в инжектор (так называемый инжектор активного типа). Это позволяет, в частности, резко уменьшить время проведения измерений. Инжектор активного типа питается от никель-кадмия аккумулятора, в состав комплекта прибора вводится второе зарядное устройство.

Основные элементы базового блока – управляющий контроллер, память для хранения операционной системы и программ измерений, используемых при расчетах констант, управляющая клавиатура и графический жидкокристаллический экран с типовым разрешением 128×64 точки. Экран служит как для вывода результатов измерений в цифровом и графическом виде, так и для представления на нем контекстно-зависимого меню и help-подсказки.

У подавляющего большинства моделей тестеров черно-белый экран; в конце 90-х годов появились также первые образцы приборов с цветным дисплеем. Для обеспечения работы в условиях плохой видимости применяется подсветка рабочего поля экрана.

Ввод необходимых управляющих команд выполняется с клавиатуры, которая имеет 12 алфавитно-цифровых, а также несколько дополнительных и функциональных кнопок. При этом могут применяться как обычные, так и пленоочные кнопки и управляющие манипуляторы. Собственно процесс ввода осуществляется по меню с помощью курсора и задания определенных параметров в явном виде, в необходимых случаях можно пользоваться help-подсказкой.

В некоторых моделях тестеров базовый блок и инжектор имеют средства для подключения микротелефонной гарнитуры. Это дает возможность устанавливать служебную связь между операторами на разных концах тестируемой линии, благодаря чему существенно ускоряется процесс проведения измерений.

Результаты тестирования (500 и более линий) записываются во внутреннюю память прибора и могут быть считаны оттуда через последовательный порт в виде файла для хранения на компьютере, для распечатывания на принтере как протокола измерений или для записи в специализированную базу данных. Кроме собственно результатов измерений файл обязательно снабжается датой и временем проведения испытаний, условным наименованием трассы и другими дополнительными сведениями, облегчающими анализ и интерпретацию данных. Формат представления результатов измерения параметров при их выводе на принтер обычно подбирается таким образом, чтобы результаты тестирования одной линии (со стороны базового блока или инжектора) распечатывались на одном листе размера А4.

Для облегчения процесса настройки прибора в его внутренней памяти хранится встроенная библиотека параметров основных типов кабелей. Кроме того, пользователь имеет возможность пополнения библиотеки в случае работы с кабелями, которые не входят в исходный перечень.

### Элементы подключения к тестируемым линиям

Имеются три основных схемы подключения объекта контроля к базовому блоку и инжектору (рис. 12.10). Первая предполагает фиксированную конфигурацию и основана на том, что на приборе так же, как в сетевых адаптерах ComPo, располагается несколько типов разъемов — обычно это модульная розетка и розетка типа BNC. В настоящее время такой подход считается устаревшим и больше не используется в новых приборах.

Вторая схема реализует модульную конструкцию, в которой при необходимости перехода на новый тип разъема устанавливается сменный модуль. Контроллер прибора автоматически опознает подключение соответствующего модуля и выполняет необходимые переключения и настройки. Данное решение, в свою очередь, известно в двух разновидностях. Первая из них основана на применении внутреннего сменного модуля, который в рабочем положении целиком закрыт корпусом прибора. Вторая



Рис. 12.10. Технические решения по согласованию с типом среды передачи

разновидность предполагает применение внешнего навесного модуля с фиксацией невыпадающими винтами или на защелках. Внешний модуль может иметь гнездо модульного разъема или же короткий шнур с вилкой модульного разъема на нем<sup>1</sup>. Популярность последнего решения заметно возросла в связи с все более широким распространением тестеров уровня III, поскольку из-за уникальности схем компенсации переходных наводок систем категории 6, выпускаемых основной массой производителей, для их тестирования нельзя применять универсальные шнуры. Прибор с навесным модулем несколько менее удобен в работе, однако имеет заметно меньшие габариты при его переноске в сумке в нерабочем состоянии. Рассматриваемые решения легко приспособить к конкретному типу физической среды, к тому же не составляет труда быстро восстановить работоспособность тестера при износе контактов модульного разъема в процессе его длительной эксплуатации, просто заменив вышедший из строя модуль.

В 2001 году компания Fluke представила оригинальное решение проблемы восстановления работоспособности прибора при износе контактов и согласования типа разъема. Сменой выполнена только концевая часть шнура модуля измерителя с вилкой разъема, которая крепится на одном винте. При этом сам шнур имеет плоскую жесткую конструкцию, что гарантирует стабильность его характеристик в процессе продолжительной эксплуатации.

И наконец, третий вариант заключается в использовании внешних приставок, подключаемых к базовому блоку и инжектору короткими соединительными шнурами. Наиболее часто это конструктивное решение реализуется в тестерах, которые позволяют тестировать наряду с электрическими также волоконно-оптические тракты СКС.

Отметим, что работа со всеми типами среды выполняется по одинаковым правилам. Это существенно упрощает процесс работы и обучения оператора, а также уменьшает вероятность ошибки.

### **Контролируемые параметры и выполняемые функции**

Штатными тестируемыми параметрами тестеров СКС согласно TSB-67 являются:

- схема разводки;
- электрическая длина;
- затухание;
- величина NEXT.

Погрешность измерения современных тестеров СКС ведущих производителей оборудования этого класса обычно удовлетворяет требованиям TSB-67 с существенным запасом (табл. 12.14).

*Таблица 12.14. Погрешности измерений некоторых моделей современных тестеров СКС уровня II*

Модель	Фирма-производитель	Погрешность измерения, дБ Затухания	NEXT
Норма TSB-67		1,0	1,7
PentaScanner+	Microtest	0,3	0,5
WireScope 155	Scope Communication	0,8	0,5
LT-8100	Wavetek	0,6	1,6

Кроме основных параметров контролируются также:

- сопротивление постоянному току. Измеряется по шлейфу (короткое замыкание на дальнем конце), обеспечивает эффективную проверку отсутствия обрывов проводников и качества заделки контактов;
- емкость пар проводников. Сильное отклонение этого параметра от номинала свидетельствует о некачественной заделке проводов в вилках и розетках разъемов и о недопустимо сильном растяжении кабеля в процессе прокладки;
- волновое сопротивление;
- структурные возвратные потери (параметр SRL);
- задержка сигнала;
- уровень электрического шума, что позволяет проверять уровень наводок от внешних источников.

Известна также функция локатора NEXT, при реализации которой на экран дисплея прибора выводится график зависимости от расстояния фактической величины NEXT в данной конкретной точке. Наличие этой функции весьма полезно при поиске различного рода неисправностей.

Пользователь имеет возможность выбрать полную или сокращенную программу тестирования. В последнем случае в явном виде указываются контролируемые параметры.

Большинство моделей тестеров осуществляет проверку контролируемых параметров до частоты 100 МГц. В связи с предполагаемым с начала 2001 года массовым внедрением в широкую практику систем категории 6 быстрыми темпами возрастает популярность приборов, выполняющих тестирование в частотном диапазоне до 250–350 МГц. По этой же причине происходит существенное расширение перечня контролируемых параметров, важных при создании высокоскоростных трактов категорий 5e и 6. Вероятно, по аналогии с существующими приборами за такими устройствами закрепится название тестеров уровня IIe и III.

Стандарты СКС задают параметры кабельного тракта исходя из наихудшего случая. Некоторые разновидности сетевой аппаратуры за счет выбора пар с самым большим значением NEXT позволяют получить существенно лучшие характеристики, которые формально недостижимы на кабельном тракте категории 5. При проверке возможности использования данного конкретного тракта для передачи сигналов сетевой аппаратуры тестеры проводят измерения значений затухания и параметра ACR в том частотном диапазоне и для тех комбинаций пар, которые обеспечивают работу конкретного приложения. Во время таких измерений все настройки выполняются тестером автоматически, и оператору остается только указать название протокола из меню.

Чтобы облегчить создание и текущую эксплуатацию СКС, в перечень операций, выполняемых некоторыми моделями тестеров, вводятся функции трассировки и офис-локатора.

При реализации функции трассировки тестер излучает в кабель специальный тестовый сигнал, который улавливается локатором, когда он находится над кабелем. Это дает возможность отследить место прохождения и трассу кабеля при его скрытой прокладке.

Функция офис-локатора позволяет существенно ускорить процесс восстановления кабельного журнала в случае его утраты или потери актуальности. Для этого в розетки на рабочих местах помещаются специальные вставки, а со стороны кроссовой включается базовый блок. При обнаружении на другом конце линии вставки на экране прибора высвечивается ее номер.

### **12.2.4.3. Микросканеры**

Обычный кабельный сканер представляет собой сложное и достаточно дорогое устройство стоимостью в несколько тысяч долларов (типовой разброс цен на российском рынке по состоянию на середину 1999 года составляет от 3 до 7 тысяч долларов в зависимости от модификации и комплектации). Его целесообразно применять в процессе сертификационных испытаний различных кабельных трасс, а также во время поиска и локализации неисправностей. Задачи текущей диагностики трактов СКС в состоянии выполнить более простой прибор карманный формата, который часто называют микросканером. За счет существенного сокращения функциональных возможностей это устройство имеет значительно меньшую стоимость (обычно в диапазоне 300–500 долларов) и лучшие массогабаритные показатели. В перечень контролируемых параметров включаются непрерывность и правильность разводки, а также длина тракта. В состав реализуемых функций может входить также функция офис-локатора. Микросканер как измерительный прибор позволяет:

- обеспечить нормальную эксплуатацию СКС;
- расширить СКС на уровне организации нескольких дополнительных кабельных трасс без немедленного представления их на сертификацию, а также выдачи гарантии от производителя.

Наиболее известным в нашей стране прибором данного класса является Microscanner фирмы Microtest.

### **12.2.5. Другие устройства для тестирования электрической подсистемы СКС**

#### **12.2.5.1. Рефлектометры для электрических кабелей**

Принцип действия рефлектометра во временной области TDR (Time Domain Reflectometer) основан на анализе сигнала, отраженного от различных неоднородностей в линии при ее зондировании мощными импульсами тока небольшой длительности.

Электрическая волна, возбуждаемая в тестируемой линии импульсным генератором рефлектометра, при распространении в линии отражается в обратном направлении от всех точек неоднородностей. При этом амплитуда отраженной волны пропорциональна изменению волнового сопротивления в неоднородности линии. Анализатор приемника контролирует как момент прихода отраженного сигнала, так и изменение его формы во времени. Результат работы анализатора может быть представлен на дисплее в графическом виде так называемой рефлектограммы или же в табличной форме. Дополнительно по времени задержки между зондирующими и приходящим импульсом рассчитывается расстояние до неоднородности и его значения выводятся на экран.

В том случае, когда сопротивление нагрузки равно или же очень близко к волновому сопротивлению кабеля, отражение отсутствует, и на рефлектограмме имеется только зондирующий импульс. При отражениях от точки с импедансом выше волнового импульс имеет положительную полярность, а от точки с импедансом ниже волнового – отрицательную. По амплитуде импульса отражения можно сделать также вывод о степени согласования кабеля с нагрузкой. В случае нагрузки кабеля на активное устройство или антенну импульс отражения бывает более сложной S-образной формы (рис. 12.11). С эффектом искажения формы импульса, отраженного от активной нагрузки, часто сталкиваются монтажники СКС,



Рис. 12.11

Основные варианты рефлектометрии электрических кабелей: а) обрыв; б) короткое замыкание; в) дефекты; г) активная нагрузка или антенна

которые в процессе тестирования следят за тем, чтобы к розетке не была подключена рабочая станция пользователя. При нарушении этого условия кабельный сканер часто выдает показания длины, которые иногда отличаются от фактических в несколько раз.

Наличие графического индикатора позволяет выполнить комплексный анализ всех неоднородностей кабеля. Приборы с цифровым индикатором часто реализуются в виде измерителей длины или же используются при поиске простейших неисправностей.

Рефлектометры для электрических кабелей получили достаточно широкое распространение в сетях городской и междугородной связи. Из-за трудностей анализа начального участка они эффективны только в процессе тестирования кабелей магистральных подсистем и поэтому не получили широкого распространения в технике СКС. При тестировании горизонтальной подсистемы их роль достаточно успешно исполняют кабельные сканеры, все модели которых в большем или меньшем объеме реализуют функции рефлектометра.

Технические характеристики рефлектометров для электрических кабелей, доступных на российском рынке, можно найти в статье [146] и монографии [147]. Функциональные возможности и методы диагностики, используемые в современных рефлектометрах этой разновидности, подробно обсуждаются в статье [148].

### 12.2.5.2. Устройства для проверки разводки

Эти устройства, называемые в некоторых публикациях кабельными тестерами [149], предназначены для проведения простейших проверок на уровне контроля правильности разделки отдельных проводов кабеля из витых пар, а также отсутствия обрывов и коротких замыканий проводников. На практике они используются для контроля как отдельных соединительных и оконечных шнуров, так и целиком смонтированных линий.

Устройство конструктивно выполнено в виде прибора карманныго формата с батарейным питанием. На корпусе предусматривается несколько гнезд розеток 8-позиционных модульных разъемов, один из которых является опорным, а остальные – рабочими и соответствуют конкретной схеме разводки. Наиболее часто применяются три рабочих гнезда: в схемах разводки USOC, T568A и T568B. Иногда устройства для проверки выполняются специализированными и позволяют контролировать только одну из схем. Результаты тестирования отображаются светодиодным индикатором. В некоторых моделях показания оптического индикатора дублируется акустическим извещителем.

Большинство известных моделей устройств рассматриваемого вида предназначено для работы с изделиями из 4-парных кабелей UTP. Устройства, рассчитанные на проверку кабелей S/UTP, отличаются от них только тем, что дополнительно контролируют целостность экрана и отсутствие замыкания на него жил отдельных проводников. Примером таких приборов может служить SLT-3 (33.D0020) фирмы Molex и HC-45 компании HSI.

Известны также устройства рассматриваемого класса с расширенными функциональными возможностями, которые позволяют измерять большее количество параметров и более точно интерпретировать полученные результаты. В качестве примера укажем прибор типа KARPi немецкой компании BTR. В число дополнительных проверяемых параметров этого устройства входят:

- сигнализация наличия на каждой из жил постороннего постоянного напряжения с указанием его полярности;
- поддержка функций офис-локатора.

Основными индикаторными элементами служат 10 светодиодов (9 красных – по одному на каждый провод и экран и один зеленый – для сигнализации выполнения процедур измерения и их завершения), которые дополняются 7-сегментным цифровым индикатором. Наличие последнего в комбинации с клавишей переключения позволяет, во-первых, сразу же указывать на характер обнаруженной неисправности и, во-вторых, анализировать комплексные ошибки.

Некоторые из приборов, предназначенных для проверки разводки, снабжаются розеткой разъема BNC, благодаря чему удается контролировать также коаксиальный кабель.

## **12.3. Тестирование волоконно-оптической подсистемы СКС**

### **12.3.1. Объекты тестирования и контролируемые параметры**

В перечень testируемых волоконно-оптических элементов входят:

- **кабели.** Требования стандартов к оптическим характеристикам волокон кабелей, применяемых в СКС, представлены в разделе 4.1.2. Тестирование кабелей производится непосредственно на катушках или барабанах на этапе входного контроля перед началом прокладки. В зависимости от трудоемкости прокладки тестирование кабелей и их волокон может быть выборочным или полным. Для кабелей, прокладываемых внутри зданий, можно применять выборочный контроль, для кабелей внешней прокладки настоятельно рекомендуется стопроцентный входной контроль всех волокон;
- **разъемы.** Требования стандартов к затуханию оптических разъемов приведены в разделе 4.2.1. Входной контроль разъемов перед их монтажом можно не проводить, однако необходимо проверять уровень вносимого затухания установленного разъема;
- **неразъемные сварные или механические оптические соединители.** Внутри зданий необязательно контролировать уровень затухания, вносимого каждым имеющимся соединителем оптических волокон. Затухание оптических соединителей, устанавливаемых во внешних проходных и разветвительных муфтах, необходимо контролировать сразу после их монтажа перед герметизацией муфт;
- **линии связи.** Волоконно-оптические линии связи представляют собой смонтированные оптические линии, в которые входит кабель и вся сопутствующая кабельная арматура

(муфты, разъемы, оптические соединители и т.д.), кроме оконечных шнурков. Тестирование оптических характеристик линий связи производится на этапе приемо-сдаточных испытаний кабельной системы, а также в случае проблем со связью при эксплуатации;

- каналы.** Канал – это волоконно-оптическая линия с оконечными соединительными шнурами. Оптические параметры канала характеризуют его качество от разъема до разъема. Тестирование проводится, когда возникают проблемы со связью в процессе эксплуатации.

Сетевое оборудование, которое использует в качестве среды передачи волоконно-оптический кабель, согласно стандарту ISO/IEC 11801 выделяется в приложения оптического класса. Приложения этого класса характеризуются высокой и очень высокой скоростью обмена данными, то есть тактовые частоты передаваемых сигналов равны или превышают 10 МГц. На основании уровня техники, достигнутого на момент принятия первой редакции стандарта в 1995 году, считалось, что при характеристиках для СКС расстояниях обеспечивающая оптическим кабелем ширина полосы передаваемых частот не является лимитирующим фактором. На основе волоконно-оптических кабелей могут быть реализованы все три подсистемы СКС.

Схема канала и постоянной линии горизонтальной подсистемы для приложений оптического класса изображена на рис. 12.12. Она практически совпадает со схемами соответствующих объектов для электрической подсистемы (см. рис. 12.2) и отличается лишь введением в тракт передачи сигнала двух дополнительных неразъемных соединителей НС, которые реализуются в виде сварных сростков или с помощью механических спlices [7].



Рис. 12.12

Схема канала и постоянной линии горизонтальной подсистемы для приложений оптического класса

Максимальная длина линий магистральной подсистемы составляет 2000 м в случае многомодового кабеля и 3000 м при построении ее на основе одномодового кабеля. На одномодовом кабеле могут быть в принципе сформированы магистрали большей длины, однако такие линии связи не входят в область действия стандартов на СКС.

Внутренняя магистральная подсистема обычно строится на оптическом кабеле внутренней прокладки длиной до 500 м, который проходит между кроссовой этажа КЭ и КЗ. Внешняя магистральная подсистема реализуется на кабеле внешней прокладки, идущим между КВМ и КЗ.

Канал магистральных подсистем образуется добавлением двух оконечных шнурков для подключения сетевого оборудования длиной до 30 м каждый. Допускается применение оконечных шнурков большей длины, однако при этом длина магистрального кабеля соответствующим образом уменьшается. В случае использования промежуточных кроссов

максимальная длина коммутационных шнурков на каждом из них ограничивается значением 20 м. Данные о затухании сигналов в кабелях различного типа на рабочих длинах волн приведены в табл. 12.15. Анализ этих данных показывает, что все представленные значения по затуханию легко выполняются в случае, если оптические тракты СКС построены из обычных серийных компонентов.

*Таблица 12.15. Максимально допустимые расстояния и затухания сигналов в подсистемах СКС для приложений оптического класса*

Подсистема	Длина канала, м	Затухание, дБ			
		одномодовый 1310 нм 1550 нм		многомодовый 850 нм 1300 нм	
Горизонтальная	100	2,2	2,2	2,5	2,5
Внутренних магистралей	500	2,7	2,7	3,9	2,6
Внешних магистралей	1500 (3000)	3,6	3,6	7,4	3,6

Основные измерительные приборы, применяемые в процессе строительства и эксплуатации волоконно-оптических подсистем СКС, – это оптические рефлектометр и тестер. Для приложений оптического класса полоса пропускания линии, характеристики которой отвечают требованиям стандартов в редакциях не позднее 2000 года, не является лимитирующим фактором и обеспечивается применяемой элементной базой. На основании этого оба вида приборов контролируют физическую целостность тракта распространения сигнала и величину затухания на рабочих длинах волн сетевой аппаратуры. Рефлектометр чаще используется в процессе строительства и во время проведения аварийных измерений для поиска обрывов и выявления внутренних дефектов отдельных волокон. Измерения оптическим тестером осуществляют после завершения строительства и выполнения контрольных замеров рефлектометром, а также в процессе производства регламентных работ. Полученные с его помощью результаты дополняют измерения рефлектометром, поскольку показывают фактические значения затухания «от разъема до разъема». Кроме того, оптический тестер позволяет убедиться в правильности подключения отдельных вилок к розеткам разъемных соединителей внутри коммутационного устройства и отсутствии перекрещивания световодов.

Измеряемые в процессе строительства и эксплуатации линий параметры приведены в табл. 12.16.

*Таблица 12.16. Параметры, измеряемые в процессе строительства и эксплуатации линий оптической связи*

Измеряемый параметр	Входной контроль	Строительство	Приемо-сдаточные испытания	Эксплуатация
Коэффициент затухания	+	+	+	-
Затухание				
• оптических спектров	-	+	+	-
• излучений лазеров	-	-	-	-
Расстояние до места повреждения и/или неоднородности	+	+	+	-
Уровни оптической мощности				
• на выходе излучателя	-	+	-	+
• на входе приемника	-	+	-	+

## 12.3.2. Оптические тестеры

### 12.3.2.1. Методы измерения затухания

Чаще всего измерение затухания производится способом 6 нормы IEC 874, который реализует известный в оптической измерительной технике *метод вносимого затухания*. Под вносимым затуханием понимается разность уровней оптической мощности на входе приемника при непосредственном подключении к источнику и подсоединении через измеряемый объект. Метод относится к группе методов «точка-точка», согласно которым измеритель и источник размещаются по разным сторонам тестируемого объекта. К достоинствам метода относится тот факт, что потери мощности на входе и выходе проверяемого объекта учитываются и исключаются из результатов измерения, к недостаткам – необходимость обеспечения примерного равенства этих потерь при проведении калибровки в рабочем режиме.

Измерения осуществляются в два этапа. Первый представляет собой калибровку рабочего места и выполняется по схеме, изображенной на рис. 12.13, с записью опорного значения в ЗУ приемника. После завершения процедуры записи приемник автоматически переключается в режим измерения относительной мощности.

На втором этапе (см. схему на рис. 12.13) определяется затухание, значение которого считывается прямо с индикатора приемника. Обязательным условием проведения измерений является использование для соединения тестовых шнурков и контролируемого кабеля высококачественных розеток разъемных соединителей, входящих в комплект тестера. Одновременно наличие тестовых шнурков позволяет добиться достаточно эффективного подавления паразитных излучаемых и вытекающих мод, что увеличивает точность получаемого результата.

Для повышения точности измерения рекомендуется производить их в двух направлениях с усреднением полученных результатов.

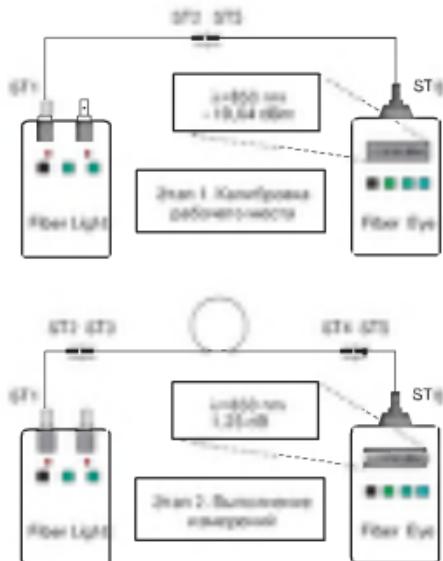


Рис. 12.13

Выполнение измерений затухания оптических потерь методом вносимого затухания (метод 6 стандарта IEC 874)

Необходимо отметить, что тестовые шнурсы и измеряемый кабель должны иметь одинаковый диаметр сердцевины и числовую апертуру. В связи с большим распространением в нашей стране оптических кабелей с волокнами 50/125 стандартная комплектация прибора обычно дополняется двумя одноволоконными шнурами 50/125.

Анализ рис. 12.13 показывает, что процесс измерений требует введения в тракт распространения оптического сигнала дополнительных разъемов, вилки которых вставляются в розетки. В связи с ограниченной повторяемостью потерь соединителя (обычно  $\pm 0,1\text{--}0,15$  дБ) при низких уровнях затухания нельзя гарантировать достоверность полученного значения затухания. Поэтому при показаниях прибора в 1 дБ и менее в протоколах измерений можно указывать  $< 1$  дБ. Этот случай является типичным при измерениях затухания многомодовых оптических соединительных шнуров, и в их паспортах в графе «потери» часто приводится именно такая запись.

Иногда используется *метод прямого измерения*, в соответствии с которым находят абсолютный уровень оптического сигнала на выходе источника излучения и на выходе тестируемого элемента (линии). Разность измеренных уровней дает величину затухания. Реализация этого метода требует предварительной калибровки приборов и соединительных шнурков. Метод дает хорошие результаты при значительных величинах измеряемого затухания. Он применяется на трассах большой протяженности, когда предварительная калибровка приемника, необходимая для реализации метода вносимого затухания, становится невозможной или ее выполнение связано с большими сложностями.

*Метод открыта* относится к группе методов разрушающего контроля и часто применяется во время входного контроля оптического кабеля. В процессе его реализации световод тем или иным способом армируют наконечником, подключают к источнику и фиксируют измерителем уровень выходного сигнала на другом конце кабеля. Затем на передающем конце отрезают кусок волокна длиной 1–1,5 м, скальвают его конец и с помощью адаптера на обнаженное волокно замеряют уровень сигнала, который принимается за входной уровень. Разность полученных значений дает искомое затухание. Для увеличения точности рекомендуется повторить сколку волокна несколько раз, а за уровень входного сигнала принять среднее из измеренных значений.

### **12.3.2.2. Конструктивные особенности оптических тестеров**

Оптические тестеры, или измерители оптических потерь, предназначены для измерения среднего уровня мощности оптического излучения на рабочих длинах волн волоконно-оптических линий связи (850, 1300 и 1550 нм) и определения затухания сигнала в кабелях и отдельных компонентах линии. Тестеры применяются во время строительства, монтажа и эксплуатационного обслуживания линий волоконно-оптической связи, а также в процессе профилактических проверок и настроек работ на сетевом оборудовании с волоконно-оптическими портами.

Тестеры могут работать как с многомодовыми, так и с одномодовыми световодами и комплектуются одним или несколькими сменными адаптерами для подключения к вилкам разъемов различных типов.

В состав оптического тестера входят два основных прибора: измеритель оптической мощности и источник излучения.

Измерители оптической мощности (optical power meter, OPM) применяются для определения мощности оптического сигнала и затухания сигнала в линиях и каналах, а также

в отдельных элементах оптической кабельной системы. В составе конструкции измерителя имеются фотодиод (обычно германиевый или со структурой InGaAs) с усилителем фототока, сигнальный процессор и цифровой дисплей. Фотодиод преобразует падающий на его окно световой поток в электрический ток, который обрабатывается сигнальным процессором. Результат обработки в подавляющем большинстве случаев выводится на цифровой индикатор (в приборе Pocket Fiber Tester фирмы Darkstar Technologies использован светодиодный столбчатый индикатор с разрешением 2 дБ). В функции сигнального процессора входит также компенсация нелинейности амплитудной и неравномерности спектральной характеристики фотодиода, преобразование входного аналогового сигнала в выходной цифровой, подавление флуктуаций за счет накопления нескольких отсчетов и выдача управляющего сигнала на индикатор. При включении измерителя процессор выполняет комплекс проверок исправности отдельных электронных узлов. Измерители обычно калибруются на нескольких фиксированных длинах волн, значения которых выводятся на индикатор.

Стабилизированные источники излучения (Stabilized Light Source, SLS) служат для подачи в контролируемый волоконно-оптический элемент оптического сигнала заданной мощности и длины волны. Постоянство выходной мощности такого источника поддерживается путем регулировки прямого тока излучателя по сигналу рассогласования источника опорного напряжения и фотоприемника цепи обратной связи. Источники делятся на светодиодные и лазерные. Лазерные многоволновые источники проигрывают светодиодным по стоимости и стабильности характеристик, однако существенно более удобны в работе благодаря наличию только одного соединителя. Сигналы с различных источников подаются на него посредством внутреннего оптического разветвителя. Данное устройство в светодиодных моделях применяется сравнительно редко из соображений минимизации стоимости прибора.

Многие модели источников высокоточных оптических тестеров могут работать в режиме модуляции интенсивности выходного сигнала с частотой, равной или близкой к 2 кГц. Использование таких сигналов позволяет исключить влияние на точность измерений посторонних засветок в оптическом диапазоне и низкочастотных шумов в электрическом тракте. Увеличить чувствительность приемника удается с помощью резонансных усилителей и синхронных детекторов. Некоторые типы измерителей оптической мощности высвечивают на экране частоту модуляции принимаемого сигнала или отмечают поступление такого сигнала акустическим извещателем. На практике промодулированный с определенной частотой оптический сигнал применяется также при работе идентификатора активных волокон (см. раздел 12.3).

Некоторые типы тестеров, в которых в одном корпусе скомбинированы согласованные по оптическим характеристикам излучатель и фотоприемник, иногда называют интегрированными измерителями или анализаторами затухания оптического кабеля. Такая конструкция позволяет уменьшить время измерения в том случае, если два оператора на разных концах кабельной трассы имеют одинаковые приборы.

Для питания многомодовых оптических тестеров обычно служат NiCd-аккумуляторы или гальванические элементы. Лазерные источники излучения с большим энергопотреблением часто снабжаются адаптером сетевого питания.

Основные технические характеристики некоторых моделей оптических тестеров приводятся в табл. 12.17. Более подробные сведения о характеристиках оптических тестеров производства других компаний можно найти в работах [150] и [151].

Таблица 12.17. Основные технические характеристики оптических тестеров

Характеристика	ОТУ-94 Оптроник, <i>Россия</i>	AQ4250(085) +AQ2752 ANDO, Япония	Fiber Solution Kit Microtest, США	FOT-02 ExFO, Канада
Рабочие длины волн, мкм	0,85, 1,3, 1,55	0,85	0,85, 1,3	0,85, 1,3, 1,55
Динамический диапазон измерения уровня мощности, дБ	-50...+3	-80...+10	-55...+3	-50...+6
Частота модуляции излучения, Гц	270	-	0, 2000	-
Погрешность измерения	10%	5%	0,02 дБ	6%
Рабочая температура, °С	-10...+50	0...+50	0...+50	-10...+50

Для увеличения гибкости и уменьшения разовых финансовых затрат пользователей некоторые фирмы предлагают отдельные специализированные модели оптических источников и измерителей, рассчитанных на одну рабочую длину волны. В зависимости от конкретных потребностей пользователь имеет возможность приобрести определенную лазерную или светодиодную модель излучателя и приемник с нужными значениями точности и динамического диапазона измерения оптической мощности.

### 12.3.2.3. Приставки к кабельным сканерам и автоматические измерители

Некоторые изготовители контрольного оборудования для СКС выпускают приставки к своим кабельным сканерам, которые позволяют тестировать волоконно-оптические кабели. При подключении приставки контроллер сканера автоматически опознает ее присутствие и запускает соответствующую программу. Результаты измерения уровня оптического сигнала выводятся на штатный индикатор основного прибора сканера и могут быть в случае необходимости записаны в память для последующего документирования.

Примером подобного устройства служит, например, Fiberkit фирмы Wavetek, предназначенный для подключения к кабельному сканеру Lantek Pro. Стандартный вариант устройства осуществляет измерение на длине волны 850 нм, существует разновидность измерителя для работы на длине волны 1300 нм. Емкости внутренней памяти сканера достаточно для записи в него результатов 500 измерений.

Аналогичная приставка типа Fiber smartprobe может быть использована в измерителе Wirescope 155 производства компании Scope Comunicacion, рекомендуемого в качестве стандартного измерительного прибора для тестирования структурированной кабельной системы компании Molex. Расширение функциональных возможностей этого прибора достигнуто введением в него функции измерения длины оптического кабеля с выводом результата измерения на экран базового блока и сравнения его с заданным стандартами значением. Большинство подобных приставок рассчитано на работу с многомодовыми оптическими трактами. В связи с ростом популярности одномодовой техники на рынке начинают появляться первые модели одномодовых приставок, позволяющих производить измерения на длинах волн 1310 и 1550 нм. Обычно такая приставка выполнена в виде отдельного прибора или блока, что вызывает определенные неудобства в процессе тестирования. Для устранения этого недостатка в приставке Omnidifiber для сканера Omnisscanner2 реализована возможность работы как с одномодовым, так и с многомодовым кабелем.

В тестере LANCat V компании DataCom фотоиниемник выполнен в виде сменного блока, вставляемого в гнездо прибора и фиксируемого невыпадающими винтами. Источником сигнала служит дополнительный модуль с питанием от гальванического элемента или сетевого адаптера.

Применение приставок к кабельным сканерам позволяет естественным образом несколько уменьшить затраты на тестирующее оборудование, поскольку часть функций измерителя передается на схемы базового блока. Еще более дешевым является изделие FPC850 компании Wavetek. Этот прибор также оформлен в виде приставки и обеспечивает крутизну проходной характеристики 1 мВт/мВ, что позволяет подключать его к обычному электрическому мультиметру, функционирующему в режиме вольтметра, и использовать для измерений мощности его индикатор.

При тестировании и наспортизации кабельных трасс на основе многоволоконных кабелей удобно применять автоматические измерители. По сравнению с классическими тестерами и рассмотренными далее оптическими рефлектометрами приборы данного вида определяют не только длину и общее затухание, но и соответствие тестируемого тракта требованиям определенного стандарта из имеющегося списка. Канадская фирма ExFO выпускает измеритель типа FOT-910, который позволяет измерять затухание на двух длинах волн и записывать полученные значения во внутреннюю память емкостью 680 измеряемых значений. Два одинаковых прибора, устанавливаемые с разных концов трассы, осуществляют в автоматическом режиме предварительную настройку параметров и калибровку, благодаря чему существенно увеличивается точность измерений. Полученные результаты могут быть сняты на компьютер или распечатаны на принтере с помощью встроенного порта RS-232.

Еще более широкими функциональными возможностями обладает комплект CertiFiber компании Microtest. В его состав входят базовый и удаленный блоки, которые подключаются к паре световодов с двух сторон тестируемой линии, так что во время работы переключать световоды не приходится. Тестирование осуществляется на двух длинах волн: 850 и 1300 нм, результаты 1000 измерений записываются во внутреннюю память базового блока с указанием даты и времени проведения измерений, а также, в случае необходимости, алфавитно-цифрового наименования трассы. Накопленная информация может быть считана из памяти для анализа и распечатки стандартного протокола измерений.

Кроме затухания прибор определяет общую длину оптической линии и значение задержки сигнала<sup>1</sup>. Все измерения выполняются в автоматическом режиме, единственные вводимые вручную параметры – количество разъемов и неразъемных сростков. В процессе тестирования реализуется функция Symmetry, сущность которой состоит в сравнении значений затухания волокон тестируемой пары. В случае значительного расхождения результатов, что косвенно свидетельствует о возможных дефектах, вырабатывается предупреждающее сообщение. По оценкам разработчиков, применение комплекта вместо обычного тестера обеспечивает экономию до 75% времени, затрачиваемого на проведение тестирования.

### 12.3.3. Оптические рефлектометры и локаторы

Оптические рефлектометры во временной области (Optical Time Domain Reflectometer, OTDR)<sup>2</sup>, или просто рефлектометры, являются одним из наиболее мощных аппаратных средств для тестирования волоконно-оптических кабелей и находят применение при

<sup>1</sup> Поздравляю! Чуть позже, когда-нибудь еще раз! Бланкет, вышивка, подушка! Принципиально нефункциональные изделия поглощают значительное количество времени на выполнение операций.

<sup>2</sup> Несколько приведенных выше оптических рефлектометров для частичных испытаний, за исключением первого, разработаны.

строительстве, аттестации, эксплуатационном обслуживании, профилактических проверках, ремонтно-восстановительных и других работах. Это обусловлено тем, что рефлектометр:

- позволяет за один цикл измерений одновременно определять целый ряд основных параметров оптического кабеля, в том числе его длину, погонное затухание, наличие и расположение неоднородностей и повреждений, их характер, потери в соединителях, спlicesах и т.д. без проведения сложных подготовительных работ;
- в отличие от оптических тестеров допускает выполнение всего комплекса измерений с одного конца оптического кабеля.

Основные недостатки рефлектометра как измерительного прибора:

- ограниченный динамический диапазон (не более 45 дБ у известных приборов), что связано с небольшой мощностью сигнала обратного рассеяния;
- высокие требования к качеству ввода излучения в тестируемое волокно;
- невозможность проведения измерения в реальном масштабе времени (время получения достаточно качественной рефлексограммы составляет не менее 30 с);
- высокая стоимость.

### **12.3.3.1. Принцип действия рефлектометра**

Рефлектометр как измерительный прибор реализует метод обратного рассеяния, в основу которого положено явление обратного Рэлеевского рассеяния (см. раздел 2.2.4.2). В процессе проведения измерений контролируемое волокно зондируют через разветвитель мощными оптическими импульсами небольшой длительности. Из-за отражений от распределенных и/или локальных неоднородностей возникает поток обратного рассеяния. При регистрации этого потока выражают затухание кабеля как функцию его длины. Анализ данной функции позволяет выявить местонахождение, характер неоднородностей и величину вносимых локальных и распределенных потерь. Полученные результаты представляются в форме диаграммы (рефлексограммы), что дает возможность гораздо более точно определить характеристики неоднородностей и причины их возникновения.

Упрощенная структурная схема рефлектометра изображена на рис. 12.14. Управляющий процессор обеспечивает согласованную работу полупроводникового лазера и электронного осциллографа. Для ввода оптических импульсов в волокно служит направленный ответвитель с розеткой оптического разъема. Поток обратного рассеяния через ответвитель поступает на фотоприемник, где преобразуется в электрическое напряжение, подаваемое, в свою очередь, на вход вертикальной развертки Y осциллографа. На экране последнего происходит формирование кривой обратного рассеяния.



Рис. 12.14  
Структурная схема рефлектометра

Для улучшения массогабаритных характеристик прибора и расширения его функциональных возможностей в смысле различных вариантов представления результатов измерения и их сохранения для дальнейшего анализа многие модели рефлектометров, особенно портативных, выполняют поточечное построение рефлектограммы из значений, записанных во внутреннюю память в цифровом виде, а в качестве индикатора используется жидкокристаллический дисплей.

Пример рефлектограммы, выводимой на экран рефлектометра, показан схематически на рис. 12.15. Наряду с главным изменением уровня мощности потока обратного рассеяния на рефлектограмме имеются локальные скачки, обусловленные различными неоднородностями. Начальный выброс сигнала 1 обусловлен френелевским отражением в оптическом разъеме, через который прибор соединяется с испытуемым кабелем. Форма правого фронта этого выброса определяется процессами установления модового состава излучения на начальном участке. Аналогичный выброс 3 рефлектометр регистрирует при наличии в тракте разъемного соединителя и на конце кабеля в точке 4. Точка сращивания световодов в механическом или сварном силайсе, в которой обычно отсутствуют отражения, отмечается на рефлектограмме ступенькой 2, высота которой пропорциональна величине вносимых потерь. Место обрыва или конца кабеля определяется по импульсу френелевского отражения 4 и следующему за ним участку 5 с резкими шумообразными перепадами уровня регистрируемого сигнала.

В некоторых случаях конечная точка волокна имеет неплоскую или ненеренгендикулярную оси торцевую поверхность. Такой случай отображается на рефлектограмме резким падением уровня сигнала обратного рассеяния при небольших или полностью отсутствующих шумонодобных перепадах уровня сигнала за точкой скола.

Высококачественные чувствительные рефлектометры при исследованиях коротких трасс с малыми потерями достаточно часто фиксируют неоднородность на расстоянии, которое в два раза превышает длину кабельной трассы. Этот эффект определяется двойным отражением зондирующих импульсов от дальнего и ближнего конца волокна.

По углу наклона прямых участков рефлектограммы можно рассчитать величину удельных потерь, а по перенаду между начальной и конечной точками – общие потери в тракте. Все расчеты производятся контроллером прибора автоматически, для проведения измерений на локальных участках используется управляемая оператором система маркеров и указателей.

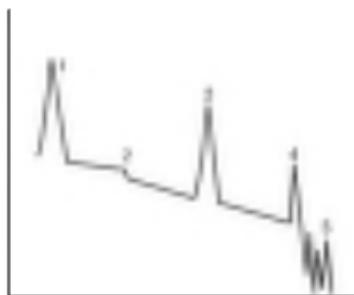


Рис. 12.15. Пример рефлектограммы, снимаемой рефлектометром

### 12.3.3.2. Конструктивные особенности рефлектометров

На практике находят применение одномодовые и многомодовые рефлектометры, которые работают во всех основных окнах прозрачности волоконных световодов и могут быть выполнены в виде стационарного прибора размером с профессиональный осциллограф (так называемый рефлектометр дальнего действия) либо портативного мини-рефлектометра. Небольшие габариты и масса последних в сочетании с хорошими характеристиками при работе на кабельных трассах длиной до нескольких десятков километров привели к их широкому распространению среди системных интеграторов, занимающихся созданием линий

волоконно-оптической связи СКС. Технические параметры некоторых мини-рефлектометров представлены в табл. 12.18.

Таблица 12.18. Технические параметры мини-рефлектометров

Фирма-изготовитель	FTB-250-202	FTB-250-303	FTB-250-303	OFT-50	OFT-30	AQ7225A	AQ7225A
Параметр		ExFO		Wandel & Goltermann		Wandel	Goltermann
Тип световода	SM	SM	MM	SM	MM	SM	MM
Длина	1310	1550	850	1310	850	1310	850
Динамический диапазон, дБ	28	26	24	30	22	31	31
Ближняя зона нечувствительности, м	3	5	2	—	—	25	25
Разрешающая способность, м	15	25	7	14	8	5	5
Масса, кг	6,52	6,52	6,52	2,5	2,5	4,6	4,6

Перед проведением измерений оператор имеет возможность установить длительность зондирующего импульса, время накопления результатов, величину порога регистрации неоднородности и другие параметры, влияющие на точность и продолжительность измерений, устойчивость представления рефлектограммы и т.д.

Потери на различных дефектах и неоднородностях, величина которых характеризуется высотой соответствующей ступеньки на рефлектограмме, рассчитываются методами двух и четырех точек. Для увеличения точности расчетов общих и удельных потерь оператору предоставляется возможность ручной установки маркеров; остальные операции контроллер рефлектометра выполняет автоматически. Чтобы облегчить считывание показаний горизонтальная ось индикатора градуируется в метрах, милях или футах, а вертикальная – в децибелах.

Рефлектометр имеет функцию луны времени, наличие которой обеспечивает возможность изучения определенных участков рефлектограммы с увеличенным разрешением. При этом вся рефлектограмма линии с указанием на ней места исследуемого участка также выводится на экран, но в мелком масштабе.

Для удобства работы в современных мини-рефлектометрах предусмотрена встроенная функция автоматического выбора диапазона измеряемых длин и длительности зондирующего импульса, а также воспроизведения формируемой рефлектограммы с дискретом 2 с (режим Real time). Приборы позволяют с высокой точностью (разрешающая способность по уровню оптического сигнала 0,01 дБ и по длине до 10 см) анализировать форму рефлектограммы, представляемой как в графическом, так и табличном виде. Чтобы облегчить анализ сложных трасс с большим количеством неоднородностей, в рефлектометр FiberFOX фирмы Wandel & Goltermann введена функция сертификации. При ее активизации прибор автоматически сравнивает параметры всех неоднородностей с нормами и выдает результат в виде «соответствует – не соответствует».

Данные измерений записывают во внутреннем ЗУ, на магнитную карточку, внутренний жесткий диск или 3,5-дюймовую кассету. При необходимости рефлектограмма может быть считана на внешнее устройство с помощью интерфейса RS-232 или Centronics.

Наглядность выполняемых измерений и информативность экрана индикатора в современных мини-рефлектометрах увеличивают применением цветного жидкокристаллического дисплея с типовым размером по диагонали 7–8 дюймов, хотя в младших моделях из соображений минимизации стоимости прибора применяется монохромный экран. Для управления процессом измерения, обработки и считывания результатов в большинстве приборов установлены кнопочные переключатели (канадская компания ExFO использует для этого сенсорный экран). Упрощение выполнения рабочих процедур достигается развитой системой графических и текстовых подсказок, выводимых на экран индикатора.

Рефлектометры фирм ExFO (рис. 12.16) и Laser Precision комплектуются встроенной алфавитно-цифровой клавиатурой. Ее наличие позволяет снабжать полученные рефлектограммы обширными тестовыми комментариями без подключения внешней клавиатуры.

Обычно рефлектометр имеет «мертвую зону», так как измерения потока обратного рассеяния невозможны до окончания действия зондирующего импульса. Для устранения этого недостатка в рефлектометрах типа OFT-30 и OFT-50 немецкой фирмы Wandel & Goltermann предусмотрена внутренняя удлиняющая волоконная катушка, конец которой принимается за нуль шкалы.

Питание мини-рефлектометра производится от сетевого источника или никель-кадмевого аккумулятора. Емкости полностью заряженного аккумулятора достаточно для поддержания работоспособности некоторых моделей в течение 8 часов. В комплект поставки прибора входят два аккумулятора и зарядное устройство, что обеспечивает возможность непрерывных измерений. Многие модели приборов имеют выведенный на экран дисплея аналоговый или цифровой индикатор уровня зарядки аккумулятора.

Мини-рефлектометры первого поколения обычно выпускались в виде закошенных приборов. В современных конструкциях отчетливо наметилась тенденция перехода к модульным решениям: приборы оформлены в виде шасси с несколькими слотами, куда вставляются сменные блоки различного назначения, предназначенные для измерений в диапазонах длин волн 850, 1300 и 1550 нм одномодовых и многомодовых световодов. В таких рефлектометрах часто предусматриваются встроенный принтер, работающий на термо чувствительной бумаге, дисковод 3,5-дюймовых дискет для записи на них результатов измерений и гнездо для установки магнитной карточки. Последнее весьма удобно в случае необходимости обновления версии программного обеспечения. В число сменных модулей входят также оптический тестер, визуализатор дефектов, оптический телефон, оптический анализатор спектра и другие приборы. На корпусе обычно имеются гнезда для подключения клавиатуры и манипулятора типа «мышь». Количество сменных модулей различного назначения в рефлектометре типа MTS-5100 фирмы Wavetek составляет 22.

На российском рынке представлены рефлектометры практически всех ведущих изготовителей оборудования этого класса. Наибольшее распространение получили приборы фирм Wavetek, Ando, Hewlett Packard, ExFO и Anritsu.



Рис. 12.16. Рефлектометр типа FTB-300  
фирмы ExFO

С целью снижения стоимости рефлектометров предложено решение в виде плат для установки в PC-совместимые компьютеры (платы серии AOC фирмы Antel и платы FCS-300 и FCS-400 компании ExFO). Плата вставляется в слот стационарного или портативного компьютера и несет на себе электронные компоненты формирования зондирующего импульса, приема отраженного сигнала и его преобразования в электрический сигнал. Процедуры дальнейшей обработки и построения рефлектограммы выполняет процессор компьютера, на котором предварительно должно быть инсталлировано соответствующее программное обеспечение. В случае необходимости в один компьютер может быть установлено несколько таких плат.

В процессе проведения измерений с помощью рефлектометров иногда используют так называемые *нормализующие катушки*. Это устройство представляет собой волоконный световод в буферном покрытии 0,25 мм длиной не менее 1 км, намотанный на бобину. Один из концов волокна армирован наконечником разъемного соединителя и при измерениях подключается к рефлектометру. Второй конец волокна соединяется с испытуемым кабелем сваркой, механическим силайсом или через второй разъем. Основное назначение катушки – эффективное подавление вытекающих и излучаемых мод с обеспечением устранившегося модового режима, то есть катушка фактически играет роль модового фильтра. Это позволяет значительно увеличить точность анализа начального участка неоконцованных оптических кабелей. Одновременно катушка устраниет мертвую зону рефлектометра. В последнем случае вилка разъемного оптического соединителя устанавливается также на второй конец волокна, а сама катушка помещается в футляр с выведенными на его торцевую поверхность розетками. Такое конструктивное исполнение имеет катушка типа FSM-1000 американской компании FiberPlus.

### **12.3.3.3. Оптические локаторы**

Классический рефлектометр даже в варианте мини-рефлектометра является сложным и дорогим прибором<sup>1</sup> и потому мало доступен широкому кругу средних и особенно мелких фирм, занимающихся созданием СКС. Стремление разработчиков технологического оптоволоконного оборудования удовлетворить потребности пользователей этого сегмента рынка привело к появлению упрощенных моделей зондирующих оптических приборов, получивших название оптических локаторов или измерителей длины оптической линии. Принцип действия локаторов и измерителей также основан на методе обратного рассеяния, а упрощение достигнуто главным образом за счет отказа от графического дисплея и применения более простого специализированного программного обеспечения, выполняющего процедуры построения рефлектограммы. Это позволяет на 10–50% снизить стоимость локатора по сравнению с обычными рефлектометрами.

В более сложном измерителе типа Photodyne, серия 5200 американской фирмы 3М, графический дисплей заменен простым алфавитно-цифровым, на который можно последовательно выводить расстояние до дефекта или неоднородности и величину затухания сигнала на этом дефекте. Дальность действия измерителя достигает 82 км.

Измерители длины оптической линии типа Fiber Ranger американской компании Rfoc имеют значительно лучшие массогабаритные показатели благодаря уменьшению гарантированной дальности действия до 5 км. Эти измерители, выпускаемые в одномодовом и много-модовом вариантах, последовательно выводят на экран расстояние до неоднородностей. При наличии у пользователя персонального компьютера, на котором инсталлировано

<sup>1</sup> По состоянию на начало 1999 года стоимость наиболее дорогих моделей рефлектометров, включая встроенные программы в базовом аппарате, составляла примерно 9 тысяч долларов.

соответствующее программное обеспечение, на экране монитора может быть воспроизведена полная рефлектограмма исследуемой линии.

### 12.3.4. Идентификаторы активных волокон и визуализаторы дефектов

Идентификатор активных волокон используется в процессе проведения профилактических работ на оконечных коммутационно-распределительных устройствах и обеспечивает быструю и точную идентификацию волокон без прерывания связи с указанием направления передачи сигнала. Принцип его действия основан на применении изгибающего ответвителя и фотодетектора, регистрирующего снимаемый с ответвителя световой поток. Для выполнения идентификации головку прибора надевают на световод. После срабатывания зажима на световод воздействует калиброванное изгибающее усилие. В точке изгиба за счет нарушения условий распространения и появления большого количества вытекающих мод начинается интенсивное свечение, которое регистрируется фото приемником. Идентификатор не только обнаруживает активное волокно, но и показывает направление распространения оптического сигнала по нему. Чувствительность используемого в идентификаторе фото приемника достаточна для работы с волокнами в цветном буферном покрытии 0,9 мм. Результат измерения отображается светодиодным индикатором и акустическим извещателем. Для дополнительного увеличения точности и функциональной гибкости при работе в условиях фоновой засветки идентификатор может быть настроен на обнаружение сигнала с определенной частотой модуляции, который генерирует оптический тестер. Известные модели идентификаторов (AFD-100 фирмы NHC, LFD-100 фирмы ExFO и OFI компании Wilcom) выполнены в виде ручных приборов с батарейным питанием (рис. 12.17).

Визуализатор дефектов предназначен для выявления близких к концу кабеля (расстояние не более 5 км) обрывов и других дефектов волоконных световодов методом просветки. Основой прибора является мощный лазер красного свечения; для улучшения условий наблюдения световой поток этого лазера может модулироваться с частотой 1 Гц. При подключении визуализатора к волокну в месте повреждения наблюдается красное свечение.

Некоторые модели оптических рефлектометров (например, E6000A компании Hewlett Packard) модульной конструкции позволяют встраивать модуль визуализатора дефектов в базовый блок.

## 12.4. Выводы

Измерения в СКС выполняются на всех этапах строительства и эксплуатации кабельной системы и являются необходимым условием обеспечения нормального функционирования и быстрого восстановления работоспособности каналов и трактов в аварийных ситуациях.



Рис. 12.17. Идентификатор активных волокон типа AFD-100 канадской фирмы NHC

Измерения проводятся в процессе входного контроля, приемо-сдаточных испытаний и эксплуатации СКС, причем последние делятся на профилактические, аварийные и контрольные. Правила и методики этих измерений построены по одинаковым принципам, для их реализации применяются одинаковые измерительные приборы. Конкретный объем и методика измерений того или иного вида зависят от поставленной цели, а также от требований к точности и быстроте получения результата.

Основные методы измерения в СКС совпадают с применяемыми для тестирования обычных кабельных линий. Однако специфика СКС заставляет вводить серьезные изменения как в измерительные методики, так и в конструкцию приборов.

Стандартизованные нормативными документами модели тестируемых объектов и измерительные методики позволяют уменьшить ошибки определений основных параметров до уровня 1,0–1,5 дБ, что удовлетворяет потребностям как эксплуатационных измерений, так и сертификационных проверок на предоставление гарантии производителя СКС.

Основной вывод о соответствии тестируемой электрической линии нормам делается по результатам контроля четырех параметров (затухание и переходное затухание в полосе частот до 100 МГц, длина и правильность разводки), современные тестеры СКС проверяют также ряд дополнительных характеристик. После принятия новых редакций стандартов следует ожидать появления следующего поколения тестеров с расширенным частотным диапазоном и перечнем контролируемых параметров. Для линий оптической связи обязательно контролируется только длина и общее затухание на различных длинах волн. Из-за большого числа тестируемых объектов и необходимости контроля значительного количества параметров электрических и оптических трактов СКС широко применяются приборы с микропроцессорным управлением и внутренней памятью на 500 и более результатов тестирования (так называемые тестеры СКС и автоматические измерители). Полный комплекс измерений одной линии выполняется ими целиком в автоматическом режиме за несколько десятков секунд без предварительной настройки. Значительная стоимость этих приборов стала причиной достаточно широкого распространения более простых неавтоматизированных измерителей для выполнения текущих измерений.

Магистральным направлением развития техники тестирования оптических трактов СКС является создание специализированных моноблочных автоматических измерителей или оптических приставок к электрическим тестерам СКС. Такие устройства одновременно контролируют пару волокон на всех рабочих длинах волн сетевой аппаратуры, реализуя при этом отдельные функции рефлектометра и выполняя первичную оценку полученных результатов.

# ГЛАВА XIII

## Эксплуатация СКС

### 13.1. Администрирование

Структурированная кабельная система среднего размера состоит из нескольких тысяч или даже десятков тысяч отдельных элементов, которые взаимодействуют между собой по некоторой схеме. Схема подключения элементов может меняться в процессе текущей эксплуатации, причем зачастую в значительной степени; иногда добавляются новые связи, демонтируются какие-то линии и т.д. Ясно, что эффективная эксплуатация столь сложной системы, как СКС, невозможна без соблюдения определенного набора строгих правил, которые объединяются общим понятием «администрирование».

Очевидно, что основа для эффективного администрирования должна быть заложена на раннем этапе создания кабельной системы – в процессе ее проектирования. Поэтому принципы администрирования надо обязательно учитывать при подготовке рабочей документации.

#### 13.1.1. Концепция администрирования

Основными нормативными документами, регламентирующими различные вопросы администрирования кабельных систем, являются стандарты TIA/EIA-606 [16] и ISO/IEC 14763-1 [17]. Ниже рассмотрены содержащиеся в них рекомендации. Цель данных документов состоит в создании единой схемы администрирования кабельной системы независимо от вида использующих ее приложений. Дополнительно в стандарты входят правила ведения документации.

Администрирование основано на создании и поддержке базы данных, в которой имеется достоверная информация о характеристиках кабельной системы, ее отдельных элементах и их взаимодействии. Наличие подобной базы позволяет свести к минимуму время, необходимое для выполнения переключений в процессе поиска и устранения неисправностей, восстановления связей при авариях, изменениях конфигурации системы при перемещении сотрудников из одного помещения в другое, а также при организации новых рабочих мест и других аналогичных производственных ситуациях.

В базе обязательно следует отразить информацию о текущей структуре конкретной реализации СКС, в том числе о ее постоянных компонентах:

- кабельных каналах;
- кабелях;
- телекоммуникационных розетках рабочих мест;
- разделке кабелей на коммутационном оборудовании в кроссовых и аппаратных;
- помещениях кроссовых и аппаратных;

В обязательном порядке в базе приводятся данные о:

- коммутационных соединениях и подключениях;
- неисправностях компонентов кабельной системы.

База данных может составляться в электронном или бумажном виде, причем бумажная форма ее представления считается предпочтительной только для небольших СКС. Стандарты не дают никаких сведений о числе портов кабельной системы, начиная с которых рекомендуется применение электронных вариантов представления. Наличие структурированного в форме реляционной базы данных набора сведений о постоянных элементах СКС и их действующих связях между собой позволяет:

- получить объективную картину о текущем состоянии кабельной системы;
- легко планировать и осуществлять необходимые переключения;
- быстро локализовать и устранять неисправности в аварийных ситуациях.

Концепция администрирования строится на основе использования для каждого из перечисленных выше постоянных элементов кабельной системы идентификаторов, записей, ссылок между записями, дополнительной информации.

Рис. 13.1 показывает взаимосвязь между этими понятиями.

### 13.1.1.1. Идентификаторы

Идентификаторы присваиваются каждомуциальному элементу кабельной системы, подлежащему администрированию, и обеспечивают возможность его однозначной связи с записью, в которую включены характеристики данного элемента.

Идентификатор по TIA/EIA-606 представляет собой набор любых удобных для пользователя буквенно-цифровых символов. Рекомендуется планировать построение схемы идентификации элементов кабельной системы таким образом, чтобы однотипные элементы имели уникальные идентификаторы. Такая уникальность достигается с помощью префиксов. При выборе префиксов действуют основные положения в отношении выбора имен файлов в операционной системе DOS: сформированный с ее помощью идентификатор должен быть понятен администратору СКС. Длина идентификатора и список запрещенных для применения символов в случае электронной базы данных лимитируется только ограничениями программного обеспечения, используемого для ее поддержки (табл. 13.1).

При построении схемы идентификации не исключается возможность введения непосредственно в идентификатор определенной информации об обозначаемом элементе. Например, идентификатор P701-1-1 может быть присвоен информационной розетке 1 на рабочем месте 1 в комнате 701.

На рис. 13.2 представлен пример реализации плана идентификации, реализующего изложенные выше положения.

В отличие от своего американского аналога, международный стандарт ISO/IEC 14763-1 дает более конкретные рекомендации как по принципам построения идентификатора, так и по структуре отдельных его полей. Согласно этому документу данный элемент системы администрирования имеет формат, который приведен в табл. 13.2. Поле 1 содержит общую информацию о здании или о месте нахождения здания. Минимальная длина этого поля должна составлять 5 алфавитно-цифровых символов. Поле 2 определяет местонахождение комнаты или иного помещения и имеет минимальную длину в 7 алфавитно-цифровых символов. Поле 3 предназначено для идентификации конкретного компонента СКС и включает в себя по меньшей мере одно знакомство для записи идентификатора этого компонента и три позиции для записи его номера. Поле 4 используется для занесения в него номера порта активного сетевого оборудования, а в поле 5 входят дополнительные данные о компоненте.

Технически маркировка элементов кабельной системы согласно стандартам выполняется двумя способами: к элементу прикрепляется метка, содержащая идентификатор, или

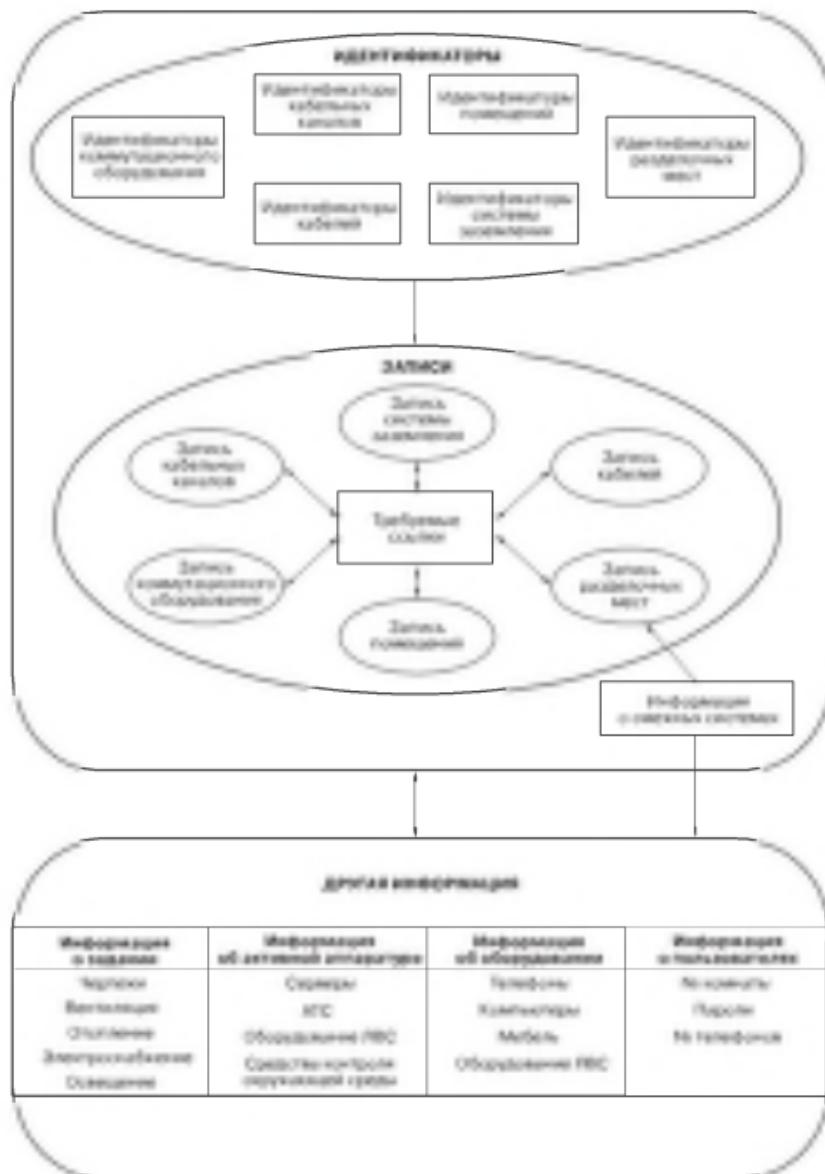


Рис. 12.1. Базисные идентификаторы, зоны и зоны на Т4 (T4-006)

маркируется сам элемент. Маркировка должна быть долговечной, четкой и удобочитаемой. Более подробно этот вопрос рассматривается далее в разделе 13.1.4.

Таблица 13.1. Пример уникальных префиксов для элементов кабельной системы

Axxx	Аппаратная
ВКххх	Вытяжная коробка
ВОххх	Волокно
ВСххх	Ввод внешних служб
ЗОххх	Заземляющий проводник активного оборудования
ЗПххх	Заземляющий проводник
КБххх	Кабель
КВххх	Кабельный ввод
КЛххх	Кабельный лоток
Кххх	Кроссовая
КЦххх	Колодец
МКххх	Магистральный кабель
МТххх	Магистральная труба
РКххх	Рука
РМххх	Рабочее место
РОххх	Розетка
ТДххх	Точка доступа
ТРххх	Труба
ТСххх	Точка сращивания
ШГПЗ	Шина главного контура заземления телекоммуникационного оборудования
ШЗххх	Шина контура заземления
ШМххх	Шкаф для монтажа оборудования
ШТЗххх	Шина контура телекоммуникационного заземления

Таблица 13.2. Формат идентификатора системы администрирования СКС по ISO/IEC 14763-1

Поле 1	Поле 2	Поле 3	Поле 4	Поле 5
Информация о здании	Данные о комнате	Идентификатор компонента	Номер порта	Физические данные

### 13.1.1.2. Записи

Запись формируется в виде набора данных о характеристиках того элемента кабельной системы, которому она соответствует. Необходимо, чтобы идентификаторы отдельных элементов однозначно указывали на соответствующие им записи.

В каждой записи допускаются поля четырех типов:

- обязательная информация;
- обязательные ссылки;

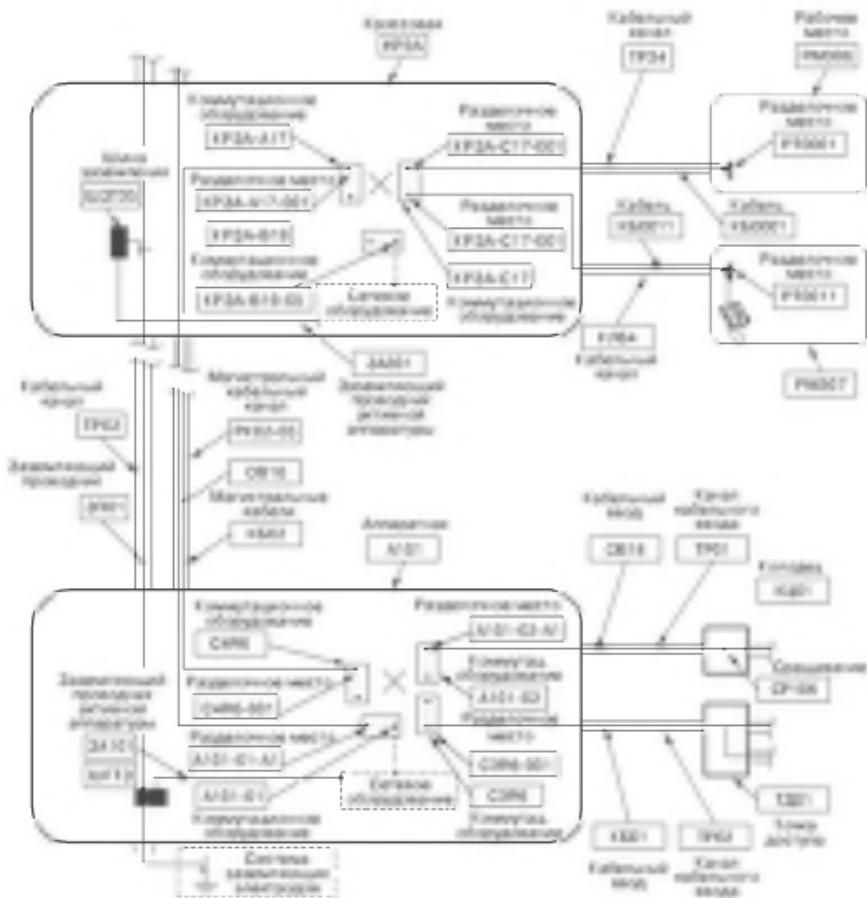


Рис. 13.2. Пример плана идентификации элементов кабельной системы

- факультативная информация;
- факультативные ссылки.

Обязательные поля определяют тот минимальный набор информации, без которой нормальное администрирование кабельной системы становится невозможным. Например, согласно ISO/IEC 14763-1 в обязательную информацию о любом электрическом кабеле входят данные о местонахождении его концов, типе и числе пар. Сведения в факультативных полях делают более удобным администрирование СКС.

В информационных полях записи могут быть числовые или текстовые характеристики элемента кабельной системы.

Записи должны в обязательном порядке обновляться при внесении любых изменений в кабельную систему.

### **13.1.1.3. Ссылки**

Ссылки обеспечивают логические связи между записями и позволяют выполнять переход от одной записи к другой.

Для организации ссылок используются выделенные для этой цели поля записей, которые тем или иным образом связываются с другими записями. Например, в одно из ссылочных полей в записи кабеля может входить идентификатор розеточного модуля или иного аналогичного элемента на коммутационном оборудовании, на котором разделан кабель. Этот идентификатор, в свою очередь, указывает на запись с информацией об этом коммутационном оборудовании и т.д.

Данное правило распространяется не только на информационные, но и на другие инженерные системы здания (силовое электропитание, вентиляция, кондиционирование и т.д.).

### **13.1.1.4. Информация о смежных системах**

База данных, помимо сведений, касающихся собственно кабельной системы, нередко содержит фактическую или ссылочную информацию, относящуюся к другим смежным системам. Например, розетке панели, на которую заводится кабель от городской телефонной сети, полезно поставить в соответствие телефонный номер ГТС и т.д.

### **13.1.1.5. Другие формы представления информации**

Стандарт TIA/EIA-606 предлагает помимо идентификаторов, записей и ссылок использовать при администрировании кабельной системы *сводные таблицы, чертежи и заявки на работы*.

Сводные таблицы и другие аналогичные документы являются краткой формой обобщения информации администрирования и включают в себя набор данных из нескольких записей одного и того же типа или взаимосвязанных записей разных типов. Если система администрирования ведется в электронной форме, то эти таблицы легко сформировать стандартными средствами систем управления баз данных в виде отчетов, диаграмм, различного рода форм и т.д.

Чертежи служат для изображения элементов кабельной системы в графической форме на различных стадиях планирования и установки. Обычно в чертежах показывают схемы размещения элементов кабельной системы внутри какого-либо выделенного объекта (например, расположение коммутационного оборудования внутри монтажного шкафа), трассы прокладки кабелей, размещение розеток на этаже здания и т.д.

В зависимости от вида и типа представления информации чертежи делятся на структурные схемы, рабочие чертежи (используются монтажниками при проведении работ по монтажу) и эксплуатационную документацию (содержат информацию о составе кабельной системы по окончании монтажных работ с учетом всех поправок к рабочим чертежам, внесенных в них в процессе выполнения работ).

Заявки, или наряды, на работы должны включать в себя подробные данные о каждой операции, приводящей к изменениям в кабельной системе: о переключении коммутационных шнуров, добавлении кабельного канала, перемещении корпуса розеточного модуля и т.д. В заявке надо обязательно указать лицо, ответственное за выполнение работ и за внесение соответствующих изменений в документацию администрирования. После выполнения любого действия, изменяющего конфигурацию кабельной системы, следует непременно

скорректировать все записи о тех элементах в кабельной системы, которые были затронуты сделанными изменениями.

### 13.1.1.6. Содержание записей

Сводка полей, обязательных в записях для того или иного типа элементов кабельной системы (обязательные поля) по TIA/EIA-606, представлена в табл. 13.3.

Таблица 13.3. Сводка полей записей по TIA/EIA-606

	Запись	Обязательная информация	Обязательные ссылки на записи
Пространства и кабельные каналы	Кабельные каналы	<ul style="list-style-type: none"> <li>• идентификатор</li> <li>• тип</li> <li>• заполнение</li> <li>• нагрузка</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• кабелей</li> <li>• пространств</li> <li>• кабельных каналов</li> <li>• заземления</li> </ul>
	Пространства	<ul style="list-style-type: none"> <li>• идентификатор</li> <li>• тип</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• кабельных каналов</li> <li>• кабелей</li> <li>• заземления</li> </ul>
	Кабель	<ul style="list-style-type: none"> <li>• идентификатор</li> <li>• тип</li> <li>• номера неразделенных пар/проводников</li> <li>• номера поврежденных пар/проводников</li> <li>• номера свободных пар/проводников</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• розеточного модуля</li> <li>• сращивания</li> <li>• кабельных каналов</li> <li>• заземления</li> </ul>
Кабельные линии	Разъемное соединение [розетки и коммутационное оборудование]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• идентификатор</li> <li>• тип</li> <li>• номера поврежденных розеток</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• розеточных модулей</li> <li>• пространств</li> <li>• заземления</li> </ul>
	Розетка	<ul style="list-style-type: none"> <li>• идентификатор</li> <li>• тип</li> <li>• код в схемной окончании</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• кабелей</li> <li>• других разъемных модулей</li> <li>• разъемных соединений</li> <li>• пространств</li> </ul>
	Сращивание	<ul style="list-style-type: none"> <li>• идентификатор</li> <li>• тип</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• кабелей</li> <li>• пространств</li> </ul>
	Главный контур заземления телекоммуникационного оборудования	<ul style="list-style-type: none"> <li>• идентификатор</li> <li>• тип</li> <li>• идентификатор заземляющего проводника</li> <li>• сопротивление до земли</li> <li>• дата последнего замера</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• заземляющих проводников</li> <li>• пространств</li> </ul>
Заземление	Заземляющий проводник	<ul style="list-style-type: none"> <li>• идентификатор проводника</li> <li>• тип проводника</li> <li>• идентификатор шины заземления</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• записи шин заземления</li> <li>• кабельных каналов</li> </ul>
	Шина заземления телекоммуникационного оборудования	<ul style="list-style-type: none"> <li>• идентификатор</li> <li>• тип</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• записи заземляющих проводников</li> <li>• записи пространств</li> </ul>

Стандарт ISO/IEC 14763-1 предлагает несколько иную структуру как самих полей защищений, так и их обязательного содержания. Так, в частности, обязательно описываются кабели, информационные розетки и коммутационное оборудование в технических помещениях, кабельные каналы и пространства, а также активное сетевое оборудование. Рекомендуется приводить в составе защищений результаты измерений параметров для линий и каналов.

### **13.1.2. Администрирование отдельных элементов кабельной системы**

#### **13.1.2.1. Администрирование кабельных каналов и помещений**

Под пространствами кабельной системы понимаются помещения, площади и конструкции, подходящие для размещения сетевого оборудования, коммутационных панелей и кабелей, а именно:

- аппаратные;
- кроссовые;
- рабочие места;
- кабельные вводы;
- колодцы;
- точки доступа.

Все пространства должны быть промаркованы. Маркировку рекомендуется производить в месте доступа в пространство.

Кабельные каналы предназначены для прокладки кабелей между пространствами. Если кабельный канал образован двумя или более отдельными сегментами разного типа или размера, то администрирование каждого такого сегмента проводится отдельно.

Любому кабельному каналу присваивается уникальный идентификатор, указывающий на соответствующую зашись. В кабельном канале, состоящем из нескольких секций, уникальным идентификатором маркируется каждая секция.

Кабельные каналы обязательно маркируются с двух сторон. Не исключается применение дополнительной маркировки в каких-либо определенных промежуточных точках или через равные расстояния. Когда в точке доступа заканчиваются три или более кабельных канала, следует промаркировать конец каждого из них.

Те кабельные каналы, для которых маркировка простыми средствами невозможна или нецелесообразна (например, каналы в ячеистых полах или структура распределительных подпольных каналов), должны иметь маркировку на чертежах.

В табл. 13.4 показан пример записи кабельного канала, а в табл. 13.5 – пример записи пространства. В графе значений прокомментировано содержание полей.

Рекомендуется, чтобы сводные таблицы содержали перечень соответствующих идентификаторов с указанием как минимум:

- для кабельных путей – их типа, текущего заполнения и текущей нагрузки;
- для пространств – их типа и точки расположения.

В чертежах пространств следует показывать вид сверху и разрез всех кроссовых, аппаратных и кабельных вводов, а в чертежах кабельных путей – трассы, радиусы изгиба, вытяжные коробки, проходы в стенах и огнезадерживающие детали.

Секция кабельных путей в заявках на работы должна включать в себя по меньшей мере идентификаторы кабельных каналов, их типы и соответствующие записи пространств, а секция пространств – идентификатор пространства и его тип.

Таблица 13.4. Пример записи кабельного канала

Параметры	Обязательная информация
Идентификатор	
Тип	Описание физических характеристик кабельного канала – тип, размер, другие характеристики
Заполнение	Текущее заполнение
Нагрузка	Текущая нагрузка
Обязательные ссылки	Идентификаторы записей
Кабели	Кабели, проложенные в канале
Пространство [конец 1]	Пространство, в котором начинается канал
Пространство [конец 2]	Пространство, в котором заканчивается канал
Пространства [точки доступа]	Промежуточные пространства, в которых можно получить доступ к кабелю
Кабельные каналы [другие]	Смежные кабельные каналы (продолжения данного)
Шина заземления	Если канал требует заземления
Параметры	Факультативная информация
Длина	
Максимальное заполнение	
Максимальная нагрузка	
Состояние	Наличие механических повреждений канала
Назначение	
Количество изгибов	
Номер чертежа	Ссылка на чертеж, на котором обозначен канал
Другое	
Другие ссылки	
Ссылка 1	Идентификатор здания
Ссылка 2	

### 13.1.2.2. Администрирование кабельных линий

Кабели горизонтальной и магистральных подсистем маркируются с обоих концов. Иногда желательно иметь маркировку в промежуточных точках кабеля, таких как окончания кабельных каналов, точки доступа, вытяжные коробки, а также указание на метках кабеля идентификаторов оконечных розеток.

Самым предпочтительным методом маркировки является установка на внешнюю оболочку кабеля меток различной конструкции. Нанесение маркирующих надписей на оболочку кабеля фломастером или специальным маркером рассматривается как временная мера и при первой возможности следует сделать постоянную метку.

При сращивании двух идентичных кабелей общая конструкция должна рассматриваться как один кабель.

Если в кабельной системе применяются гибридные кабели, метки устанавливаются на каждый функциональный элемент такого кабеля.

Таблица 13.5. Пример записи пространства

<b>Параметры</b>	<b>Обязательная информация</b>
Идентификатор	
Тип	Аппаратная, кроссовая, рабочее место, место доступа и т.д.
Обязательные ссылки	Идентификаторы записей
Кабельные каналы	Кабельные каналы, заканчивающиеся в этом пространстве
Кабели	Кабели, заканчивающиеся в этом пространстве
Шина заземления	Шина заземления в этом пространстве
<b>Параметры</b>	<b>Факультативная информация</b>
Размер	Размер пространства (длина, ширина, высота)
Точка расположения	Привязка к осям здания
Обслуживаемая зона	Наименование части здания
Ключ	Номер ключа дверного замка или код доступа
Другов	
Другие ссылки	
Ссылка 1	Идентификатор панели электроснабжения
Ссылка 2	Идентификатор устройства кондиционирования
Ссылка 3	Идентификатор записи активного оборудования
Ссылка 4	

Коммутационное оборудование содержит несколько розеточных модулей или элементов, функционально их заменяющих. Исходя из этого уникальные идентификаторы присваиваются как каждому элементу кроссового оборудования, так и каждому его разъему.

В табл. 13.6, 13.7, 13.8 и 13.9 приведены примеры записей элементов кабельной линии. В графе значений комментируется содержание полей.

Рекомендуется использовать следующие виды сводных таблиц:

- кабельный журнал – должен содержать по крайней мере перечень идентификаторов кабелей, их типы и места подключения. Допускается указание другой полезной информации из записей кабелей или других записей, например длины кабелей;
- таблица кабельных каналов – прослеживает соединения кабельной системы «от порта до порта» активного оборудования, в нее следует включать, как минимум, перечень пользователей, кабели, составляющие канал, и соответствующие разъемные соединители различных коммутационных панелей, между которыми осуществлена коммутация;
- таблица соединений – описывает все коммутации, выполненные в пределах данного пространства. Минимальная необходимая информация – перечень разъемов коммутационного оборудования в данном пространстве, которые соединены коммутационными шнурами, с указанием типа этого шнура.

Изображение на чертежах всех пространств, в которых заканчиваются кабели, и трасс магистральных кабелей обязательно; указание трасс горизонтальных кабелей – желательно. Следует также включить в состав документации план здания в разрезе и показать трассы прокладки магистральных кабелей через кабельные каналы, кроссовые, аппаратные и кабельные вводы.

Таблица 13.6. Пример записи кабеля

Параметры	Обязательная информация	
Идентификатор		
Тип	Физическое описание кабеля, код производителя, категория и т.д.	
Не задействованы	Номера незадействованных пар/проводников	
Повреждены	Номера поврежденных пар/проводников	
Свободны	Номера свободных (неиспользованных) пар/проводников	
Обязательные ссылки	Идентификаторы записей	
Места подключений	Конец 1	Конец 2
	Идентификатор места подключения	Идентификатор места подключения
Перечень номеров пар		
Сращивание	Идентификаторы записи сращивания этого кабеля	
Кабельные каналы	Кабельные каналы, по которым проложен кабель	
Шина заземления	Если оболочка кабеля требует заземления	
Параметры	Факультативная информация	
Длина		
Владелец		
Другое		
Другие ссылки		
Ссылка 1		

Таблица 13.7. Пример записи коммутационного оборудования

Параметры	Обязательная информация
Идентификатор	
Тип	Физическое описание, код производителя, тип
Повреждены	Номера поврежденных мест подключения
Обязательные ссылки	Идентификаторы записей
Место подключения 1	Идентификатор подключенного кабеля
Место подключения N	Идентификатор подключенного кабеля
Пространство	Пространство, в котором размещается оборудование
Шина заземления	Если оборудование требует заземления
Параметры	Факультативная информация
Зашито	Информация об устройстве защиты линий: типе, защищенных парах, токе, напряжении, времени отсечки
Другое	
Другие ссылки	
Ссылка 1	

Таблица 13.8. Пример записи места подключения

Параметры	Обязательная информация
Идентификатор	
Тип	Физическое описание, код производителя, категория и т.д.
Пользователь	Только на рабочих местах
Количество пар/волокон	
Обязательные ссылки	Идентификаторы записей
Кабель	Идентификатор подключенного кабеля
Подключен на другом конце	Место подключения второго конца кабеля
Коммутация	Место подключения, с которым данная точка подключения соединено коммутационным шнуром
Соединительное оборудование	{в состав которого входит данное место подключения}
Пространство	Пространство, в котором размещается оборудование

Параметры	Факультативная информация
Назначение	Приложение и идентификатор канала
Тип коммутации	Тип коммутационного шнура
Затухание	Затухание коммутационного шнура
Другое	
Другие ссылки	
Ссылка 1	

Таблица 13.9. Пример записи точки сращивания

Параметры	Обязательная информация
Идентификатор	
Тип	Метод сращивания
Обязательные ссылки	Идентификаторы записей
Кабель	Идентификаторы кабеля, которые были сращены
Пространство	Пространство, в котором расположено сращивание

Параметры	Факультативная информация
Использованное оборудование	
Другое	
Другие ссылки	
Ссылка 1	

На планах этажей необходимо отметить места установки информационных розеток.

На чертежах должны быть указаны места размещения всех промежуточных муфт и других устройств, в которых выполняется сращивание кабелей.

### 13.1.2.3. Администрирование заземления

В здании существует только один контур заземления телекоммуникационного оборудования, поэтому его идентификатор будет уникальным.

Проводник, соединяющий главный контур заземления телекоммуникационного оборудования с контуром защитного заземления здания, помечается на каждом конце табличкой (см. рис. 13.3). Все заземляющие проводники маркируются уникальными идентификаторами на обоих концах.

Рис. 13.3  
Метка заземляющего проводника

**Предупреждение!**

Обязательно известите службу эксплуатации здания,  
если вам необходимо удалить или переместить этот кабель

В табл. 13.10 и 13.11 приведены примеры записей главного контура заземления и заземляющего проводника.

Таблица 13.10. Пример записи главного контура заземления телекоммуникационного оборудования

Параметры	Обязательная информация
Идентификатор	
Тип	Тип и физические характеристики шины телекоммуникационного контура заземления
Метка заземляющего проводника	Установлено ли метка на заземляющий проводник [рис. 13.3]
Сопротивление заземления	Сопротивление заземляющего проводника до заземляющего электрода
Дата последнего замера	
Обязательные ссылки	Идентификаторы записей
Заземляющий проводник	Запись заземляющего проводника, связывающего с контуром заземления здания
Пространство	Пространство, в котором размещается шина главного контура заземления телекоммуникационного оборудования
Параметры	Факультативная информация
Другое	
Другие ссылки	
Ссылка 1	

В сводную таблицу системы заземления помещают по меньшей мере перечень шин отдельных контуров заземления с указанием заземляющих проводников для подключения к контуру более высокого уровня.

На чертежах системы заземления требуется указывать место расположения заземляющего электрода, трассу прокладки проводника, соединяющего заземляющий электрод с главным контуром заземления телекоммуникационного оборудования, все контуры заземления в здании и, желательно, трассы прокладки заземляющих проводников от этих контуров к главному контуру заземления телекоммуникационного оборудования. Следует

также включить в состав документации разрез здания с указанием трасс прокладки заземляющих проводников через кабельные каналы, кроссовые, аппаратные и кабельные вводы.

*Таблица 13.11. Пример записи заземляющего проводника*

Параметры	Заземляющий проводник Обязательная информация
Идентификатор	
Тип	Тип и физические характеристики проводника
Шина контура заземления	К какому контуру заземления подключается проводник
Обязательные ссылки	Идентификаторы записей
Шина контура заземления	Какой контур заземления подключается данным проводником
Кабельный канал	Кабельный канал, в котором проложен проводник
Параметры	Факультативная информация
Длина	
Другое	
Другие ссылки	
Ссылка 1	
Параметры	Шина контура заземления Обязательная информация
Идентификатор	
Тип	Тип и физические характеристики шины контура заземления
Обязательные ссылки	Идентификаторы записей
Заземляющий проводник	Запись заземляющего проводника, связывающего с главным контуром заземления телекоммуникационного оборудования
Пространство	Пространство, в котором размещается контур заземления
Параметры	Факультативная информация
Другое	
Другие ссылки	
Ссылка 1	Ссылка на записи заземляющих проводников активного оборудования
Ссылка 2	

### **13.1.3. Системы интерактивного управления СКС**

Под системами интерактивного управления понимаются программно-аппаратные комплексы, обеспечивающие постоянный мониторинг состояния отдельных портов коммутационных панелей в технических помещениях. По состоянию на середину 2001 года в широкую коммерческую продажу поступило три основных разновидности систем интерактивного управления, которые подробно рассматриваются ниже. Общим в этих разработках является построение по иерархическому принципу для увеличения количества обслуживаемых портов, наличие модифицированных коммутационных панелей, специализированных управляющих контроллеров и программного обеспечения, запускаемого на станции управления сетью (табл. 13.12). Перечисленные элементы одинаковы у всех продуктов с точностью до

названия и образуют различные уровни иерархии системы. Имеющиеся отличия обусловлены в основном принципами получения информации о подключении и отключении коммутационных шнурков.

*Таблица 13.12. Аналогии между основными элементами различных систем интерактивного управления кабельной проводкой*

Система	PatchView	iTracks	iPatch
Коммутационная панель	Smart Panel	Patch panel with iTracks sensors	iPatch Panel
Контрольное устройство верхнего уровня	Satellite Scanner	Link Analyzer	Rock Manager
Контрольное устройство верхнего уровня	Master Scanner	Master Analyzer	Network Manager
Программное обеспечение	PatchView Software	iTracks software	System Manager

Основное достоинство программно-аппаратных комплексов, рассматриваемых в данном параграфе, – возможность управления проводкой в интерактивном режиме. Применение таких систем позволяет за счет внедрения средств машинного контроля состояния портов автоматизировать ряд рутинных операций администрирования, упростить поиск неправильного соединения и ускорить выполнение процесса конфигурирования СКС. Наибольшие преимущества проявляются в крупных сетях с большим количеством портов и выражаются в резком сокращении объема бумажных документов и возможности в автоматическом режиме без вмешательства системного администратора обновлять базу данных соединений.

Сильные стороны систем интерактивного управления подразумевают увеличение стоимости готового решения и необходимость наличия источника питания, обеспечивающего работоспособность приборов нижнего и среднего уровня. У каждой системы имеются также свои недостатки, прямо связанные со способом снятия информации о выполнении операции переключения портов.

Заметим также, что рассматриваемые системы отслеживают конфигурацию только тех элементов СКС, которые охватываются действующими стандартами. Таким образом, принципиально не контролируется состояние оконечных шнурков подсистемы рабочего места, неисправность и неправильная коммутация которых являются причиной большинства отказов информационной системы офиса.

### **13.1.3.1. Система PatchView**

#### **Построение системы**

Система рассматриваемого типа (рис. 13.4) разработана израильской компанией RIT Technologies в середине 90-х годов и представляет собой удачную адаптацию на область СКС принципа интерактивного управления кабельной системой с использованием элементов мониторинга состояния отдельных портов.

Система PatchView аналогично СКС имеет иерархическую древовидную структуру и может быть построена фактическим наложением ее оборудования на СКС без внесения в последнюю сколь-нибудь существенных изменений.



Рис. 13.4  
Структура системы  
PatchView

Центральным элементом системы PatchView является станция управления, которая выполняет функции интерфейсного устройства для оператора, поддерживает базу данных, формирует команды, предупреждающие и другие сообщения. На втором уровне расположены один или несколько сканеров. В функции сканера входит обработка информации, поступающей с отдельных панелей, поддержка связи со станцией управления, а также выдача управляющих команд на светодиодные индикаторы панелей. Наличие резерва вычислительных возможностей контроллеров позволяет системе выполнять добавочные функции, связанные с опросом различных датчиков и выдачей команд на низкоскоростные исполнительные элементы. Третий, самый нижний уровень образуют интеллектуальные (по терминологии компании RIT Technologies) коммутационные панели. Они кроме собственно коммутации отдельных портов шнурами или с помощью переключателей осуществляют формирование сообщений о занятости отдельных розеток и передачу их с указанием сетевого адреса на сканер.

### Элементная база

Коммутационные панели серий SMART и SMART-GIGA выпускаются в 16-, 24- и 32-портовом вариантах. Их отличительная особенность состоит в том, что они имеют на каждом порту датчики, которые определяют момент подключения или отключения вилки коммутационного шнура.

Коммутация портов осуществляется посредством специальных 9-проводных шнуров, оконцованных 10-проводными вилками (остается незадействованным нулевой контакт). В случае необходимости возможно применение соответствующих стандартных 8-проводных шнуров с вилками 8-контактных модульных разъемов. При этом, однако, система мониторинга состояния портов становится неработоспособной. Необходимость использования в шнуре специального нестандартного 9-проводного кабеля обусловлена жестким запретом действующих стандартов СКС на выполнение каких-либо параллельных подключений к проводникам кабельного тракта.

Элементом, обеспечивающим интерактивное взаимодействие управляющей программы с пользователем при работе с панелью, служит красный индикаторный светодиод, которым снабжается каждая розетка. Коммутационная панель подключается к кабельному сканеру ленточным кабелем через так называемый контрольный порт, расположенный на задней поверхности панели в ее боковой части. Все типы коммутационных панелей компании

RIT Technologies в экранированном и неэкранированном вариантах доступны как в обычном варианте, так и с датчиками системы PatchView.

Оптические интеллектуальные панели по состоянию на середину 1998 года представлены единственной моделью SMART F/O 96. Это устройство имеет вид полки высотой 5U с 48 двойными SC-розетками, размещенными в четыре ряда. Каждая розетка снабжена индикаторным светодиодом. Подобно электрическим панелям, контрольный порт находится на задней поверхности полки в ее нижней части. Для коммутации служат специальные двухпроводные оптические шнуры длиной от 1 до 5 м (4 модели). В отличие от обычных они имеют дополнительный медный проводник диаметром 26 AWG в кабеле и электрический контакт в оправке вилки оптического разъема. Как и в электрических модульных панелях, допускается использование обычных коммутационных шнуров, однако в этом случае мониторинг состояния портов становится невозможным.

*Кабельный сканер* представляет собой специализированное электронное устройство, которое снабжено элементами крепления в 19-дюймовом конструктиве и располагается в одном шкафу с панелями. Различают основной (master) и дополнительный (satellite) сканеры. Их объединяют в общую систему с помощью локальной шины по стандартному интерфейсу RS-485. Для обмена сообщениями со станцией управления проводкой предусматривается порт с интерфейсом 10Base-T. К одному кабельному сканеру может быть подключено до 5 или 10 коммутационных панелей в зависимости от модификации. Розьмы для подключения соединительного кабеля расположены на задней поверхности сканера, сам кабель после подключения не виден пользователю, что соответствует общему фирменному стилю компании RIT Technologies. Основным назначением этого устройства является постоянный контроль состояния портов коммутационных панелей без влияния на процесс передачи информации. Обработка сообщений сканера и выдача на него команд выполняется дистанционно со станции управления. Для работы непосредственно в месте установки оборудования может быть применен переносной пульт, подключаемый прямо к сканеру через выделенный для этого порт на передней панели.

В качестве дополнительной опции допускается подключение к сканеру так называемого контроллера, который отслеживает состояния различных устройств в шкафу (замков, датчиков влажности и т.д.). Контроллер изготавливается в двух вариантах: нормальная полноразмерная версия и так называемый вспомогательный (auxiliary) адаптер. Один контроллер поддерживает работу максимум шести датчиков различного назначения и выдачу управляющих команд на четыре исполнительных элемента с помощью релейных контактов. Допускается каскадирование двух контроллеров. Более дешевый и малогабаритный вспомогательный адаптер обеспечивает работу двух индикаторов.

Контроллер и вспомогательный адаптер не имеют элементов крепления на монтажных рельсах 19-дюймового конструктива.

*Станция управления проводкой* – это персональный компьютер, на котором инсталлирован управляющее программное обеспечение, функционирующее в среде Windows. Станция обычно располагается в кросовой комнате или аппаратной, так что системный администратор может контролировать всю сеть до физического уровня. Графическое изображение шкафов, коммутационных панелей и сканера на экране монитора весьма близко к реальному и полностью соответствует привычному большинству пользователей графическому интерфейсу Windows.

## Функционирование системы PatchView

Сканер функционирует в полностью автоматическом режиме и начинает периодический опрос состояния портов сразу же после включения напряжения питания. Информация, собранная со всех портов, с помощью стандартного протокола SNMP передается на станцию

управления по локальной сети. В случае необходимости управления удаленным объектом данные могут быть отправлены с помощью модема или через порт RS-232.

Собранный информация заносится в соответствующие поля базы данных. Остальные поля содержат текстовую информацию и заполняются проектировщиком на этапе подготовки проектной документации и системным администратором в процессе текущей эксплуатации. База данных построена в строгом соответствии с требованиями стандарта TIA/EIA-606 и позволяет формировать все предусмотренные этим стандартом документы.

Выбор канала осуществляется посредством запроса в базу данных с указанием имени пользователя, номера комнаты, порта или любого другого поля. Все вносимые изменения могут быть запланированы в виде файла, который активизируется в момент начала работ по изменению конфигурации. Программное обеспечение управления анализирует отличия текущей конфигурации от заданной, а затем посыпает команды об изменениях каналов сканеру в соответствующем монтажном шкафу. Помощь технику, который собственно выполняет процесс переключения, оказывают индикаторные светодиоды, светящие постоянно или мигающие. При этом принята следующая идеология. Канал связи всегда имеет два и только два конца, поэтому светодиоды включаются парами. Сначала следует отключить все управляемые шнуры. Концы отключаемого коммутационного шнура отмечаются мигающими светодиодными индикаторами. Затем те порты, которые должны быть соединены, отмечаются постоянно горящими светодиодами. При ошибке подключения индикаторы переходят в мигающий режим работы, и светодиоды следующей пары соединяемых портов не включаются.

После завершения процесса переключения происходит автоматическое изменение базы данных. Это гарантирует немедленную и полную запись всех изменений, внесенных в конфигурацию СКС.

Дополнительно сканер обрабатывает и передает на станцию управления все сообщения от контроллера датчиков и исполнительных элементов. При поступлении эти сообщения немедленно выводятся на экран монитора станции управления.

Основное достоинство системы PatchView – возможность управления проводкой в интерактивном режиме. Особию убедительно преимущества PatchView проявляются в крупных сетях с большим количеством портов и выражаются в резком сокращении объема бумажных документов и возможности в автоматическом режиме без вмешательства системного администратора обновлять базу данных соединений.

Как главный недостаток системы PatchView отметим необходимость применения специальных 9-проводных шнурков, оконцованных нестандартными 10-позиционными вилками модульных разъемов.

За период 2000–2001 годов компания RIT заключила с рядом производителей кабельных систем (немецкая фирма ТКМ, американская компания Panduit и английская корпорация Brand-Rex) соглашение о лицензионном использовании продукта PatchView в выпускаемых ими СКС.

### 13.1.3.2. Система Enterprise 1

Система Enterprise 1 или PatchView for Enterprise<sup>1</sup>, созданная компанией RIT Technologies в 1999 году, представляет собой развитие системы PatchView с ориентацией на функционирование в крупных сетях корпоративного масштаба. Enterprise 1 – это программный

<sup>1</sup> Следует отнести к общему информационному комплексу принадлежащему компании Panduit, учетной и временной функции которого, что является особенностью ее технологии, опубликованы в книге ТР-10.

комплекс (табл. 13.12), который использует аппаратные средства PatchView. Основные отличия от прототипа заключаются в следующем [152]:

- система построена на основе клиент-серверной архитектуры с применением реляционной базы данных;
- продукт рассчитан на одновременную поддержку работы нескольких пользователей, максимальное количество которых определяется лицензией на программное обеспечение;
- идеология работы программного обеспечения базируется на принципе «от отдельного порта к целой системе», что является более естественным и привычным для обслуживающего персонала;
- в Enterprise 1 интегрированы мощные инструментальные средства поддержки текущей деятельности системного администратора, значительно превышающие по своим функциональным возможностям сервис, предоставляемый системой PatchView.

Как и в PatchView, процессом изменения конфигурации сети управляет модуль рабочих заданий, организующий и автоматизирующий рутинную работу по планированию и переконфигурации. Изменение базы данных соединений производится только после генерации извещения администратора и получения его согласия.

Встроенный модуль графического представления сети дает возможность отслеживать любую линию от порта до порта сетевого оборудования. Процесс анализа состояния и реконфигурации сети существенно упрощается и ускоряется благодаря визуальному характеру представления трактов передачи сигнала с выводом на экран рабочей станции администратора всех входящих в него элементов и их идентификаторов.

Открытая архитектура продукта позволяет очень эффективно импортировать самые разнообразные данные других приложений. Так, по состоянию на середину 2000 года такой обмен возможен с системами сетевого менеджмента ведущих производителей сетевого оборудования компаний Cisco и Cabletron, а также с известной системой HP Open View фирмы Hewlett Packard. Благодаря этому удается осуществлять контроль всего тракта передачи сигнала и инвентаризацию физических ресурсов всех элементов активной и пассивной частей сети на физическом уровне. Существенную помощь в выполнении последней функции оказывает наличие обширного набора средств отчетности, помогающих пользователю получать оперативную информацию о сети в любом разрезе.

Обслуживание и развитие комплекса информационно-вычислительных систем крупного предприятия ведется большой группой специалистов, организационно разбитых на отделы, секторы и т.д. со своими «зонами ответственности» у каждого подразделения и у отдельного специалиста. Enterprise 1, как продукт класса клиент-сервер, обеспечивает одновременную работу с базой данных соединений нескольких пользователей, причем для каждого из них индивидуально устанавливается уровень доступа и право внесения изменений.

Программный комплекс имеет Web-интерфейс, обеспечивающий доступ к модулю генерации отчетов и графического представления сети. Какие-либо изменения через этот интерфейс вносить невозможно, что продиктовано соображениями защиты сети от несанкционированного доступа.

### **13.1.3.3. Система iPatch фирмы Avaya Communication**

Система iPatch (прототип этого решения был известен под наименованием Smart Patching System) была впервые продемонстрирована компанией Avaya Communication в марте 2001 года на выставке CeBIT. Система iPatch представляет собой программно-аппаратный

комплекс, в состав которого входят специализированные панели, сканеры<sup>1</sup> двух различных разновидностей и программное обеспечение.

Панели системы iPatch выпускаются в 24- и 48-портовом вариантах и в зависимости от типа применяемых розеточных модулей могут обеспечивать характеристики пропускной способности категории 5e или 6. Основой информационной панели является стандартное гнездо модульного разъема, снабженное тремя внешними и независимыми по отношению к нему дополнительными элементами: датчиком с чувствительным элементом пластинчатого типа, индикаторным светодиодом и кнопкой. Пластина датчика располагается в верхней части гнезда модульного разъема, частично перекрывая его просвет. Вилка, вставляемая в гнездо, давит на скос пластиинки, поворачивая ее вверх. При этом срабатывает контакт, что регистрируется сканером.

Обе разновидности сканеров имеют высоту 1U. Глубина этого устройства сопоставима с глубиной панели, благодаря чему обеспечивается возможность его монтажа в неглубоких монтажных конструкциях типа настенных рам. Основной визуальный отличительный признак сканера системы iPatch – жидкокристаллический экран достаточно большой площади, предназначенный для вывода на него различных информационных сообщений. Управление сканером осуществляется с помощью контекстно зависимого меню на экране и шести расположенных вокруг него кнопок. Соединительные провода подключаются на задней стороне корпуса.

Одиночный Rack Manager поддерживает функционирование системы интерактивного управления, обслуживающей до сорока 24-портовых панелей iPatch. Максимальное количество сканеров Rack Manager, которые могут быть подключены к сканеру Network Manager, достигает 99.

Программное обеспечение System Manager управления кабельной системой работает в среде Windows 95/98 и имеет современный Explorer-подобный графический интерфейс пользователя.

В зависимости от сложности и топологии управляемой СКС, а также наличия и структуры ЛВС система iPatch может быть построена по трем основным вариантам (рис. 13.5). Так называемая *стандартная конфигурация* предполагает объединение коммутационных панелей iPatch в единую систему через системную шину и их подключение к Rack Manager. Обмен информацией между сканерами Rack Manager и ПО System Manager производится по компьютерной сети TCP/IP. Отличительная особенность так называемой *альтернативной конфигурации* – объединение в общую систему сканеров Network Manager через интерфейс RS-485. Один из сканеров Network Manager, который является в этой конфигурации центральным, подключается к рабочей станции с запущенным на ней программным обеспечением System Manager по компьютерной сети TCP/IP. Оба рассмотренных выше варианта построения сети интерактивного управления обеспечивают отслеживание соединений и уведомление администратора о проблемных ситуациях в техническом помещении, а также позволяют направлять запланированные рабочие задания панелям iPatch во всех конструкциях.

Наконец, *простая конфигурация* основана на объединении через интерфейс RS-485 только сканеров Rack Manager. Функционал данного варианта построения ограничивается только отслеживанием соединений и уведомлением администратора о проблемных ситуациях в техническом помещении.

Логика работы системы iPatch заключается в обработке последовательностей сообщений о срабатывании датчиков. Срабатывание датчика фиксируется сканером Rack Manager,

---

<sup>1</sup> Элемент, который обеспечивает контроль состояния портов системы iPatch, далее называется сканером. Из соображений использования во всем этом параграфе единой терминологии.

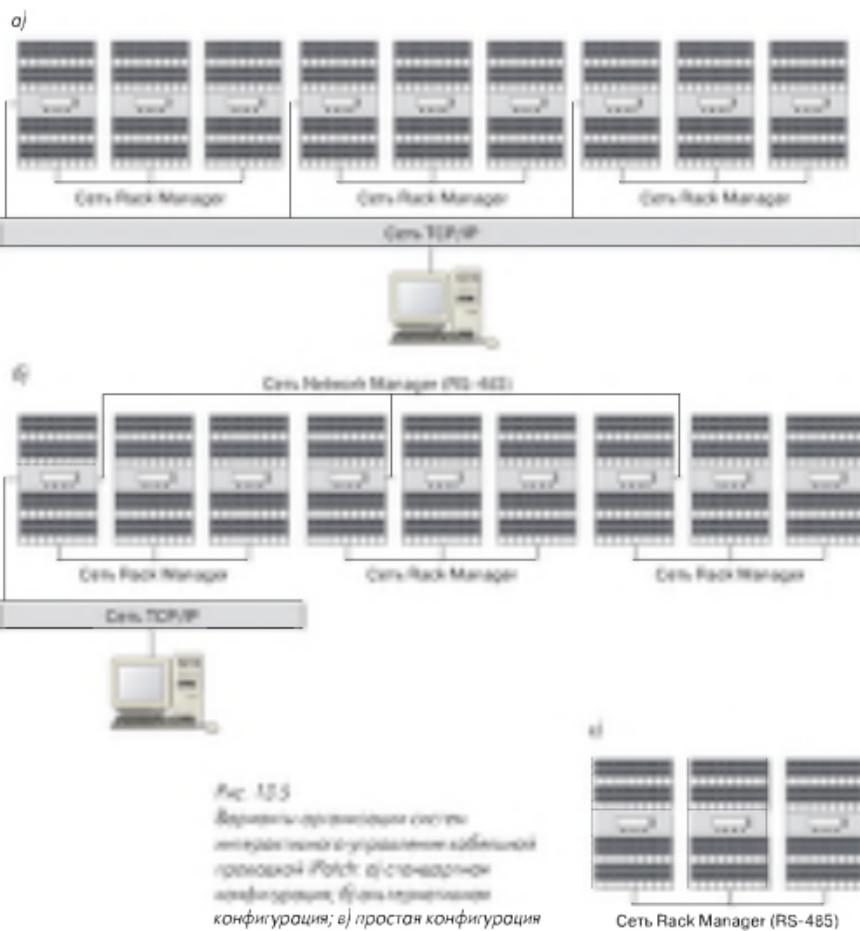
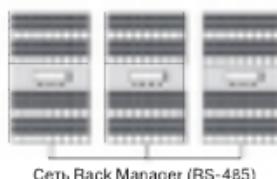


Рис. 10.5  
Варианты организации системы  
интерфейса для удаленного извещения  
принойкой Patch: а) спиралевидная  
конфигурация; б) простая конфигурация



информация об этом записывается на жесткий диск станции управления, используется для формирования базы данных соединений и далее обрабатывается обычным образом. Использование подобного принципа позволяет:

- обеспечить энергонезависимость информации о соединениях (при отключении питания она сохраняется на жестком диске);
- применить стандартные шнуры с обычными вилками модульных разъемов;
- за счет полной электрической развязки информационных и контрольных функций заметно уменьшить время внедрения решения в серийное производство при каких-либо изменениях в панели (например, при замене модуля категории 5e на модуль категории 6).

Формирование рабочих заданий осуществляется сетевым администратором с помощью ПО System Manager. Затем рабочие задания передаются и индицируются на дисплеях панелей iPatch в аппаратных комнатах.

Наиболее существенным недостатком системы iPatch является, на наш взгляд, необходимость жесткой дисциплины в процессе коммутации шнуров (сканер контролирует последовательность срабатывания контактов датчиков, а не физическое соединение двух портов).

### **13.1.3.4. Технология iTracks**

Технология iTracks разработана американской компанией Cablessoft в конце 90-х годов и ориентирована на решение задачи управления структурированной кабельной проводкой в режиме on-line без жесткой привязки к продукции конкретного производителя СКС. Главным преимуществом решения считается возможность его быстрой адаптации практически к любому типу коммутационных панелей вплоть до панелей типа 110. Наилучшие результаты достигаются в случае применения наборных коммутационных панелей с модульными разъемами, так как они позволяют при необходимости без каких-либо проблем увеличить пропускную способность за счет простой замены розеток модульных разъемов.

В состав системы входят три основных элемента: панели с датчиками, анализаторы и специализированное программное обеспечение.

Панели, поддерживающие технологию iTracks, отличаются от обычных изделий этой разновидности наличием встроенного датчика. Чувствительные элементы индивидуальны для каждого порта и выведены на лицевую пластину панели.

Коммутационные шнуры собраны на основе 9-проводного кабеля с гибкими многопроволочными проводниками и стандартных вилок модульных разъемов. Девятый провод служит только для передачи контрольных сигналов и за счет физического подключения к чувствительным элементам датчиков панелей обеспечивает контроль процессов переключения. В отличие от чисто телекоммуникационных проводников кабеля он выводится не в рабочую часть вилки, а подключается к контакту, который интегрирован в ее защитный хвостовик.

Сканеры или анализаторы (Analyzers) системы iTracks снабжены элементами крепления в 19-дюймовом конструктиве и при одинаковой глубине в 300 мм занимают в монтажном шкафу высоту 1U или 6U в зависимости от модификации. Для заказа доступно в общей сложности шесть моделей этих приборов различного функционального назначения. Подключение анализатора к панелям производится кабелями стандартной длины 2,1 м, в случае необходимости допускается увеличение значения этого параметра до 100 м.

Анализатор высотой 1U имеет одно посадочное место под плату, которая контролирует 256 портов коммутационных панелей. В большом анализаторе с высотой 6U предусмотрено восемь слотов для установки таких плат, и количество контролируемых портов увеличивается до 2048.

Технология iTracks допускает как автономную (Stand-alone) эксплуатацию отдельных анализаторов, так и их каскадирование при необходимости обеспечения контроля СКС с большим количеством портов (рис. 13.6). В последнем случае несколько так называемых линейных анализаторов (Link Analyzer) подключаются к одному главному (Master Analyzer). За счет этого максимальное количество контролируемых портов увеличивается до 18688 и 20480 в случае работы в режиме Master Analyzer прибора высотой 1U и 6U соответственно.

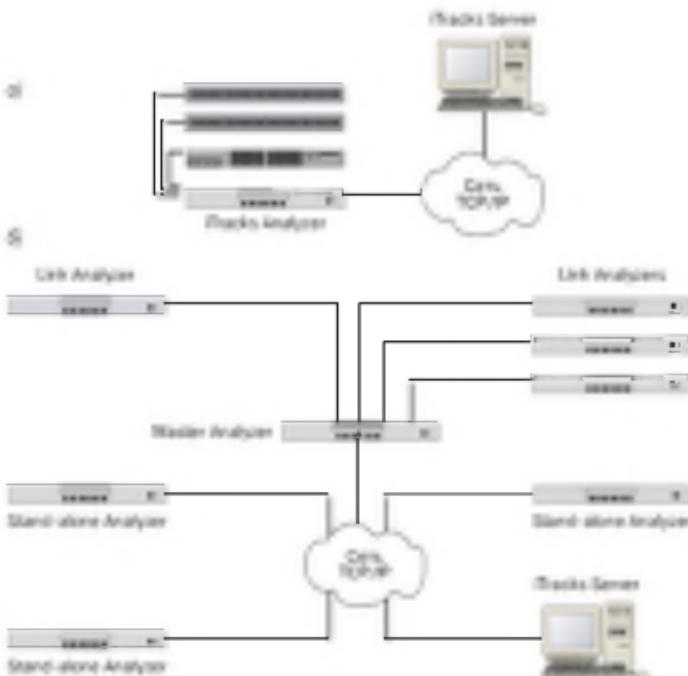


Рис. 13.6. Варианты организации систем интерактивного управления кабельной проводкой *iTracks*:  
а) простая конфигурация; б) иерархическая конфигурация

Программное обеспечение iTracks представляет собой 32-разрядное Windows-приложение, запускаемое на так называемом iTracks-сервере, который в зависимости от используемой конфигурации комплекса подключается к Stand-alone-анализатору или Master-анализатору. Система в штатном режиме функционирования допускает также смешанное подключение сервера. В процессе своей работы приложение взаимодействует с SQL-базой данных и графической оболочкой AutoCAD. При необходимости возможна интеграция с HP OpenView и другими аналогичными программами управления локальной сетью.

Управление системой может осуществляться дистанционно через интерфейс 10/100BaseT по сети TCP/IP, а также непосредственно через порт RS-232 с помощью персонального компьютера или специализированного персонального цифрового ассистента (iTracksPen). Для облегчения процесса управления и считывания информации предназначен большой жидкокристаллический экран, расположенный на передней панели анализатора.

Из дополнительных аксессуаров отметим наличие встроенной Web-камеры, с помощью которой в автоматическом режиме осуществляется съемка человека, производящего несанкционированное переключение шнурков на коммутационных панелях. Сообщение об

обнаружении несанкционированного переключения при соответствующем программировании системы автоматически передается по заданному электронному адресу.

Основными недостатками решения iTracks считаются необходимость применения специализированных шнурков, а также отсутствие сигнального светодиода, заметно затрудняющие процесс переключения.

Среди СКС, присутствующих на российском рынке, решение iTracks используется в кабельных системах компании ITT NS&S.

### **13.1.4. Программные продукты для неинтерактивного управления кабельной системой**

Упомянутый выше стандарт TIA/EIA-606 рекомендует ведение эксплуатационной документации СКС в электронном виде. Для решения данной задачи на рынке имеется ряд специализированных программных продуктов.

Первые из этих продуктов появились в продаже в 1987 году. В настоящее время на российском рынке предлагаются пакеты программ Crimp for Windows (фирма Cablessoft), Cable System Manager (компания Unilogix Technologies) и некоторые другие. Каждый такой продукт характеризуется своей индивидуальной структурой записей, таблиц и функций. Несмотря на внешние различия, современные решения в этой области характеризуются следующими общими чертами:

- все системы реализуются на основе баз данных;
- для облегчения процесса администрирования применяется графический интуитивно понятный пользователю интерфейс;
- в состав стандартной поставки включается библиотека элементов;
- имеется более или менее развитый перечень проверок корректности выполнения соединений различных видов;
- обеспечена поддержка импорта разнообразных объектов и изображений из программных пакетов САПР и различных графических редакторов;
- предоставляется возможность формирования различных отчетов, нарядов на работу и другой аналогичной документации.

Удобство ведения эксплуатационной документации обусловлено иерархическим представлением как кабельной системы целиком, так и различных ее объектов.

Отдельные элементы администрируемой СКС представляются на планах в виде простого образа, в форме простого векторного рисунка типа шиктограммы или сложного графического символа.

Существуют две различные стратегии процесса администрирования с помощью рассматриваемых систем. Согласно первой из них сетевой администратор планирует проводимые изменения и оформляет их в виде отчета. После выполнения требуемых переключений и других связанных с ними действий система автоматически обновляет базу данных с использованием информации, записанной в файл наряда. Альтернативная стратегия основана на задании для определенных объектов специальных меток с указанием в соответствующих полях нужных текстовых комментариев. Изменения в базу данных вносятся после получения подтверждения о проведении работ. При реализации обеих стратегий в базе данных хранится информация о датах составления задания и его выполнения, фамилии ответственных лиц и другие необходимые служебные данные.

Для облегчения процесса работы с базами предлагается ряд сервисных функций, краткий перечень которых включает в себя возможности:

- частичной автоматизации процесса администрирования с помощью макрокоманд;
- поиска трассы, оптимальной по некоторым критериям, для связи двух заданных точек;
- проверки наличия свободных линий и портов коммутационных панелей и т.д.

Более подробные сведения о продуктах рассматриваемого вида, изображение их интерфейсов при работе в типовых режимах и другая дополнительная информация имеется в статье [153].

### 13.1.5. Элементы маркировки СКС<sup>†</sup>

#### 13.1.5.1. Общие положения

СКС является сложным техническим продуктом, включающим в себя вместе с элементами, обеспечивающими ее создание и функционирование, тысячи и даже десятки тысяч отдельных компонентов. Естественно, что нормальная эксплуатация и управление (администрирование) подобной системы невозможны без четкой и однозначной маркировки отдельных ее составных частей. В перечень маркируемых элементов СКС согласно стандарту TIA/EIA-606 входят:

- кабели;
- коммутационное оборудование;
- оконечные и коммутационные шнуры;
- розетки;
- неразъемные соединители различного назначения;
- лотки и короба;
- элементы заземления.

Маркирующий элемент, используемый в процессе создания и эксплуатации СКС, должен отвечать следующему комплексу требований:

- соответствовать требованиям теста UL969;
- обеспечивать возможность нанесения маркирующих надписей требуемой длины не только вручную, но и на принтере, в том числе в полевых условиях;
- позволять применение цветовой кодировки;
- обладать простотой установки в сочетании с высокой механической прочностью и устойчивостью к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды;
- иметь достаточно широкий ряд для выполнения маркировки устройств одинакового функционального назначения разного размера.

Стандарт TIA/EIA-606 не задает жестких требований к конструктивному исполнению меток. Допускаются как клеевые метки в виде этикеток, так и маркеры со сменными надписями (маркирующие вставки). Для маркировки кабельных изделий рекомендуются рассматриваемые далее так называемые самоламинирующиеся маркеры.

Маркирующие элементы, применяемые на этапе создания СКС, будем называть технологическими. Их присутствие существенно ускоряет и упрощает монтаж. Маркеры, используемые во время эксплуатации, называются финишными. Наличие финишной маркировки является необходимым условием нормального администрирования СКС. В составе многих изделий СКС (панелей, розеток и т.д.) уже имеются элементы маркировки, которые носят

<sup>†</sup> При написании данной главы членами научно-исследовательской группы А. Г. Никитина.

название штатных. Элементы маркировки, отсутствующие в составе маркируемого оборудования и приобретаемые у фирм, специализирующихся на поставке этого вида продукции, называются в дальнейшем дополнительными.

В настоящее время можно констатировать, что в составе большинства изделий СКС, охватываемых действием стандарта TIA/EIA-606, имеются элементы штатной финишной маркировки. Однако они не в полной мере отвечают перечисленным выше требованиям. Так, в частности, маркирующие полоски коммутационных панелей в большинстве случаев позволяют наносить на них надписи только ручным способом, а это не слишком удачно с эстетической точки зрения и является потенциальным источником ошибок. Цвет фона рабочего поля таких элементов достаточно часто бывает только белым, что в определенной степени затрудняет следование принципам цветовой кодировки. Для устранения подобных недостатков разработан ряд элементов дополнительной маркировки, которые обсуждаются ниже. Наиболее известными компаниями, работающими в данной области, являются Brady, Legrand, Hellerman-Tyton и Panduit.

На выбор типа маркера существенное влияние оказывают следующие факторы:

- диаметр маркируемого проводника или кабеля, размеры маркировочного поля коммутационной панели и т.д.;
- место нанесения маркировки (конец или середина кабеля);
- объем наносимой информации;
- условия эксплуатации.

Нанести текст на этикетку можно ручным или машинным способом с помощью принтеров различной конструкции. Для ручного изготовления маркирующих надписей служат, как правило, шариковые или капиллярные ручки со специальными несмываемыми чернилами различных цветов (в том числе серого, красного, белого и т.д.). Иногда такие ручки вводятся в состав дополнительного оборудования некоторых СКС. В качестве примера укажем маркеры серии PFX и PX компании Panduit.

Применение машинной печати наряду с существенно более высоким качеством маркирующей надписи потенциально обеспечивает возможность использования различных видов сервиса, рассмотренных ниже.

Сравнительная характеристика различных типов принтеров представлена в табл. 13.13. Для упрощения процесса подготовки маркирующих надписей многие фирмы (AMP, Brady, Panduit и др.) предлагают специализированное программное обеспечение для PC-совместимых компьютеров (см. табл. 13.14), дающее возможность:

- работать в среде DOS или Windows различных модификаций;
- поддерживать функционирование лазерных и матричных принтеров ведущих фирм-производителей этого оборудования;
- использовать все типы шрифтов Windows, в том числе шрифтов TrueType;
- масштабировать отдельные знаки в достаточно широких пределах (от 6 до 300 точек);
- вращать и выравнивать текст, а также импортировать различные виды изображений и данных, в том числе типа bmp и wmf;
- обеспечивать связь с файлами ASCII, Excel и др.;
- формировать серийные метки.

Работа подобной программы в среде Windows требует процессора не ниже типа 386 и минимум 4 Мб ОЗУ (для работы под DOS необходим процессор не ниже 286 и ОЗУ емкостью 2 Мб), то есть она может эксплуатироваться на подавляющем большинстве

современных рабочих станций. После установки на компьютере программа обычно занимает не более нескольких мегабайтов емкости жесткого диска.

*Таблица 13.13. Сравнительная характеристика различных принтеров для нанесения маркирующих надписей на этикетку*

Тип принтера	Матричный	Лазерный	Термопринтер	Струйный
Скорость работы	Низкая	Средняя	Высокая	Средняя
Разрешающая способность	Низкая	Высокая	Высокая	Средняя
Возможность работы с рулоннымносителем	Имеется	Отсутствует	Имеется	Отсутствует
Спектр материалов	Широкий	Узкий	Средний	Узкий
Стоимость	Низкая	Высокая	Высокая	Средняя
Массогабаритные показатели	Хорошие	Плохие	Средние	Хорошие

*Таблица 13.14. Специализированное программное обеспечение для формирования меток оборудования СКС*

Наименование	Фирма-производитель	Требуемые емкости, Мб ОЗУ	жесткого диска
PAN-MARK-Win2.0	Panduit	4	3
CodeSoft	Brady	4	3
Safety Easy	Panduit	8	5
TagPrint 6.0	Hellermann Tyton	4	—
Logicab	Legrand	—	—

Опыт работы с элементами маркировки СКС показывает пригодность для формирования идентифицирующих надписей и программ общего применения (текстовых редакторов, систем управления базами данных и электронных таблиц). Они уступают специализированному программному обеспечению только в отношении сервиса, некоторые виды которого у них отсутствуют. Так например, на них трудно обеспечить создание серийных меток. Чаще всего при выполнении этих операций используются электронные таблицы Excel, рекомендуемые, в частности, в качестве средства изготовления маркирующих надписей таким известным производителем коммутационной техники СКС, как компания Siemon.

Отметим также, что в случае поставки описываемых далее клипс, колец и других аналогичных неплоских маркирующих элементов в виде блоков машинное нанесение надписей может осуществляться специализированными переносными плоттерами и электронными пишущими машинками. Емкости встроенного аккумулятора этих приборов хватает на три часа непрерывной работы.

### 13.1.5.2. Клеевые этикетки

Наибольшее распространение в практике создания и эксплуатации СКС получили клеевые этикетки различного вида, которые исполняют роль элементов как технологической, так и финишной маркировки. Эти этикетки делятся на:

- самоклеящиеся;
- самоламирующиеся;
- маркеры-флажки.

*Самоклеящиеся этикетки* наиболее эффективны, когда маркируемый элемент имеет ровную плоскую поверхность большего или меньшего размера. Поэтому в технике СКС они применяются главным образом в различных коммутационных панелях, а также в крупных конструкциях типа коробов, лотков, монтажного оборудования и т.д. Основная масса самоклеящихся этикеток имеет прямоугольную или квадратную форму. Этикетки с предупреждающими надписями, знаками, пиктограммами, датами проведения следующих проверок и т.д. часто изготавливаются круглыми и треугольными, в том числе с отражающим покрытием.

Для увеличения стойкости к различным внешним воздействиям этикетки этой разновидности могут снабжаться дополнительной ламинирующейся прозрачной верхней пленкой (изделия серии LWS-11P компании Panduit).

*Самоламирующаяся этикетка*, или *маркер*, является основным элементом концевой маркировки кабелей. Этот элемент, который можно рассматривать как развитие обычной клеевой этикетки, выполнен в виде полоски полимерного материала тех или иных размеров, причем одна из ее сторон по всей длине покрыта тонким слоем клея. Принципиальным отличием от маркеров других видов является то, что самоламирующаяся этикетка всегда устанавливается на кабель или провод с перехлестом. При этом полоска имеет прозрачную и непрозрачную часть. Последняя служит для нанесения маркирующих надписей и поэтому часто имеет шероховатую поверхность. Прозрачная часть после установки защищает надпись от внешних механических и климатических воздействий. Благодаря наличию клеевого слоя маркер по всей длине оченьочно прикрепляется к оболочке кабеля. Состав клея подобран таким образом, чтобы дополнительно обеспечить надежное сцепление материала полоски самой на себя. Это гарантирует высокую надежность установки этикетки.

В зависимости от диаметра кабеля используются маркеры разного размера, причем длина полоски всегда выбирается так, чтобы ее прозрачную часть можно было обернуть вокруг кабеля минимум полтора раза.

В качестве основы самоламирующегося маркера может быть использован винил, полиэстер и другие материалы. Стандартный рабочий диапазон температур составляет от -40 до +70 °C, то есть полностью соответствует рабочему диапазону температур кабелей внешней прокладки. При необходимости он может быть существенно расширен, в том числе и в плюсовую область до +135 °C, путем выбора соответствующего материала основы (см. табл. 13.15). Последнее свойство весьма ценно в случае прокладки кабелей подсистемы внешних магистралей в коллекторах, поскольку их маркировка сохраняется при авариях магистралей горячего водоснабжения.

Основной областью применения *маркера-флажка* является маркировка тонких проводников диаметром не более 1–2 мм. Часто служит элементом финишной маркировки монтажных шнуров (в оптических муфтах различных конструкций) и силовых проводов (в электрических розетках на рабочих местах).

Клеевые этикетки во всех трех вариантах поставляются:

- на листах стандартного формата с возможностью печати на лазерных или струйных принтерах;
- на фальцованный бумаге;
- в рулонах для печати на портативных принтерах;

- на картах карманных форматов;
- на листах, сброшюрованных в виде книжки карманных форматов с твердой картонной обложкой (так называемая книжка монтажника [154]).

*Таблица 13.15. Некоторые материалы для изготовления маркировочных этикеток элементов СКС [155]*

Материал	Рабочий диапазон температур	Область применения	Устойчивость к воздействию	Технология печати
Винил	-46...+77	Кабельные каналы	Масло, вода, растворители, абразивы	Матричный принтер
Поликарбонат	-40...+120	Кабельные изделия	-	-
Бумага	-40...+90	Коммутационное оборудование	-	Матричный принтер
Полиолефин	-46...+135	Коммутационное оборудование	Грязь, влажность	Матричный принтер, термопринтер
Тедлор	-18...+135	Кабельные изделия	УФ излучение, грязь, жир, абразивы	Матричный принтер
Полистирол	-40...+145	Кабельные изделия	Масло, растворители, УФ излучение, влажность	Преднадпечатка
Полиэтилен	-40...+50	Кабельные изделия	Масло, растворители, влажность	Матричный принтер, термопринтер

В первых двух вариантах предусматривается печать маркирующих надписей на лазерном или любом другом принтере, что существенно сокращает трудозатраты на подготовку идентифицирующих надписей для крупных СКС. Последние два варианта поставки предназначены главным образом для нанесения маркирующих надписей вручную. Этикетки в виде книжек иногда поставляются с уже нанесенными на них маркирующими надписями или пиктограммами (так называемые преднадпечатанные этикетки).

Рулонная упаковка маркеров с использованием специальной кассеты применяется при ручном изготовлении надписей. Кассета имеет окошко с твердым основанием, через которое при вытягивании ленты последовательно продвигаются этикетки. Подобное технологическое приспособление предлагается, например, компаниями 3M, Tyton и Panduit (рис. 13.7). Преднадпечатанные клевые этикетки в рулонной упаковке удобно хранить в технологической кассете (диспенсере). Эти изделия имеют отделения на несколько рулонах с возможностью их индивидуальной замены по мере расходования. В зависимости от конструкции диспенсера рулоны могут устанавливаться в него вертикально или укладываться горизонтально. Для получения высокого качества этикетки кассета снабжена резаком, обеспечивающим ровный аккуратный срез края при отделении от ленты. Пример подобных изделий – диспенсеры PMD-0-9 фирмы Panduit и BPE фирмы Brady.

Машинная печать клеевых этикеток непосредственно на объекте монтажа выполняется, например, с помощью портативных матричных принтеров IDPro и LS2000 компании Brady (максимальная длина строки 16 и 20 символов соответственно) – см. табл. 13.16. В конце



Рис. 13.7  
Различные варианты реализации кляе-  
щихся этикеток

1998 года этой компанией был выпущен портативный термопринтер TLS2200, ширина рабочего поля которого составляет до 50 мм. Прибор позволяет дополнительно к алфавитно-цифровым символам формировать штрих-коды и выгодно отличается от матричных аналогов более широким спектром рабочих материалов. Портативный матричный принтер типа LS3E компании Panduit предусматривает возможность печатать также в вертикальном направлении, что требуется при изготовлении некоторых типов этикеток. Все принтеры рассматриваемого вида характеризуются достаточно развитым набором встроенных сервисных функций типа автоматической нумерации, выравнивания, центрирования и т.д. Все портативные принтеры в качестве опции снабжаются сумкой-кобурой, которая облегчает их переноску монтажником на объекте.

Таблица 13.16. Технические характеристики портативных принтеров

Тип	Фирма	Метод печати	Габаритные размеры, мм	Масса, кг	Дисплей
LS5E	Panduit	Матричный, 9 иголок	92×108×337	1,2	ЖКИ, 2-строчный, 16-позиционный
ID Pro Plus	Brady	Матричный, 9 иголок	280×105×85	0,73	ЖКИ, 2-строчный, 16-позиционный
LS2000	Brady	Матричный	440×200×120	3,5	ЖКИ, 4-строчный, 20-позиционный
LS2200	Brady	Термопечать	300×100×18	1,25	ЖКИ, 2-строчный, 16-позиционный
TT10SM	Hellermann	Термопечать	200×135×226	1,81	-

Большинство kleевых маркеров имеют белый цвет маркирующего поля, ряд фирм, например компания Brady, поставляет также маркеры с другими цветами рабочего поля.

Следует отметить, что некоторые компании изготавливают kleевые этикетки, отличающиеся увеличенной прочностью сцепления с несущей поверхностью. Это достигается использованием клея, полимеризующегося под воздействием сдавливающего усилия.

### 13.1.5.3. Специализированные элементы маркировки кабельных изделий

Кроме рассмотренных в разделе 13.1 kleевых этикеток, для маркировки кабельных изделий могут быть использованы и другие элементы.

#### Элементы маркировки отдельных проводов

Разработан разнообразный набор компонентов, маркирующих отдельные провода, основная номенклатура которых рассмотрена ниже.

**Маркеры усадочного типа.** Имеют две основные разновидности. К первой из них относят маркеры с горячей усадкой. Здесь имеются следующие варианты.

Маркер из термоусадочного материала (TУМ-маркеры) представляет собой трубку диаметром от 5 до 25 мм, на которой с помощью принтера или ручкой наносится идентифицирующая информация. Чтобы обеспечить возможность печати на принтере, такие маркеры поставляются в виде ленты, причем трубка маркера сплющена и держится на липкой ленте. Для усадки маркера на кабеле используется беспламенная газовая горелка или небольшой электрический нагреватель в виде так называемого монтажного фена (например, устройства серии HSG компании Panduit [156]). Фен питается от сети и позволяет управлять температурой и объемом горячего воздуха, подаваемого в рабочую зону, поскольку снабжен встроенным регулятором. Величина усадки при нагреве достигает 1:2–1:3; диаметры маркируемых проводов составляют от 0,5 до 25 мм. Расширение функциональных возможностей ТУМ-маркеров достигается использованием при их изготовлении цветных материалов. Рассматриваемые изделия являются единственными на сегодняшний день маркерами широкого применения, которые обеспечивают электрическую изоляцию и поэтому очень эффективны при маркировке силовых проводов. Так, например, термоусадочные маркеры серии PAN-SHRINK компании Panduit гарантирует пробивную стойкость не менее 25,6 кВ/мм.

Существуют также термоусадочные маркеры из слабоизолирующего материала, которые представляют собой два плоских элемента, «сшитых» по краям плавлением. Они немного дешевле классических ТУМ-маркеров, однако существенно проигрывают им по эстетическим характеристикам.

И наконец, возможна комбинация из обычной клеевой этикетки и прозрачной термоусаживаемой трубы (например, серия изделий HSDL9 компании Panduit).

Вторая разновидность маркеров усадочного типа может быть условно названа маркером с химической усадкой. Это изделие представляет собой трубку, прошитанную летучими химическими соединениями, испарение которых происходит усадка. Такой маркер может храниться только в герметично закрытой таре, поэтому неудобен в работе и имеет очень ограниченное распространение.

Маркер в форме клипсы (рис. 13.8) представляет собой пластиковый элемент незамкнутой, часто достаточно сложной формы с пружинящими ножками, на маркировочной площадке которого фабричным способом нанесен один символ (буква, цифра, специальные электротехнические знаки). Клипса ориентирована в первую очередь на маркировку различных компонентов силовой кабельной проводки и поэтому может иметь различную окраску в соответствии с международным цветовым кодом<sup>1</sup> (табл. 13.17), который отличается от цветового кода, привычного специалистам по СКС. Такие маркеры поставляются как россыпью, так и блоками. Устанавливать клипсы небольших размеров удобно с помощью технологического приспособления (иначе апликатора) в виде рожкового магазина. Другой вариант установочного приспособления выполнен как спица с концевым расширением на конус, причем в нижней части этого конуса предусмотрена выемка для крепления на проводе. Для удобства работы спицы иногда поставляются с уже одетыми на них клипсами и устанавливаются в держатель барабанного типа, который имеет карабин, навешиваемый на пояс [157]. После установки клипса перемещается на провод большим пальцем. Диаметр маркируемых кабелей составляет 0,8–18 мм.

<sup>1</sup> В международный цветовой код входят не цветовые, а цветовые коды для маркировки размоток (Wires-on-reels), см. таблицу 13.17.



Рис. 13.8. Маркировка клипсами: а) конструктивные особенности клипс с фиксирующими выступами и U-образной формы; б) аппликатор рожкового типа для установки клипс на провод

Таблица 13.17. Международный цветовой код

Номер	Цвет	Номер	Цвет
0	Черный	5	Зеленый
1	Коричневый	6	Синий
2	Красный	7	Фиолетовый
3	Оранжевый	8	Серый
4	Желтый	9	Белый

Недостатком клипсы как маркирующего элемента является опасность независимого проворачивания их друг относительно друга на маркируемом проводе. Поэтому многие изготовители этих изделий рекомендуют использовать их для формирования не более чем двухпозиционной маркировки. Существует два основных способа устранения указанного недостатка.

Клипсы фирмы Unix имеют в плане V-образную форму, причем каждая следующая клипса входит своим выступом во впадину предыдущей и тем самым фиксируется относительно нее. В клипсах фирмы Legrand для защиты от проворачивания друг относительно друга после установки на их корпусе предусмотрены цилиндрические выступы и выемки. Аналогичная идея использована фирмой Weidmuller, однако фиксирующим элементом служит выступ прямоугольной в плане формы. Это обеспечивает очень эффективное сцепление клипс друг с другом и позволяет увеличить максимальную длину маркирующей надписи до 5 символов.

Компанией Legrand предложен для установки на кабели большого диаметра держатель в форме незамкнутого кольца, надеваемого на оболочку кабеля. В верхней части держателя предусмотрен круглый пластиковый стержень, на котором обычным способом закрепляется до четырех стандартных клипс небольшого размера. Клипсы рекомендуются в тех ситуациях, когда объем, в котором производится маркировка, закрыт от постороннего воздействия, а идентификация требует не более четырех—пяти символов.

Пластиковые кольца также имеют один алфавитно-цифровой символ. Используются при финишной маркировке в случаях, когда конец кабеля еще не закреплен или не армирован соединителем. Для расширения диапазона диаметров маркируемых проводов и кабелей внутренняя часть кольца имеет достаточно сложную форму.

От клипсы кольцо выгодно отличается тем, что исключает опасность случайной потери маркирующего элемента; однако оно уступает клипсе по массогабаритным показателям. Кольца обычно поставляют в форме недорассеченных трубок. Опыт монтажа показывает,

что длина маркирующих надписей, формируемых с помощью колец, не должна превышать трех символов. В противном случае трудозатраты на установку превышают затраты при работе с маркерами других типов.

**Термомаркировка** выполняется с помощью специального аппарата. Нагревательные элементы его рабочей головки с выгравированными на них символами оставляют на поверхности пластиковой оболочки кабеля следы из фольги. Известные аппараты для реализации этого метода позволяют сформировать информационную надпись длиной до 12 символов различного цвета, который определяется окраской заряженной в аппарат фольги, за 2–3 с.

**Маркировка сменными надписями** удобна, когда в процессе эксплуатации приходится менять идентифицирующую надпись, не удаляя маркер. Для реализации этого метода на кабель надевается прозрачный канал в форме гильзы с держателем маркировочной таблички. При необходимости внесения каких-либо изменений ставится новая табличка. Основной областью применения считается маркировка различных коммутационных шнурков.

**Бирка** изготавливается из плотного картона, пластмассы различных видов (полиэтилен, винил, полиэстер и др.) или тонкого листового металла. Представляет собой продолговатую пластинку прямоугольной или овальной формы с полем для нанесения надписи. Эта сравнительно крупная бирка весьма эффективна как элемент маркировки при работе с кабелями большого диаметра: многопарными электрическими, оптическими внешней прокладки и силовыми. Крепление бирки к кабелю выполняется различными способами.

Бирки с многоточечной фиксацией имеют по две или более пары отверстий, через которые продеваются обычные пластиковые стяжки. В установленном состоянии маркировочная площадка своей плоскостью прилегает к кабелю. Развитием этого варианта является решение, основанное на применении бирок с уже интегрированными в их конструкции одним или несколькими двухсторонними ремешками.

Бирка с одноточечной фиксацией (или, по аналогии с клеевыми этикетками, маркер флагшкового типа) закрепляется на кабеле только в одном месте и потому не прилегает к его верхней поверхности. Для фиксации обычно служит ремешок, который продевается в крепежные отверстия или является составной частью конструкции (рис. 13.9). Реже в этих случаях применяется ремешок-липучка. Компанией Panduit предложено крепление, которое условно можно назвать петлевым. В изделиях серии PDL-500 бирка снабжена достаточно длинной и узкой концевой петлей. При установке эту петлю оборачивают вокруг кабеля, продевают через нее тело бирки и затягивают ее.

Бирка флагшкового типа выступает над поверхностью кабеля, цепляется за другие провода и элементы конструкции; ее достаточно легко потерять во время работы. Поэтому данный тип маркировки не получил широкого распространения.

Бирка в качестве элемента маркировки обладает двумя недостатками. Первый из них заключается в том, что она хорошо видна только с одного направления, которое совершенно не определено до момента окончательной укладки кабеля. Преодолеть этот недостаток помогает разработанный компанией Legrand элемент типа Дипликс О, который состоит из двух идентичных держателей, фиксируемых с разных сторон кабеля двумя пластиковыми стяжками. Сама маркировка выполняется как с помощью специальных клипс плоской формы (до 7 символов), так и с использованием сменных надписей. Расширение функциональных возможностей элемента рассматриваемого вида достигается за счет возможности применения держателей пяти различных цветов.



Рис. 13.9. Бирка флагшкового типа с интегрированным ремешком для фиксации

Второй недостаток бирки состоит в том, что она не обеспечивает высокой стойкости маркирующей надписи. Для его устранения компанией Panduit предложены так называемые самоламинирующиеся бирки серии SLCT. В них маркирующая этикетка укладывается под прозрачное покрытие, которое после приклейки к основанию выполняет операцию ламинарирования.

При маркировке отдельных проводов на практике достаточно широкое распространение получили также ручки-маркеры различных цветов. Однако их применение представляется малоподесообразным из-за сложностей быстрого визуального обнаружения маркирующей надписи на оболочке кабеля.

Нанесение маркирующих надписей на бирки из пластика и картона осуществляется обычными для остальных маркирующих элементов методами. При маркировке бирок из металла используются ручные клещи, настольные прессы, штампы и электрографировальные аппараты [158].

### Элементы маркировки кабельных жгутов

В качестве элемента маркировки кабельных жгутов подходит любой маркировочный элемент отдельных проводов, который за счет механического воздействия позволяет удерживать отдельные кабели в жгуте. На практике для этого применяются некоторые типы клеевых этикеток. Кроме того, достаточно часто применяются бирки различных конструкций, подробно рассмотренные в разделе 13.1.5. Достаточно широкую популярность получили также специализированные элементы, такие как:

- стяжки;
- ремешки-липучки;
- ленты;
- разрезные трубчатые маркеры.

Самым простым специализированным элементом для маркировки жгутов из проводов различного назначения является пластиковая стяжка с маркировочной площадкой. Ремешок стяжки имеет прямой или отогнутый концевой участок. Последнее решение несколько облегчает его ввод в гнездо фиксатора. На площадку, обычно прямоугольной формы, ориентированную вдоль или поперек оси ремешка, наносятся маркирующие надписи ручкой или самоклеющейся этикеткой (рис. 13.10).

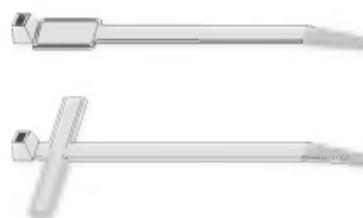


Рис. 13.10. Пластиковые стяжки с площадками для маркировки

Как правило, для формирования жгутов служат стяжки широкого применения. Имеются также стяжки, специально предназначенные для работы со жгутами поводков. Они отличаются тем, что часть длины ремешка, непосредственно взаимодействующая с кабелями, покрыта большим количеством невысоких цилиндрических выступов, благодаря чему предотвращается проскальзывание кабелей жгута относительно друг друга.

Ремешки-липучки имеют длину в пределах от 150 до 300 мм. Эти элементы служат как для жгутования горизонтальных кабелей, так и для формирования жгутов из соединительных шнурков. От пластиковых стяжек отличаются более эстетичным внешним видом и возможностью применения цветовой маркировки. Ремешок достаточно часто снабжается концевой пряжкой и может быть выполнен в двух вариантах. Первый из них имеет крючки

Как правило, для формирования жгутов служат стяжки широкого применения. Имеются также стяжки, специально предназначенные для работы со жгутами поводков. Они отличаются тем, что часть длины ремешка, непосредственно взаимодействующая с кабелями, покрыта большим количеством невысоких цилиндрических выступов, благодаря чему предотвращается проскальзывание кабелей жгута относительно друг друга.

Ремешки-липучки имеют длину в пределах от 150 до 300 мм. Эти элементы служат как для жгутования горизонтальных кабелей, так и для формирования жгутов из соединительных шнурков. От пластиковых стяжек отличаются более эстетичным внешним видом и возможностью применения цветовой маркировки. Ремешок достаточно часто снабжается концевой пряжкой и может быть выполнен в двух вариантах. Первый из них имеет крючки

и петли на разных сторонах поверхности ленты. Пряжка играет роль вспомогательного элемента при затягивании, конец ремешка просто накладывается на верхнюю поверхность ленты без изменения направления. Во втором варианте на большей части длины одной из сторон располагаются петли, а концевой участок снабжен крючками. При этом после продевания в пряжку конец ремешка загибается назад в виде петли.

Стяжки и ремешки-липучки можно в случае необходимости прорезать через ушки соответствующих крепежных площадок различной конструкции и зафиксировать жгуты в нужном положении.

Ленточные изделия представлены продукцией фирмы Brady, которой предложена полиолефиновая термоусаживаемая лента с kleевым слоем. Первичное формирование жгута происходит при обмотке кабеля лентой, окончательная фиксация производится после нагрева и усадки ленты. Дополнительным преимуществом такого решения является возможность создания произвольных маркирующих надписей с помощью портативных принтеров при работе непосредственно на объекте.

*Разрезной трубчатый маркер* представляет собой скрученную в трубку ленту шириной 10–15 см из жесткого пластика с предварительно нанесенной маркирующей надписью. Удерживается на жгуте за счет сил упругости. При установке на жгут лента просто расправляется и укладывается на провода. Примером данной разновидности продукции служат изделия серии CMF фирмы Hellermann Tyton.

Некоторую дополнительную информацию об элементах маркировки различных изделий СКС можно найти в статье [159].

### **13.1.5.4. Элементы маркировки коммутационных панелей и розеток**

Маркировка коммутационных панелей и розеток выполняется с помощью:

- маркирующих ручек;
- kleевых этикеток;
- сменных надписей.

При маркировке коммутационных панелей с модульными разъемами применяются kleевые этикетки и ручки-маркеры. Клеевые этикетки достаточно часто относятся к штатным элементам финишной маркировки и поэтому входят в комплект поставки панели. Длина этикетки, количество окошек и другие аналогичные геометрические параметры зависят только от конструкции лицевой пластины панели и принципа группировки розеток модульных разъемов. В подавляющем большинстве случаев этикетки имеют белый цвет фона, в последнее время появилось несколько моделей панелей, для которых цвет поля определяется при конкретном заказе.

Ручки-маркеры используются для заполнения маркировочных полей. На рынке доступны ручки с чернилами различных цветов, из которых наиболее популярен черный.

Маркировка сменными надписями принадлежит к штатным элементам коммутационных панелей типа 110; тот же принцип применен в ограниченном количестве типов панелей с модульными разъемами.

Общим недостатком штатной маркировки коммутационных панелей различного типа является сложность формирования идентифицирующих надписей машинным способом. В связи с этим рекомендуется применение дополнительных маркирующих элементов с поставкой на листах стандартного формата, позволяющих выполнять печать на принтерах.

Маркировка розеток одинаково часто выполняется с помощью сменных надписей и kleевых этикеток, для чего на их корпусах предусматриваются соответствующие поля и окошки.

Следует отметить, что кроме символьной маркировки в розетках и панелях с модульными разъемами можно использовать также достаточно эффективную цветовую кодировку и кодировку пиктограммами. Необходимые для этого технические средства (иконки, модули различных цветов, крышки и т.д.) описаны в соответствующих разделах.

## **13.2. Поиск и устранение неисправностей**

### **13.2.1. Неисправности кабельных систем на основе витых пар**

В электрической части различных подсистем СКС на этапах ввода в действие и текущей эксплуатации могут возникнуть следующие виды неисправностей:

- обрыв кабеля;
- обрыв или короткое замыкание отдельных проводников;
- отсутствие электрического контакта между проводником кабеля и контактом розетки коммутационной панели или розеточного модуля;
- нарушение порядка разводки проводников;
- нарушение электрических характеристик линии;
- повышенный уровень помех, создаваемый внешними источниками сильных электромагнитных полей.

Для их обнаружения и локализации следует пользоваться кабельными сканерами. Функциональные возможности этих приборов позволяют с очень высокой степенью точности определить причину сбоя в кабельной системе и указать место неисправности. В некоторых случаях хорошие результаты дает обычный осмотр.

Ниже более подробно рассмотрены причины, методы поиска и устранения отдельных видов неисправностей.

#### **13.2.1.1. Обрыв кабеля**

При обрыве кабеля следует немедленно заменить его новым. Сращивание кабеля выполняется в том случае, если:

- процесс прокладки из-за местных архитектурных и других особенностей превращается в длительную и трудоемкую процедуру;
- отсутствуют резервные тракты передачи;
- простой линии связи влечет за собой остановку работы важного оборудования.

Для этого на его концах устанавливаются две вилки, вилка и розетка или две розетки. Вилки затем соединяются с помощью I-адаптера (см. раздел 3.4.2), вилка и розетка просто вставляются друг в друга, а розетки соединяются обычным коммутационным шнуром. Не исключается также применение соединительных модулей (см. раздел 3.5.2), однако они практически не получили распространения в нашей стране. Соединение проводников кабеля скруткой или пайкой ни в коем случае не допускается, так как гарантированно нарушает регулярность скрутки, что сопровождается значительным ухудшением электрических характеристик линии. Наконец, вполне возможна прокладка по коридорам и лестничным маршам кабеля-времянки.

Тот или иной вариант ремонта выполняется с учетом наличия соответствующих технических средств в ЗИП, а также запасов длины и протяженности поврежденного участка кабеля, вырезаемого перед сращиванием. Отметим, что при обрыве кабеля в результате тянувшего усилия осевые повреждения оказываются существенно большими по сравнению

с ударными или срезающими. Данный факт следует иметь в виду при выборе длины вырезаемого участка.

Сращенный кабель или времяинку при первой же возможности надо заменить исправным.

### **13.2.1.2. Обрыв или короткое замыкание проводников кабеля**

Неисправность этого вида происходит по следующим причинам:

- в месте подключения проводников кабеля к контактам разъемов – чаще всего из-за повреждения изоляции инструментом при небрежном монтаже;
- по трассе кабеля – в результате ударов, пережатий, проколов и разрезов внешней оболочки, изоляции и жил проводника.

Факт появления такой неисправности обнаруживается посредством приборов в процессе тестирования, локализация обрыва или короткого замыкания очень часто выполняется визуальным методом. Если неисправность зафиксирована в точке подключения проводников к контактам оборудования, следует заново произвести разделку кабеля, используя запас длины. Когда запаса нет, приходится прокладывать новый кабель. В случае возникновения неисправности на трассе в подавляющем большинстве случаев заменяют кабель.

Если в силу каких-либо причин прокладка нового кабеля невозможна или затраты времени на выполнение этой операции приведут к простою важных ресурсов, то из кабеля просто вырезают поврежденный кусок и дальше обслуживающий персонал действует так же, как при обрыве кабеля.

### **13.2.1.3. Отсутствие электрического контакта между проводником кабеля и контактом розетки**

Данная неисправность крайне маловероятна в случае применения стандартной элементной базы СКС и соблюдения правил монтажа розеточных модулей. Для исправления этого дефекта необходимо повторно вдавить проводники в IDC-контакты оконцевателя однопроводным ударным инструментом или дослать на место пятинарным ударным инструментом соединительный блок разъема типа 110. Если эта операция не принесла результата, следует заново выполнить разделку кабеля, используя запас длины. При отсутствии запаса приходится прокладывать новый кабель.

### **13.2.1.4. Нарушение порядка разводки проводников**

Подобная неисправность обнаруживается чаще всего в процессе тестирования с помощью кабельного сканера. Для ее устранения следует визуальным путем (с использованием цветовой кодировки отдельных проводников кабеля) определить, на каком конце линии произошло нарушение порядка разводки, и заново разделать кабель на этом конце, используя запас. При отсутствии запаса прокладывается новый кабель.

В случае, если конструкция розеточного модуля предусматривает закрепление на кабеле без помощи ударного инструмента, заменяется модуль (большинство конструкций таких модулей не предназначено для повторной установки).

### **13.2.1.5. Нарушение электрических характеристик линии**

Поиск причины и устранение этой неисправности – задача сложная. Некоторые часто встречающиеся на практике причины ухудшения параметра NEXT, вызванные некачественным монтажом, перечислены в табл. 13.18. При обнаружении несоответствия фактических элек-

трических характеристик линии или канала действующим нормам следует в первую очередь визуально проверить правильность выполнения разводки кабеля на контактах коммутационного оборудования. При необходимости можно сделать разводку заново, используя для этого запас длины кабеля. В тех случаях, когда эта мера не приносит результата, надо проверить соответствие всех компонентов линии стандартам определенных категорий и произвести замену несоответствующих элементов. В перечень проводимых проверок входит также контроль ограничений, накладываемых стандартами на длины кабелей и шнурков.

*Таблица 13.18. Влияние качества монтажа на рабочие характеристики канала [160]*

Тип воздействия	Ухудшение NEXT, дБ
Развитие пар кабеля на 12 мм	1,5
Развитие пар кабеля на 50 мм	3,8
Скручивание кабеля с радиусом изгиба 35 мм	1,9
Скручивание кабеля с радиусом изгиба 12 мм	2,1
Излом кабеля	2,4

Определенную помощь в поиске места неисправности могут оказать приборы с функцией локатора NEXT и другими аналогичными опциями.

### **13.2.1.6. Сильные помехи от внешних источников электромагнитного излучения**

В случае возникновения помех от внешних источников следует принять меры к увеличению эффективности экранировки и/или добиться большего пространственного разнесения источника помех и трасс прокладки кабелей или мест расположения оборудования. На практике такие помехи обычно возникают только в зданиях производственного назначения.

### **13.2.2. Неисправности волоконно-оптических кабельных систем**

В оптической части различных подсистем СКС на этапах ввода в действие и текущей эксплуатации могут возникнуть следующие неисправности;

- повреждение или обрыв кабеля;
- увеличение затухания в разъемах;
- повреждение коммутационных шнурков;
- неправильное подключение коммутационных и оконечных шнурков.

Локализация повреждения и определение его причины в оптических подсистемах СКС выполняется с помощью измерительных приборов, описанных в главе 12.3.

#### **13.2.2.1. Повреждение или обрыв кабеля**

При механических повреждениях кабеля, которые могут появиться в результате воздействия на него недопустимо больших тянувших, срезающих или раздавливающих усилий, место повреждения проще всего обнаружить оптическим рефлектометром или локатором. В случаях, когда кабельная трасса состоит из нескольких сегментов кабеля, которые соединены между собой шнурками на оптических кроссах, и анализ рефлектомограммы затруднен из-за большого

количества отражений, рекомендуется проверить рефлектометром каждый сегмент в отдельности. Этот же прием оказывается полезным при условии, что в распоряжении обслуживающего персонала нет рефлектометра и измерения выполняются посредством оптического тестера.

Так называемый близкий обрыв, то есть обрыв на расстоянии не более 10–15 м от начала кабельной трассы, не обнаруживается рефлектометром в связи с наличием мертвой зоны. В такой ситуации наибольший эффект дает применение визуализатора дефектов.

Волоконно-оптические кабели служат в основном для организации магистральных подсистем СКС. Поскольку кабельные трассы достаточно длинные, в этих подсистемах замена поврежденного кабеля новым обычно не производится, и ремонт выполняется с помощью промежуточных муфт. Когда рядом с точкой повреждения имеется запас кабеля, то устанавливается одна муфта. Во всех остальных случаях на место поврежденного участка укладывается кабельная вставка и монтируются две промежуточные муфты.

Сращивание световодов в муфтах осуществляется сваркой или механическими спlicesами. Тип муфты (обычная коробка, герметичная конструкция и т.д.) выбирается в зависимости от конкретных условий в месте ее установки.

### **13.2.2.2. Увеличение затухания в разъемах**

Основные причины увеличения затухания в разъемах следующие:

- загрязнение торцевых поверхностей наконечников сращиваемых приборной и кабельной частей разъемов;
- неправильная сборка разъема;
- так называемый близкий обрыв или повреждение волокна.

Для устранения загрязнения достаточно протереть торцевую поверхность наконечника салфеткой из безворсового материала, смоченной в спирте, или выполнить иную аналогичную процедуру очистки, рекомендованную изготовителем разъема.

Под неправильной сборкой разъема понимается ошибочная или неполная установка вилки в розетку. Вот типичные примеры: вилка SC-разъема не дослана в розетку под защелку; полностью или частично не закрыта гайка байонетного соединителя вилки ST-разъема; не завернута гайка вилки FC-разъема и т.д. Обычно такие неисправности обнаруживаются в процессе тестирования и на этапе опытной эксплуатации кабельной системы.

К близкому обрыву или повреждению волокна относятся те неисправности на начальном участке световода (на расстоянии не более 15 м от конца), которые не могут быть обнаружены рефлектометром в связи с наличием мертвой зоны, возникающей из-за конечной длительности зондирующего импульса. Легче и быстрее всего близкий обрыв находят с помощью визуализатора дефекта или же посредством тестирования рефлектометром в режиме максимального разрешения с использованием нормализующей катушки.

При обнаружении близкого обрыва рекомендуется заново установить вилку оптического разъема с использованием запаса длины волокна.

### **13.2.2.3. Повреждение коммутационных шнуров**

Коммутационный шнур обычно повреждается в процессе текущей эксплуатации СКС главным образом в результате рывков за кабель, пережатий и образования петель во время перекладки и переключения, а также при надавливании инструмента, оборудования и других аналогичных тяжелых предметов. Эта неисправность обнаруживается просветкой отдельных световодов и измерением вносимого затухания с помощью оптического тестера. Шнур с возможным повреждением, который пропускает свет от лампочки источника просветки, следует обязательно проинспектировать оптическим тестером.

### **13.2.2.4. Неправильное подключение оконечных и коммутационных шнуро**

Неправильное подключение оконечных и коммутационных шнуро выражается в нарушении порядка присоединения вилок к розеткам. Это явление характерно для систем, оборудованных разъемами типа ST и FC, конструкция которых не предусматривает формирование дуплексной вилки с элементами механической блокировки при подключении в неправильном положении. В системах с дуплексными разъемами типа SC такая неисправность может возникнуть только в случае неправильной сборки оконечного коммутационно-распределительного устройства. Строго говоря, данный вид неисправности такой не является, так как обычно обнаруживается в процессе тестирования еще на этапе строительства. Для устранения этой ошибки можно проектировать направление движения оптических сигналов на оптических портах согласно рис. 4.16.

## **13.3. Проведение регламентных работ**

### **13.3.1. Состав и назначение регламентных работ**

В состав регламентных работ, которые следует проводить на установленной структурированной кабельной системе, входят операции, перечисленные в табл. 13.19.

Таблица 13.19. Операции, входящие в состав регламентных работ

№ п/п	Наименование операции	Назначение операции	Периодичность выполнения
1	Выходный осмотр	Контроль физической целостности кабельной системы	Ежемесячно
2	Удаление пыли в кроссовых помещениях	Предотвратить влияние осаждающейся пыли на электрические свойства кабельной системы	1 раз в 6 месяцев
3	Удаление пыли с информационных разъемов рабочих мест	Предотвратить влияние осаждающейся пыли на электрические свойства кабельной системы	1 раз в 6 месяцев для незадействованных разъемов 1 раз в год для задействованных разъемов
4	Перекладка коммутационных шнуро и кроссировочного проводо	Обеспечить организованную укладку коммутационных и оконечных шнуро, а также кроссировочного провода и удобство администрирования кабельной системы	1 раз в год
5	Сверка кабельных журналов	Убедиться в соответствии между информацией в эксплуатационной документации и подключениями кроссовых полей	1 раз в год
6	Выборочное тестировани	Проверка характеристик оптических и электрических линий с целью выявления долговременной стабильности электрических и оптических компонентов	1 раз в год

### **13.3.2. Процедуры выполнения регламентных работ**

Все виды регламентных работ проводятся персоналом, ответственным за функционирование структурированной кабельной системы.

#### **13.3.2.1. Визуальный осмотр**

Осмотру подлежат:

- кориуса информационных разъемов (лицевых пластин) на рабочих местах. Эти элементы не должны иметь механических повреждений и трещин. Информационные разъемы следует прорезать через проемы корпусов и зафиксировать в крепежных кронштейнах;
- обратная сторона кроссовых блоков и коммутационных панелей в монтажных шкафах и стойках. Запрещается, чтобы кабели, подходящие к кроссовым блокам, имели механические повреждения и обрывы или находились под давлением твердых частей установленной в непосредственной близости аппаратуры. На разъемах коммутационных панелей не должно быть механических повреждений, а все проводники кабелей должны находиться в электрическом контакте с соответствующими разъемами коммутационных панелей;
- передняя сторона кроссовых блоков в монтажных кабинетах и кроссовых панелей в помещении АТС. Надо, чтобы на проводниках кабелей не было механических повреждений, а проводники кабелей и кросировочные провода находились в электрическом контакте с соответствующими разъемами кроссовых блоков.

В том случае, если какое-либо из перечисленных условий нарушено и дополнительная проверка показала, что это нарушение оказывает нежелательное влияние на качество передачи сигнала по определенному каналу, необходимо выполнить соответствующие ремонтные работы.

#### **13.3.2.2. Удаление пыли**

Пыль удаляется бытовым пылесосом. Желательно, чтобы в комплект поставки пылесоса входили различные насадки, позволяющие эффективно очищать труднодоступные места. При выполнении данной операции следует дополнительно проконтролировать состояние обрабатываемых элементов кабельной системы.

#### **13.3.2.3. Перекладка коммутационных шнурков и перемычек**

Операция имеет целью аккуратную укладку шнурков и перемычек, что улучшает электрические характеристики каналов связи и обеспечивает хорошую видимость маркировки благодаря устранению петель. В процессе перекладки достаточно часто удается заменить некоторые длинные шнуры на более короткие и тем самым снизить суммарные потери в тракте передачи сигнала.

Перекладку рекомендуется проводить в ночное время, в выходные или праздничные дни, когда объем полезной информации, передаваемой по СКС, снижается до минимума. Перед проведением этой работы полезно дополнительно выполнить сверку кабельных журналов.

Операция перекладки выполняется в несколько этапов:

1. Коммутационные шнуры последовательно снимаются с коммутационных панелей и сортируются по длине.

2. С кроссовых блоков типов 110 и 66 снимается кроссировочный провод и в зависимости от состояния сортируется для дальнейшего использования или утилизации.
3. В соответствии с записями кабельного журнала восстанавливаются соединения – сначала кроссировочным проводом, а затем кроссовыми шнурами требуемой для каждого конкретного подключения длины. Одновременно с этим проверяется, отвечают ли метки на элементах СКС идентификаторам в кабельном журнале.

Информация о дате и времени выполнения перекладки заносится в кабельный журнал.

#### **13.3.2.4. Сверка кабельных журналов**

Сверка кабельных журналов заключается в определении соответствия между текущими записями и фактическими подключениями в структурированной кабельной системе. При сверке последовательно проверяется каждый тракт передачи сигнала от терминального прибора (например, телефонного аппарата) до сетевого оборудования (соответственно УАТС) на предмет совпадения с записями в кабельном журнале. В случае обнаружения расхождения следует внести соответствующие изменения в записи или осуществить требуемую коммутацию.

Сведения о дате и времени выполнения сверки фиксируются в том же журнале.

Рекомендуется совместить сверку кабельных журналов с перекладкой коммутационных шнурков и кроссировочного провода.

#### **13.3.3. Действия в нештатных ситуациях**

В перечень основных нештатных ситуаций входят:

- обрыв или повреждение кабеля в горизонтальной или магистральной подсистеме СКС;
- выход из строя информационного разъема на рабочем месте;
- неисправности элементов коммутационного оборудования в монтажных шкафах или помещениях кроссовых различного уровня;
- не обнаруживаемые ошибки или сбой в кабельной системе.

При возникновении нештатной ситуации необходимо как можно быстрее определить ее причину инструментальными средствами и посредством осмотра, а затем найти место ее появления. В тех случаях, когда средствами, имеющимися в распоряжении обслуживающего персонала, этого сделать не удается, следует связаться с организацией, установившей структурированную кабельную систему, либо с ее местным партнером для получения технической консультации или передачи заявки на гарантийный или текущий ремонт. Для быстрого восстановления связи надо выполнить соответствующие переключения на резервный тракт передачи или, а в случае его отсутствия, организовать временную связь.

### **13.4. Выводы**

СКС – это сложный высокотехнологичный продукт, и ее эксплуатацией должен заниматься специально подготовленный персонал. Наибольший эффект в этой области дает обучение на фирменных курсах производителя СКС и участие персонала в процессе строительства кабельной проводки. В функции персонала входит управление (администрирование) кабельной системой в соответствии с положениями стандартов TIA/EIA-606 и ISO/IEC 14763-1, устранение эксплуатационных неисправностей, проведение регламентных работ

и модернизация СКС (организация новых линий, перенос розеток и т.д.) в случае надобности.

Необходимое условие успешной эксплуатации и администрирования является ясная и однозначная маркировка отдельных компонентов и элементов кабельной системы, а также аккуратное ведение эксплуатационной документации. Удобство администрирования существенно увеличивается при использовании электронных форм такой документации, построенной в форме базы данных.

Основная задача персонала в процессе ликвидации последствий аварийных ситуаций состоит в четкой локализации неисправности и выявлении ее причины, что осуществляется как инструментальными средствами, так и путем осмотра. Быстрота локализации неисправности прямо зависит от наличия у персонала соответствующего контрольно-измерительного оборудования. Данное положение особенно справедливо в отношении волоконно-оптической подсистемы. Для восстановления работоспособности СКС кроме чисто физического восстановления трактов передачи сигналов широко практикуется переход на резервные тракты, закладка которых предусматривается еще на стадии проектирования кабельной системы.

Высокое качество отдельных компонентов СКС и требования производителя к квалификации монтажников сводят объем регламентных работ по поддержанию ее работоспособности к минимуму. Основными операциями во время регламентных работ являются перекладка шнуров и перемычек, чистка от пыли и сверка кабельных журналов.

# **ГЛАВА XIV**

## **НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПРОИЗВОДСТВА СКС**

Производством такого продукта, как структурированная кабельная система, занимается многочисленная группа компаний, круг которых расширяется достаточно быстрыми темпами. Так, например, в Германии в области производства СКС и поставки отдельных компонентов для создания структурированной кабельной проводки по данным журнала LANLine в начале 2001 года активно действовало свыше шести десятков только национальных фирм или самостоятельных отделений иностранных компаний. На российском рынке, который не является приоритетным для подавляющего большинства ведущих западных компаний, работающих в области информационных технологий, количество поставщиков СКС превышает полтора десятка.

Ниже рассмотрены основные схемы и варианты производства СКС как сложного высокотехнологичного продукта. Дополнительно затрагиваются также требования к уровню сервиса, предоставляемого производителями СКС своим партнерам и клиентам, который сложился в отрасли на правах стандарта де-факто.

### **14.1. Соотношение производства СКС как системы и отдельных компонентов**

#### **14.1.1. Состав компонентов СКС**

Правила построения структурированной кабельной проводки, а также технические параметры отдельных компонентов, интерфейсы и структура системы в целом достаточно скрупулезно описаны в национальных и международных стандартах. Тем не менее даже при соблюдении всех стандартов СКС различных производителей имеют свою специфику. Анализ официальных каталогов компаний показывает, что в зависимости от объема функций по передаче информационных сигналов и администрированию с использованием штатных компонентов все СКС можно классифицировать следующим образом [161]:

- комплексные решения, рассчитанные на какой-либо определенный класс задач, например на организацию линейного тракта или коммутации и управления отдельными подсистемами СКС;
- функционально полные решения, обеспечивающие выполнение всех стандартных функций, возлагаемых на кабельную систему действующими редакциями стандартов (в минимальной конфигурации кабельная система образуется кабелями и коммутационным оборудованием вместе со шнурами);

- расширенные решения, включающие функционально полный набор компонентов в качестве подмножества и содержащие некоторые дополнительные элементы и устройства, на которые действие стандартов не распространяется, однако позволяющие в той или иной степени расширить возможности системы по передаче сигналов (например, специализированное активное оборудование).

Отнесение продукта к тому или иному разряду введенной классификации не является безоговорочным. По мере развития системы и изменения рыночной ситуации СКС конкретного производителя может перейти из одной группы в другую. Например, после покупки компанией Siemon кабельного производства в 1999 году ее кабельная система Siemon Cabling System перешла из разряда комплексных в разряд функционально полных.

Наряду с элементами, обеспечивающими передачу электрических и оптических сигналов и прямо попадающими в зону действия нормативно-технических документов СКС, практически все без исключения производители кабельных систем предлагают пользователям ряд компонентов, которые даже не упомянуты в этих документах (табл. 14.1). Между тем все эти элементы обладают главными характерными признаками составных частей единой системы. К примеру, код для их заказа составлен в соответствии с теми же принципами, что и для телекоммуникационных компонентов. Очевидные преимущества введения в систему дополнительных элементов – расширение функциональных возможностей продукта, ускорение процесса проведения проектирования и монтажа кабельной системы, предоставление системному интегратору и Заказчику возможности получения максимально полного решения из одних рук, отвечающие современным требованиям эстетические показатели, а также удобство эксплуатации и полная гарантийная поддержка. Не менее важно, что данные компоненты часто придают конкретной СКС те индивидуальные свойства, благодаря которым ей удается выделиться на фоне конкурирующих продуктов. В качестве наиболее известных примеров можно назвать систему интерактивного управления кабельной проводкой PatchView компании RiT Technologies и систему инневматической прокладки световодов оптической подсистемы BioLite английской компании Brand Rex.

Главный практический вывод, который следует из анализа ситуации, сложившейся в отрасли, состоит в том, что в зависимости от конкретных условий необходимо различать понятие СКС как технического объекта и как рыночного продукта.

Как *технический объект* СКС полностью попадает под юрисдикцию стандартов и, строго говоря, включает в себя только те компоненты наиболее сложной в техническом отношении горизонтальной подсистемы в пределах постоянной линии (Permanent Link), по которым происходит передача электрического и оптического сигналов. Формально оконечные шнуры в данном контексте не входят в состав СКС. Однако действующие нормативно-технические документы задают параметры таких шнуров в целях обеспечения функционирования высокоскоростного компьютерного оборудования, причем по степени детализации они практически не уступают нормировке постоянной линии целиком и отдельных компонентов в ее составе. В связи с этим производители часто ставят условием выдачи системной или расширенной гарантии применение фирменных оконечных шнуров. Таким образом, можно констатировать, что СКС как технический объект включает в себя компоненты в пределах канала и элементы магистральных подсистем для передачи электрического и оптического сигналов.

Понятие СКС как *рыночного продукта* более общее. Данная категория создается конкретным производителем кабельной системы на основе СКС как технического объекта и содержит его в виде подмножества. Таким образом, помимо телекоммуникационных электрических и оптическихассивных компонентов данный объект включает в себя ряд



дополнительных элементов, благодаря которым процесс проектирования, создания и последующей эксплуатации кабельной разводки становится более эффективным. Отсутствие официальных нормирующих документов приводит к тому, что СКС как рыночный продукт разных производителей отличается целым списком индивидуальных черт и особенностей, порой очень ярких и необычных. Состав элементной базы СКС в этом толковании варьируется в очень широких пределах и определяется как региональными особенностями зоны деятельности производителя СКС и его ведущих системных интеграторов, так и имеющимися технологическими наработками и возможностями производственного подразделения с учетом рыночных целей компании.

В качестве дополнительных элементов одинаково часто используются компоненты, как входящие в тракт передачи сигнала за пределами постоянной линии, так и связанные с телекоммуникационными изделиями только общей областью применения.

Элементы, которые используются для формирования тракта передачи электрического и оптического сигналов, делятся на пассивные и активные. Появление пассивных компонентов в составе СКС как стандартного элемента каталога общего назначения обусловлено стремлением разработчиков кабельной системы наилучшим образом адаптировать свой продукт для решения определенных задач. Данный прием применяется в ситуациях, когда на каком-либо региональном рынке существуют значительные особенности, учет которых дает весьма серьезные конкурентные преимущества предлагаемому решению. Так, при обслуживании больших компьютеров в состав штатных компонентов СКС вводятся пассивные адAPTERы и балуны различных видов для соединения витой пары с коаксиальным и триаксиальным трактами.

Если пассивные дополнительные компоненты использовались даже в первых появившихся на рынке СКС, то введение в состав штатных компонентов СКС именно как рыночного продукта активного оборудования наиболее распространенных сетевых стандартов (Ethernet, Fast Ethernet, Token Ring) приобрело широкую популярность только в конце 90-х годов. Данные устройства являются логическим продолжением СКС как для монтажников, так и для пользователей. Они существенно расширяют функциональные возможности кабельной системы и дают системному интегратору и Заказчику все преимущества получения комплексного решения из одних рук при реализации массового типового проекта, когда не предъявляются специфические требования в отношении гибкости, надежности и других характеристик локальной вычислительной сети.

Активное сетевое оборудование может использоваться в составе СКС конкретного производителя по различным схемам. Наиболее полная интеграция обеспечивается в том случае, если активное оборудование инсталляционного или обычного типа включается в состав стандартного предложения, а его описание занимает в каталоге СКС отдельный раздел (Nexans, AMP, Ortronics). Известна также схема работы, основанная на применении производителем СКС сетевого оборудования компаний, входящей в ту же промышленную группу. При этом названия этих компаний могут указывать на определенную связь между ними (NORDX/CDT и Red Hawk/CDT) или же их принадлежность к одному холдингу может быть известна только специалистам (Superior Modular Products и Teletec, входящие в группу PLP). Самым «мягким» вариантом является заключение между независимыми производителями СКС и активного сетевого оборудования ЛВС партнерского соглашения о продвижении комплексных решений (АйТи и Enterasys) или взаимной рекомендации продукции (Superior и Cisco).

Наиболее популярные элементы второй группы – декоративные кабельные короба, монтажные конструктивы различных видов и, в меньшей степени, компоненты силовой кабельной проводки. В этой области очень ярко проявляются региональные особенности основной географической зоны действия производителя кабельной системы. Так, например,

в промышленно развитых странах декоративные кабельные короба в помещениях пользователей закладываются в смету строительства офисного здания еще на архитектурной фазе его проектирования, причем поставка и монтаж этих компонентов производятся строительными организациями. Технические помещения передаются строителями под монтаж СКС с соответствующей инфраструктурой по стандарту EIA/TIA-569, однако без монтажных конструктивов, которые обычно поставляет и устанавливает системный интегратор в соответствии с фирменными стандартами производителя конкретной кабельной системы. Данное обстоятельство играет не последнюю роль в том, что производители СКС предлагают монтажный конструктив несколько чаще декоративных коробов.

Интересно отметить, что содержащиеся в нормативно-технических документах требования по обеспечению разгрузки коммутационных шнуров от механических усилий в процессе эксплуатации приводят к тому, что подавляющее большинство производителей СКС вводит в состав штатных компонентов своей системы такой дополнительный продукт как горизонтальные кабельные организаторы. Одновременно их применение позволяет решить задачу обеспечения высоких эстетических показателей коммутационного поля за счет единого дизайна организатора и коммутационных панелей.

#### **14.1.2. Варианты изготовления отдельных компонентов в составе системы**

Опыт ведения бизнеса, здравый смысл, а также элементарный анализ основных экономических показателей говорят о том, что совмещение одной компанией функций производителя сложного высокотехнологичного продукта массового применения и изготовителя отдельных его компонентов оказывается во многих случаях далеко не самым рациональным решением. Это объясняется необходимостью значительных инвестиций в специализированное технологическое оборудование, а также спецификой самого процесса производственной деятельности. Характерная особенность производства компонентов для СКС даже на уровне технического объекта – необходимость выпуска относительно небольших партий одинаковых и достаточно простых в конструктивном отношении изделий в сочетании с очень большой номенклатурой изготавливаемых элементов (до нескольких сотен различных позиций). Это заметно снижает эффективность использования станочного парка вследствие необходимости переналадки, приводит к его простоям из-за невозможности полной загрузки, затрудняет внедрение высокопроизводительных автоматизированных линий и ставит перед технологами ряд непростых специфических задач по минимизации издержек и снижению стоимости готовых изделий.

Сам процесс производства СКС не требует «вертикального» решения, под которым в данном контексте понимается изготовление абсолютно всех компонентов СКС (или, по крайней мере, тех, по которым происходит передача сигналов) на предприятиях производителя системы. На это косвенно указывают даже далекие от экономики стандарты, в которых не содержится ни слова о принципах изготовления отдельных компонентов. В конце концов, производство СКС не является самоцелью. Этот продукт создается для пользователя, которому необходимо в первую очередь не происхождение (если оно вполне легально), а отвечающее потребностям заказчика качественное решение, подкрепленное соответствующими гарантиями производителя (иными словами, то, что называется защитой инвестиций). Халтуру пресекает требование предоставления гарантий со стороны производителя системы, продолжительность которой, согласно стандартам, должна быть не менее 10 лет.

Отношение производителя СКС к отдельным компонентам, из множества которых формируется его система, полностью совпадает с отношением пользователя или системного интегратора к СКС в целом. Производителю системы важно получить каждый элемент в срок, с высоким качеством и по минимальной стоимости. Сам процесс поставки реализуется по различным схемам. Конкретный компонент может быть изготовлен на станке производителя, станок может принадлежать дочерней компании или компании, входящей в общую промышленную группу, технологическое оборудование можно взять в аренду или эксплуатировать по лизингу. Иногда производитель СКС просто покупает машинное время станка, то есть заказывает изготовление компонента на нем по OEM-контракту. Наконец, наиболее простой вариант – покупка интересующего элемента как серийного продукта общего применения без каких-либо доработок под свою систему.

Выбор того или иного варианта определяется, в первую очередь, стремлением компании-производителя СКС обеспечить технико-экономическую эффективность своей деятельности в конкретных рыночных условиях. Среди факторов, влияющих на принятие окончательного решения, в обязательном порядке присутствуют учет собственной специализации, традиции, поставленные руководством компании цели. Имеется также целый ряд других маркетинговых, производственных и прочих соображений. Возможность работы по различным схемам подчеркивается даже терминологически. Для третьей стороны, например для заказчика или системного интегратора, владелец производства, в процессе которого выпускается компонент, является изготовителем, а его поставщик в составе системы – производителем.

Подавляющее большинство компаний, занимающихся продвижением СКС собственной конструкции, имеют или планируют включить в свой состав производственные подразделения по выпуску хотя бы части номенклатуры компонентов СКС. Это объясняется естественным стремлением и, самое главное, возможностью получения дополнительной прибыли. Данная цель достигается не столько за счет снижения себестоимости продукции, сколько благодаря увеличению уровня сервиса через увеличение скорости оборота вследствие ускорения реакции на запросы клиентов в случае поступления крупных заказов или возникновения необходимости даже незначительной модификации серийного продукта.

Заметим, однако, что независимо от доли собственного производства на уровне элементной базы само понятие производства кабельной системы предполагает внесение в нее добавленной стоимости. Таковая может быть внесена в кабельную систему по-разному – не только в виде производимого разработчиком материального продукта (кабель, шнуры, панели и т.д.). Добавленная стоимость может присутствовать в СКС в виде интеллектуального вклада разработчика в процессе выбора концепции системы, подбора элементной базы для создания тракта передачи информационных сигналов и дополнительных компонентов, издания каталога, организации процесса обучения проектировщиков, монтажников и пользователей, поддержки гарантий производителя и т.д. Без учета добавленной стоимости элементы тракта передачи сигнала, шкафы, короба и т.д. остаются простым набором компонентов.

## **14.2. Схемы производства СКС как продукта**

По состоянию на середину 2001 года известно достаточно большое количество подходов к производству СКС как технического объекта. В полной совокупности этих подходов выделим следующие основные разновидности:

- производство полного спектра компонентов;
- производство части компонентов;
- интеграция в единую систему компонентов, закупаемых у других компаний на правах OEM-продукта, а также выпускаемых эксклюзивно по фирменным ТУ.

Указанные группы классифицируют процесс производства СКС в самом общем виде и в их пределах существует достаточно широкий спектр промежуточных решений и подхотов.

#### **14.2.1. Схемы на основе производства полного спектра компонентов**

Подход первого типа применяется обычно крупными компаниями с мощными производственными подразделениями, в подавляющем большинстве случаев подкрепленными потенциалом исследовательских лабораторий и конструкторских бюро (Avaya, Nexans, Molex). Основное достоинство такого подхода – возможность очень тонкой «подгонки» отдельных компонентов друг к другу как по телекоммуникационным параметрам, так и по эстетическим характеристикам.

Тем не менее личный опыт авторов и сообщения специалистов свидетельствуют о том, что гарант абсолютной «чистоты» происхождения компонента в смысле принадлежности предприятия-изготовителя одному владельцу могут быть даны лишь в очень редких случаях. На это указывает ряд типичных для практики косвенных признаков: непривычная упаковка, появление в поставке некоторого количества компонентов одного типа без указаний реквизитов производителя СКС, несходство дизайна однотипных элементов одного производителя, совпадение кодов заказа или типов изделий различных компаний даже без изменения фотографий в фирменных каталогах.

#### **14.2.2. Схемы на основе производства части компонентов**

Подход второго типа известен в нескольких разновидностях. Выбор конкретной из них зависит, в первую очередь, от технологических возможностей производственного подразделения компании в начале производства СКС, от рыночных целей и других задач. По состоянию на середину 2001 года стоимость электрических компонентов типовой реализации СКС как технического объекта достигает 85% и более. На основании этого достаточно часто стержнем производства структурированной кабельной системы становится патентно чистая конструкция электрического модульного или оригинального оптического разъема, на основе которого фактически строится СКС. Линейные кабельные изделия в данном случае вводятся в состав системы на правах OEM-продукта, но с собственным номером для заказа, правилами использования и другими атрибутами производства. При этом маркировка и упаковка кабеля в большинстве случаев не позволяет неспециалисту определить его действительное происхождение (фирма RiT).

Другой способ решения задачи производства СКС при наличии собственного производства только части компонентов тракта передачи сигналов заключается в составлении более или менее обширного списка производителей кабелей, которые могут быть использованы в данной СКС (Panduit, Ackermann). В соответствии с таким подходом кабели должны приобретаться по легальным каналам у тех изгтовителей, которые сертифицированы производителем СКС. При этом выбор поставщика при реализации конкретного проекта

остается за системным интегратором. Такой метод характерен в большей степени для европейских производителей СКС, так как их клиенты имеют возможность широкого выбора среди многочисленных кабельных заводов Старого света. У их заокеанских коллег подобный подход встречается существенно реже.

Ограничение распространение на практике получили комбинированные варианты, не выходящие за пределы рассматриваемой схемы. В этом случае не имеющий собственно кабельного завода производитель СКС использует OEM-продукцию и одновременно разрешает применять в составе системы кабели своих сертифицированных партнеров. Примером подобного подхода могут служить компании Reichle & De-Massari и Superior Modular Products.

В эту же группу могут быть отнесены СКС тех компаний, основная специализация которых состоит в производстве кабельной продукции. Здесь также возможны варианты. Так, система E-Line известной немецкой кабельной компании Кергреп представляет собой классический функционально полный продукт одного производителя, включающий в себя наряду с кабелем коммутационное оборудование. Иногда кабельные компании в открытую «делят» ответственность с производителем коммутационного оборудования и предлагают своим партнерам совместное решение. По такой схеме работают LAPP Kabel и Технодинамика.

Опыт, однако, свидетельствует о том, что изготовители кабелей из витых пар достаточно редко развивают свой бизнес в направлении создания полномасштабной СКС. Данная закономерность не столь характерна для оптических СКС: в данной области кабельные компании проявляют существенно бо́льшую активность.

Кроме использования рекомендованного или заказного элемента из конкретной группы товаров (чаще всего электрического кабеля) некоторые производители прибегают к заимствованию целой подсистемы. В роли заимствованного продукта чаще всего выступает не сколько более сложная в реализации оптическая подсистема. В качестве примера можно привести компанию AESP, в СКС SignaMax которой волоконно-оптическая подсистема строится целиком из компонентов производства компании Brand-Rex и по ее технологии. Пример развития в обратном направлении – компания ЗМ: создав на основе разъема VF-45 оригинальной конструкции свою оптическую структурированную кабельную систему Volition, фирма довела ее до полномасштабной путем объединения с СКС типа SCQ в результате слияния с компанией Quante+Puoyet.

### **14.2.3. Схемы на основе широкой интеграции в систему покупных продуктов**

Интеграция в единую систему покупных продуктов чаще всего практикуется производителями, изначальной специализацией которых являлась системная интеграция (АйТи). При этом, как свидетельствует мировой опыт, такой вариант не является исключительно российским изобретением. В частности, принцип закупки основной массы компонентов на правах OEM-продуктов или полуфабрикатов использовал в достаточно широко известной на территории бывшей Чехословакии СКС Solarix. Интересно отметить, что данной схемы продвижения своего продукта до сих пор придерживается самый первый производитель СКС: компания IBM никогда не выпускала на собственных производственных предприятиях компоненты своей кабельной системы ASC и всегда ограничивалась разработкой ТУ, передавая их другим производственным предприятиям для реализации заказов.

Известно, что значительная часть кабельной разводки, построенной даже с полным соблюдением стандартов СКС, по тем или иным причинам не сертифицируется<sup>1</sup>. Учитывая данную реальность современного рынка информационных технологий и большую емкость сегмента структурированной кабельной проводки, к производству отдельных элементов СКС в конце 90-х годов начали активно подключаться компании, основной специализацией которых является выпуск дополнительных компонентов. В частности, обязательным атрибутом стандартного предложения по каталогу изготовителей монтажных конструктивов стали наборные панели электрических модульных разъемов в стиле Keystone и оптические полки под наиболее популярные на практике оптические разъемы типов ST и SC. Некоторые производители данной группы (Schroff) приступили к изготовлению панелей с модульными разъемами. Определенный интерес к СКС сложился у изготовителей декоративных коробов. Они предлагают потребителям электрические и оптические информационные розетки различных видов, на основе которых может быть построена слаботочная кабельная проводка.

В дальнейшем от этих компаний следует ожидать перехода к производству полномасштабной СКС. Данный вид деятельности по состоянию на середину 2001 года пока не приобрел широкую популярность, но на рынке уже появились первые продукты этой группы, на которые производитель предоставляет более высокую гарантию, чем компонентную. Решения производителя дополнительных компонентов отличаются в первую очередь высокими эстетическими характеристиками. Это достигается за счет того, что совместимость декоративного короба и розеточного модуля в комнатах для размещения персонала офиса и панелей с монтажными конструктивами в помещениях кроссовых и аппаратных (как с точки зрения дизайна, так и технологии сборки) принципиально обеспечивается еще на этапе конструктивной проработки. Пример кабельной системы производителя коробов – решение VDI компании Legrand, относящееся к классу комплексных СКС изготавливателя монтажных конструктивов представлена продуктом RNC компании Rittal, ориентированным в первую очередь на рынок SOHO и относящимся к классу функционально полных продуктов. Поставка кабельных компонентов для этой СКС осуществляется компанией Кергрен. Интерес представляет отсутствие кабелей в классическом понимании – они заменены на оконцованные в заводских условиях сборки. С системной точки зрения производство таких СКС ведется по второй схеме, когда часть компонентов закупается у производителя в рамках партнерского соглашения.

Каждый из рассмотренных выше подходов имеет свои достоинства и недостатки. Сам факт существования множества схем реализации кабельной системы с уровнем не ниже комплексного продукта говорит об отсутствии единственно верного, идеального решения. Например, наличие собственного производственного подразделения с более или менее оснащенной исследовательской лабораторией и КБ позволяет продвигать на рынок технические новинки. Значительный консерватизм пассивной части информационно-вычислительной системы приводит к тому, что данные новинки приносят наибольший эффект, если заложенные в них идеи прямо или в неявном виде выходят за пределы ограничений стандартов. В такой ситуации новинки могут быть внедрены в нормативно-технические документы общего применения или хотя бы занять положение стандарта де-факто только тогда, когда их производство освоено еще несколькими компаниями, занимающими лидирующие позиции в данном сегменте рынка. До этого момента все отрицательные последствия и риски

<sup>1</sup> Для получения соответствия нормам безопасности, определенным в стандарте Европейского Союза EN 50173, необходимо выполнение двух условий: соответствия параметров заданным в стандарте и отсутствия дефектов конструкции.

перекладываются на потребителя. В качестве иллюстрации можно привести продолжавшуюся несколько лет эпоху выбора верхней граничной частоты элементной базы и смонтированных линий категории 6.

Главное же препятствие к открытию собственного производства состоит в том, что подобный шаг сразу же ставит перед руководством компании проблему разовых крупных финансовых инвестиций в технологическое оборудование и обеспечение его загрузки.

## **14.3. Характерные черты и особенности реализации СКС**

### **14.3.1. Область технических параметров**

Производители СКС достаточно жестко придерживаются требований стандартов в отношении параметров компонентов, которые применяют для построения трактов кабельных систем. Имеющиеся превышения, как правило, декларируются только в маркетинговых целях и технически используются для создания дополнительных запасов по защищённости от помех в процессе текущей эксплуатации. Иногда эти запасы оказываются настолько существенными, что позволяют компании-производителю делать достаточно необычные и эффективные маркетинговые ходы. Например, Avaya Communication вообще не требует тестирования электрических кабельных трактов горизонтальной подсистемы отдельных продуктов (GigaSPEED и PowerSUM) своей СКС SYSTIMAX: уровень применяемой элементной базы и квалификация монтажников позволяют гарантировать качественные показатели не ниже требуемых стандартами. (На практике тестирование все-таки осуществляется на уровне проверки правильности разводки.) Даже в тех случаях, когда производитель СКС гарантирует существенное превышение требований стандартов, он искусственно сводит структуру кабельной разводки к стандартной. Так, компания ITT Industries гарантирует для своей СКС серии LANConnect максимальную длину тракта передачи сигналов Ethernet и Fast Ethernet в 177 и 140 м соответственно против 160 и 100 м по стандарту. Однако в этом случае формальное соблюдение требований стандарта обеспечивается разбивкой тракта на два отрезка, причем длина постоянной линии любого из них не превышает 90 м. Отрезки связаны друг с другом по правилам пассивной коммутационной панели.

В основной массе СКС в электрической подсистеме применяются две разновидности разъемов, один из которых всегда является модульным. Разъем второго типа используется в магистральных подсистемах для обеспечения работоспособности низкоскоростных приложений и предназначен главным образом для поддержки функционирования аналоговых или цифровых телефонов. Основное требование к данному изделию – простота администрирования отдельно взятых пар в процессе текущей эксплуатации. Американские производители СКС для решения этой задачи используют разъем типа 110 или аналогичный ему, европейские компании часто предпочитают так называемые плинты. Такое решение заимствовано из телефонии и отличается от разъема типа 110 в классическом или модифицированном варианте в первую очередь компактностью и несколько меньшей стоимостью. Отметим также, что, несмотря на четко выраженную специализацию плинтов, их передаточные характеристики позволяют поддерживать функционирование систем информационного обмена различного назначения со скоростями передачи вплоть до 100–155 Мбит/с.

### **14.3.2. Организационные мероприятия**

Все перечисленные в табл. 14.1 производители СКС поддерживают гарантию с уровнем не ниже системной, достаточно часто доводя ее до уровня гарантии работы конкретных приложений в той или иной форме. При этом за редким исключением продолжительность гарантии на системном уровне превышает требования стандартов и устанавливается на 15–20 лет.

Практически обязательна для любого производителя СКС реклама поставляемого им решения на уровне оборудования. Сложившийся в отрасли достаточно строгий стиль существенно ограничивает разработчиков в смысле дизайнерских инноваций. Поэтому зачастую единственным средством «ассивной» рекламы служит размещение логотипа производящей компании на передней части корпуса панельных элементов (коммутационных панелей, организаторов и других аналогичных изделий). Для этого используется одноцветная или многоцветная печать или, существенно реже, клеевые этикетки.

Важное значение имеет обучение системных интеграторов и партнеров с другим статусом. Основной вид обучения – соответствующие краткосрочные курсы, слушатели которых получают первичные навыки по проектированию и монтажу СКС. При этом практикуется прохождение курсов на базе учебного центра штаб-квартиры или регионального офиса производителя СКС, а также выезд преподавателя к партнерам при наборе достаточно большой группы слушателей. Эффективность повышается за счет перевода курсов на национальные языки и адаптации к региональным особенностям. Компания, направившая своих сотрудников на обучение, получает авторизацию различного уровня. Это дает ей определенные финансовые льготы и более или менее обширный перечень прав по сертификации монтируемых ею кабельных систем с возможностью выдачи соответствующей гарантии от имени производителя.

Известно, что достаточно существенная часть системных интеграторов работает в рамках одного направления по схеме так называемой мультивендорной компании. Применительно к рассматриваемой области это означает, что интеграторы устанавливают СКС нескольких производителей, причем выбор какой-либо одной из них в каждом конкретном случае зависит от особенностей реализуемого проекта (пожелания заказчика, особые технические требования, конкретная рыночная ситуация, корпоративный стандарт и т.д.). С учетом данного обстоятельства некоторые производители СКС (АйТи, Molex, Superior) допускают упрощенную процедуру сертификации нового системного интегратора в случае предоставления сертификата другого признаваемого ими производителя.

Техническая поддержка, обеспечиваемая производителем СКС, подразумевает следующий комплекс мероприятий:

- введение в штат сотрудников консультантов, специалистов технической поддержки и других специалистов с аналогичными функциями;
- организация «горячей» телефонной линии;
- издание технических и методических материалов (white papers) с их регулярной рассылкой;
- организация конференций на Web-странице производителя;
- проведение выездных семинаров по повышению квалификации и партнерских съездов.

Стандартом де-факто является издание регулярно обновляемого каталога (периодичность издания один раз в год).

## Выходы

Производство структурированных кабельных систем может осуществляться в рамках нескольких основных схем, выбор которых осуществляется с учетом возможностей производственного подразделения компании и ее рыночного позиционирования.

Добавленная стоимость, благодаря которой набор отдельных компонентов становится структурированной кабельной системой, может быть привнесена как в материальном, так и в интеллектуальном виде (на это влияют поставленные цели, наличие собственного производства, финансовые возможности производителя СКС и ряд других факторов).

В зависимости от конкретной ситуации СКС может рассматриваться как технический объект и как рыночный продукт. Понятие СКС как рыночного продукта является более общим относительно понятия СКС как технического объекта. При этом основные отличительные признаки производимых систем сосредоточены именно в области рыночного продукта.

Основная масса производителей СКС существенно расширяет спектр предлагаемого оборудования за пределы только телекоммуникационных компонентов.

Наиболее популярными дополнительными компонентами, которые производители СКС вводят в состав своего продукта по состоянию на середину 2001 года, являются монтажный конструктив и декоративные кабельные короба.

Расширение предложения активного оборудования как дополнительного компонента в рамках конкретной СКС идет в направлении внедрения активного сетевого оборудования нижнего уровня ЛВС и систем интерактивного управления кабельной проводкой.

Компания, работающая в области производства СКС, обеспечивает своим партнерам и клиентам определенный уровень сервиса как в области обучения, так и технической поддержки.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

---

Современный уровень развития техники и состояние стандартизации структурированных кабельных систем позволяет констатировать следующее:

- в настоящее время на рынке предлагается широкая номенклатура электрических и оптических кабельных и коммутационных изделий, а также аксессуаров различного назначения, дающих возможность стандартными средствами и с использованием типовых решений создавать СКС емкостью от нескольких десятков до нескольких сотен тысяч портов; это позволяет по единой идеологии строить и в дальнейшем развивать СКС и в небольших офисах из одной–двух комнат, и в комплексе зданий с возможностью подключения к сетям связи общего пользования;
- СКС как единая система обеспечивает средой передачи сигналов широкий круг сетевой аппаратуры разной производительности, открывая тем самым перспективы построения так называемого интеллектуального здания;
- имеющийся в распоряжении проектировщиков и обслуживающего персонала большой набор адаптеров различных типов помогает с помощью инфраструктуры СКС организовать информационный обмен между сетевой аппаратурой с коаксиальным, триаксиальным и другими видами интерфейсов, то есть изначально не рассчитанной для работы по симметричным и оптическим кабелям;
- задаваемый действующими стандартами и обеспечиваемый производителями технический уровень элементной базы гарантирует работоспособность устанавливаемой кабельной системы и поддержку ее существующих и перспективных приложений на протяжении минимум 15–20 лет;
- вследствие большого числа производителей,лагающих широкий спектр как отдельных стандартных компонентов, так и законченных СКС, удается в каждом конкретном случае строить системы, оптимальные по своим технико-экономическим характеристикам;
- благодаря нормированной стандартами совместимости оборудования категорий 5 и 6е, выпускемого различными производителями, а также тому обстоятельству, что многие производители обеспечивают обратную совместимость своей продукции, соответствующей проекту категории 6, гарантируется надежная защита инвестиций пользователей, которые становятся независимыми от экономического состояния конкретного производителя СКС.

Немаловажное значение для практики создания СКС имеет также доступность широкого набора вспомогательных и дополнительных компонентов (декоративные короба, 19-дюймовые конструктивы и элементы маркировки), которые в массовом масштабе используются в процессе построения СКС и обеспечивают:

- сохранение высоких эстетических характеристик офисных и технологических помещений, а также создание дополнительной механической, а в некоторых случаях и электромагнитной, защиты кабельных и коммутационных изделий СКС;
- компактное и удобное в обслуживании размещение сетевого и коммутационного оборудования в сочетании с ограничением доступа посторонних лиц;

- возможность высококачественной маркировки всех компонентов СКС и вспомогательных элементов на этапе строительства и эксплуатации с поддержанием базы данных и ведением необходимой эксплуатационной документации.

Для тестирования электрической и оптической подсистем СКС предлагается большой выбор измерительных приборов различного типа, а также разработаны модели и методики проведения измерений, которые позволяют:

- сделать адекватный вывод о соответствии фактического состояния объекта тестирования (отдельных компонентов и линии связи целиком) требованиям стандартов и о возможности использования СКС для передачи сигналов тех или иных приложений;
- быстро и с высокой точностью локализовать неисправности, выявлять их характер и контролировать качество проведенного монтажа и ремонта.

В настоящее время происходит интенсивное развитие стандартов эволюционного характера, которое не затрагивает основ построения СКС и позволяет в перспективе добиться существенного улучшения их параметров и функциональных возможностей. Например:

- на уровне основных стандартов разрешено применение централизованных оптических архитектур, консолидационных точек и многопользовательских розеток;
- в соответствии с достигнутым уровнем техники и увеличением пропускной способности СКС ужесточены требования как к характеристикам отдельных компонентов, так и к параметрам смонтированных линий на их основе;
- существенно расширен список контролируемых параметров электрических линий;
- в области тестирования линий небольшой длины (до 15 м) происходит отказ от требований жесткого выполнения норм во всем параметром в пользу интегральной оценки ожидаемого отношения сигнала к шуму (решение так называемой проблемы коротких линий – short-link problem);
- в связи с ростом частот передаваемых сигналов и необходимости обеспечения электромагнитной совместимости уточняются и конкретизируются требования к системе телекоммуникационного заземления.

Основываясь на собственном опыте реализации СКС, анализе предложений ведущих мировых производителей этого оборудования, знании потребностей современного рынка информационных технологий и сведениях о перспективных разработках, авторы данной монографии предполагают, что развитие техники СКС пойдет по следующим перечисленным далее направлениям.

В областях принципов построения и секторов использования:

- начало массового применения на практике сетевого оборудования с гигабитными скоростями обмена данными и качественно новым уровнем информационной поддержки трудовой деятельности сотрудников и автоматизированного управления различными процессами, которое можно ожидать после принятия новых редакций стандартов, намеченного на 2000–2001 годы<sup>1</sup>;
- расширение функциональных возможностей кабельных систем в плане увеличения количества типов оборудования различных систем и служб здания, подключаемого к СКС в рамках концепции «интеллектуального здания»;

<sup>1</sup> Напоминаем, что с 1999–2000-го года в силу различных причин не было выпущено третьего издания Рекомендаций.

- массовое внедрение техники СКС в область SOHO и так называемых домашних сетей, в том числе с широким использованием кабелей категории 7 и выше (границная частота 850 МГц) и принципа cable sharing (передача по одному кабелю сигналов нескольких информационных источников, включая эфирное и кабельное телевидение, интернет, телефон, радиовещание).
- не исключается появление в составе стандартного оборудования СКС средств беспроводного подключения к ЛВС различных типов небольших выделенных рабочих групп. Пока подобные решения предлагаются только компаниями Lucent Technologies и Kompex, однако такие их преимущества, как возможность очень быстрого развертывания новых сегментов ЛВС и подключения удаленных групп пользователей в тех местах, где применение кабельных решений оказывается невозможным или экономически нецелесообразным, открывают им перспективы распространения в достаточно обширной и емкой области рынка СКС;
- введение в состав СКС на правах рекомендуемого к применению отдельных видов активного сетевого оборудования, а также элементов дистанционного управления и диагностики, что позволит упростить решение многих часто встречающихся на практике типовых задач, а также существенно облегчит текущую эксплуатацию системы.

В области электрической подсистемы СКС можно прогнозировать:

- практически полное прекращение производства элементной базы категории 5, быстрый рост популярности решений категории 6 и переклассификации ранее установленных СКС категории 5 под требования категории 6;
- начало массового внедрения решений категории 6 с постепенным переходом от закрытых решений к открытым в области элементной базы;
- определенное увеличение в системах с высокой пропускной способностью доли решений, основанных на экранированной элементной базе, обеспечивающих потенциально более высокие характеристики передачи сигналов, улучшенную электромагнитную совместимость с другими видами электронного оборудования и оказывающих меньшее вредное экологическое воздействие на окружающую среду;
- появление нового типа электрического разъема массового применения, работающего на частотах до 1 ГГц и выше, с массогабаритными показателями и эксплуатационными характеристиками, по меньшей мере не уступающими традиционному модульному разъему;
- внедрение в повседневную инженерную практику (при соответствующем закреплении в стандартах и других нормативных документах) СКС, работающих на частотах до 1 ГГц и больше, с привлечением имеющегося задела в области кабелей и разъемов с верхней границей частотой до 1–1,4 ГГц.

В области специализированной волоконно-оптической техники для применения в СКС ожидается:

- дальнейший рост доли и объемов применения волоконно-оптических решений, главным образом за счет увеличения количества и доли кабельных систем, содержащих в своем составе кабельные линии fiber to the desk – «волокно до рабочего места»;
- увеличение доли одномодовых решений, так как только на основе одномодовой элементной базы возможна передача сигналов новейших и перспективных приложений типа ATM 1,2 и 2,4 Гбит/с, а также Gigabit Ethernet и 10G Ethernet на расстояние свыше 500 м;

- значительное увеличение доли оптических кабелей с волокнами типа 50/125 и 62,5/125 с улучшенными частотными свойствами в результате принятия стандарта 802.3z Gigabit Ethernet и активизации работ в области интерфейсов 10G Ethernet. Применение этой элементной базы создает предпосылки использования в подсистеме внутренних магистралей хорошо отработанной в техническом отношении, легко монтируемой на объекте без сложного технологического оборудования и более дешевой многомодовой техники без каких-либо ограничений;
- стандартизация и внедрение в широкую инженерную практику оптических разъемов с увеличенной плотностью монтажа, благодаря чему удается плотность портов на коммутационных панелях до уровня электрических решений или даже превысить ее; при этом возможна смена основного оптического разъема (в настоящее время SC) или расширение перечня оптических разъемов, разрешенных для применения в СКС без каких-либо ограничений;
- переход от клеевых методов полевого монтажа оптических разъемов к методам на основе механической фиксации с широким использованием полуавтоматических технологических приспособлений. Это позволит сократить время монтажа и стоимость волоконно-оптической подсистемы СКС, увеличить качество монтируемых линий и снизить требования к квалификации персонала.

Отметим также, что имеющиеся перспективные разработки в области полимерных световодов позволяют сделать прогноз о возможности начала массового использования этой элементной базы на горизонтальных участках СКС. В настоящий момент уже имеется весь набор компонентов и отработанная технология их монтажа, так что применение их при построении информационно-вычислительных систем различного назначения (например, на базе стандарта IEE-1394) и СКС [162] вполне реально. Повсеместное распространение данной техники сдерживается вследствие того, что из-за несколько повышенного уровня затухания полимерных световодов производители не могут гарантировать устойчивую работу высокоскоростных приложений на расстояниях более 80 м.

Авторы данной книги с удовлетворением отмечают также наличие существенного и, главное, постоянно растущего интереса к организации серийного самостоятельного производства отдельных компонентов и аксессуаров СКС непосредственно в России на предприятиях отечественной промышленности. Финансирование процесса подготовки и налаживания производства ведется за счет собственных средств, кредитов российских банков и прямых иностранных инвестиций. При этом наряду с импортным технологическим оборудованием активно используются наработанный ранее потенциал и многие оригинальные технические идеи и разработки. По имеющимся данным на середину 2001 года в этой области сложилось следующее положение:

- наложен серийный выпуск четырехпарного горизонтального кабеля категории 5 на двух и изготовлены опытные партии еще на четырех кабельных заводах;
- рядом компаний-системных интеграторов организовано мелкосерийное производство электрических коммутационных и оконечных шнурков, нашедших широкое применение для удовлетворения собственных нужд и установки в несертифицируемых СКС;
- в 2000–2001 годах ряд отечественных предприятий начал выпуск электрического коммутационного оборудования с частичным использованием импортных комплектующих (в первую очередь розеточные модули и сборки). Появился также первый комплексный продукт в этой области (система АйТи-СКС-мини);

- оптические кабели внешней прокладки ряда отечественных заводов по качеству не уступают импортной продукции и за счет существенно меньшей цены успешно конкурируют с ней; полностью решена проблема изготовления кабелей с волокном типа 62,5/125, существовавшая до 1997 года; появились также серийные образцы кабелей внутренней прокладки с волокном в буферном покрытии 0,9 мм;
- по уровню качества оптические коммутационные изделия отечественного производства тоже успешно конкурируют с продукцией западных компаний и даже поставляются на экспорт;
- имеется ряд разработок оптических измерительных приборов, главным образом оптических тестеров, наложен их мелкосерийный выпуск;
- начиная с 2000 года ряд отечественных предприятий вышел на рынок с серийным 19-дюймовым оборудованием различного назначения и аксессуаров к нему; некоторые предприятия химической промышленности проявляют непосредственный интерес к организации производства декоративных коробов и их стандартных комплектующих элементов;
- в широкой продаже появились первые образцы изготовленных в нашей стране декоративных коробов наиболее ходовых размеров, совместимые с продукцией западных компаний.

Можно констатировать, что в России уже существует достаточно развитая система обучения проектированию и монтажу СКС. Так, только в Академии АйТи по состоянию на середину 2001 года подготовлено свыше 700 специалистов по АйТи-СКС. Практически все ведущие производители организовали краткосрочные курсы продолжительностью от одного до пяти рабочих дней, которые проходят на достаточно регулярной основе и читаются на русском языке с выдачей фирменного сертификата.

Отметим также определенный интерес, который начинает проявлять высшая школа к проблеме подготовки специалистов по СКС. По имеющимся сведениям, в ряде российских вузов и технических университетов с 1999 года введены соответствующие факультативные курсы для студентов и слушателей факультетов повышения квалификации.

В 1998 году компанией АйТи была проведена работа по созданию отечественного стандарта по СКС. Подготовленный документ базируется на международном стандарте ISO/IEC 11801, а после его официального принятия СКС можно будет «легализовать» в нашей стране как самостоятельное техническое направление.

Практически все ведущие периодические издания, рассчитанные на специалистов по электросвязи и информационным технологиям, регулярно публикуют материалы, посвященные актуальным проблемам техники СКС и смежным вопросам. В стране начинает складываться отечественная школа специалистов по этому направлению.

Резюмируя сказанное выше, отметим, что наличие широкого выбора оборудования ведущих производителей, отработанных принципов проектирования, методик строительства и тестирования, а также правил технической эксплуатации позволяет компании-системному интегратору предложить, а заказчику выбрать оптимальное как по техническим, так и по стоимостным характеристикам решение стоящих перед ним задач не только на данный момент, но и в обозримой перспективе.

# **Приложения**

---

## **Кабельные системы различных производителей**

Далее приведены общие сведения технического характера о некоторых известных авторам данной монографии СКС различных производителей, в большем или меньшем объеме представленных на российском рынке. Критерием включения в перечень являлось, во-первых, наличие у продукции основных и дополнительных признаков, рассмотренных во введении и позволяющих отнести продукт к СКС, и, во-вторых, присутствие в России постоянного представительства или по меньшей мере партнера, продвигающего данное конкретное решение на отечественном рынке с представлением гарантии производителя. Перечень не претендует на абсолютную полноту хотя бы потому, что число этих систем растет достаточно быстро.

Кроме того, на нашем национальном рынке доступна также продукция нескольких иностранных производителей СКС, предлагаемая их российскими партнерами на уровне компонентов. В числе таких производителей отметим FMT, Telegartner, INFRA+, Homasap.

### **Волоконно-оптическая структурированная кабельная система Volition фирмы 3M**

Волоконно-оптическая кабельная система Volition создана американской компанией 3M в 1998 году. Перед разработчиками системы была поставлена цель достигнуть уровня эксплуатационных и ценовых характеристик, соизмеримого с уровнем характеристик функционального аналога на базе электрических кабелей или даже превосходящего его.

Стержневым элементом системы является оптический разъем типа VF-45 оригинальной конструкции, в котором отсутствует керамический центрирующий наконечник.

Оптические линейные кабели, входящие в систему, имеют максимум 72 волокна типов 9/125, 62,5/125 и 50/125 и выпускаются в вариантах для внутренней и внешней прокладки. В последнем случае возможно как чисто диэлектрическое исполнение, так и применение стальной гофрированной ленты для увеличения устойчивости к внешним воздействиям. Кабели, ориентированные на горизонтальную подсистему, состоят из двух волокон (конструкция типа mini-breakout); магистральные кабели емкостью до 24 волокон имеют однотрубочную конструкцию; при большей емкости используется структура модульной разновидности.

Оптические коммутационные шнуры с вилками разъемов VF-45 выпускаются только в фабричном исполнении в одномодовом и многомодовом вариантах (с волокном 50/125 и 62,5/125 в последнем случае) длиной от 1 до 30 м. Для расширения функциональной гибкости системы в ее состав введены также комбинированные шнуры с вилками ST и SC на втором конце. Эксплуатационные характеристики шнуров заметно улучшены применением двухслойной оболочки волокна (стекло внешним диаметром 100 мкм плюс полимер внешним диаметром 125 мкм).

Коммутационное оборудование традиционной конструкции представлено 19-дюймовыми коммутационными полками и настенными муфтами. Стандартная емкость полки высотой 1U составляет 24 оптических порта. В случае увеличения высоты полки до 2U она дополнительно оборудуется штатным организатором коммутационных шнурков кольцевого типа. Емкость настенных муфт – 6, 12 и 24 порта в зависимости от варианта.

Для установки на рабочих местах предназначены двухпортовые розетки.

Технологическое оборудование включает в себя оригиналный набор инструментов для бесклееевого монтажа розеток разъемов VF-45 непосредственно на объекте монтажа. Нормативная продолжительность работ по установке одной розетки составляет две минуты. Контроль собранных трактов передачи информации проводится с помощью оптического тестера типа VOL-2290, который дополнительно снабжается тестовым шнуром, служащим при работе с разъемами VF-45.

Для организации горизонтальной подсистемы в классическом виде в системе Volition предусмотрена ограниченная номенклатура электрических кабелей категории 3 в вариантах исполнения по классам противопожарной стойкости plenum и riser. Дополняет электрическое оборудование коммутационные шнуры и панели наборного типа под розетки в стиле keystone.

Существенное расширение функциональных возможностей СКС Volition достигнуто введением в ее состав развитой номенклатуры активного сетевого оборудования ЛВС (преобразователей среды, концентраторов и коммутаторов Ethernet и Token Ring различных модификаций). Приборы имеют как оптический, так и электрический интерфейс и обеспечивают в моделях старшего класса скорость передачи до 1000 Мбит/с.

Продолжительность обучения проектировщиков и монтажников системы составляет 3 рабочих дня. В случае работы с активным оборудованием читается дополнительный однодневный курс.

На сертифицированную систему предоставляется стандартная 20-летняя системная гарантия. Условием получения системной гарантии является проектирование по правилам ЗМ и монтаж обученными специалистами. В особо ответственных случаях компания практикует непосредственную инспекцию установленной СКС своими инструкторами. Продолжительность гарантии на электронные компоненты составляет 1 год.

## ***Система Signa Max компании Advanced Electronic Support Products***

Структурированная система Signa Max относится к одной из самых молодых СКС, продвигаемых на российском рынке. Она создана в 1997 году, в ее разработке активно участвовал московский офис компании AESP.

Электрическая подсистема Signa Max входит в состав системы HiLink. Элементная база HiLink позволяет создавать кабельную систему с производительностью вплоть до проекта категории 7. В состав HiLink включен также экранированный сетевой кабель для подачи напряжения на силовые розетки, что дополнительно расширяет функциональные возможности СКС.

Горизонтальная подсистема может строиться на неэкранированных кабелях категорий 3, 5 и 5e; при использовании экранированных конструкций с граничной частотой нормировки параметров 300 и 600 МГц удается создавать системы, характеристики которых соответствуют требованиям категорий 5, 6 и 7 [163]. HiLink является одной из немногих СКС,

в составе которой предлагается двухшарнирный кабель категории 5<sup>4</sup>. Если предполагается работа в жестких условиях, то лучше применять кабель с тефлоновой изоляцией, которая гарантирует рабочий диапазон температур от -70 до +200 °C. Поставка всех видов горизонтального кабеля выполняется в коробках. Коробки попарно помещаются в общую картонную упаковку, что обеспечивает большую сохранность при длительной транспортировке.

Вертикальные подсистемы строятся с применением 25-парного кабеля категории 5 (варианты UTP и S/UTP), для передачи телефонных сигналов предназначен кабель категории 3 с максимальной емкостью 100 пар.

Коммутационное оборудование представлено панелями с модульными разъемами в экранированном и неэкранированном вариантах максимальной емкостью 120 портов; разделка кабелей выполняется на контактах типа 110 или Krone. Основная масса этих изделий предназначена для монтажа в 19-дюймовом конструктиве, имеются также варианты для настенной установки. В случае необходимости могут применяться также панели модульной конструкции; вставки комплектуют розетками модульных разъемов, розетками BNC и ST-розетками для формирования оптических портов.

Панели типа 110 категории 5 доступны в вариантах на 100 и 200 пар; в зависимости от модификации допускается установка на стене или в 19-дюймовом конструктиве. Специально для поддержки функционирования телефонных подсистем предлагаются панели с 6-позиционными розетками максимальной емкостью 120 портов.

Для установки на рабочих местах предназначены неэкранированные и экранированные одно- и двухпортовые розетки. Коммутационные и оконечные шнуры также доступны в экранированном и неэкранированном вариантах; их максимальная длина составляет 10 м.

При создании волоконно-оптической подсистемы используется оборудование, выпускаемое компанией BICC.

Функциональные возможности и гибкость СКС Signa Max обеспечивается включением в ее состав достаточно развитой номенклатуры 19-дюймового монтажного оборудования (напольных и настенных шкафов, открытых стойек) и кабельных коробов (металлических и пластмассовых) английского производства.

На СКС Signa Max предоставляется стандартная системная гарантия продолжительностью 25 лет.

Еще одной особенностью системы Signa Max является включение в ее состав сетевого оборудования FOCUS. При этом, в отличие от остальных решений, в случае комплексной реализации проекта (СКС плюс LAN) заказчик получает общую 20-летнюю гарантию наассивное оборудование СКС и активное оборудование FOCUS.

## **Кабельная система Alcatel Cabling System компании Alcatel**

Кабельная система Alcatel Cabling System отвечает основным международным стандартам на СКС. Все компоненты рассматриваемой СКС изготавливаются на собственных предприятиях компании.

Кабельная продукция для построения горизонтальной подсистемы представлена 4-парными кабелями в вариантах UTP, S-UTP (используются в основном двойные пленочные экраны) и S-STP. Кабели имеют волновое сопротивление 100 и 120 Ом при диаметре жил

<sup>4</sup> В новых версиях новых моделей кабелей применяется экран из пленки титана на дифференциальном типе Fast Ethernet.

соответственно 0,5 и 0,6 мм. Параметры кабелей серии GIGATEK и SYMTEK сертифицируются до частот 600 МГц. Телефонные сигналы на вертикальных участках трасс внутри зданий передаются по многошарнным кабелям категории 3 с волновым сопротивлением 100 и 120 Ом и числом пар 10, 25, 50, 100 и 150.

Оптические кабели могут применяться на всех трех подсистемах СКС и снабжаются световодами всех трех основных типов 9/125, 50/125 и 62,5/125. Кабели без гелиевого заполнения с 900-микронной оболочкой tight buffer и числом волокон 24 предназначены для создания подсистемы внутренних магистралей. Кабели внешней прокладки бывают как модульной, так и однотрубочной конструкции, максимальное количество волокон достигает 60. Для организации 2-портовых рабочих мест служат комбинированные кабели серии Twintek с двумя трубчатыми элементами. Первый из этих элементов представляет собой обычный или экранированный 4-парный электрический кабель, второй волоконно-оптический элемент содержит 2, 4 или 6 световодов в буферном покрытии 0,9 мм.

Электрические коммутационные шнуры длиной от 1,5 до 20 м выпускаются в обычном и экранированном вариантах. Для подключения телефонных станций и аппаратуры низкоскоростных приложений с большим числом портов предназначены 3-метровые соединительные шнуры с разъемами TELCO. Функции элементов разветвления в процессе реализации принципа cable sharing реализуют так называемые адаптерные шнуры длиной 3, 5 и 8 м с четырьмя 6- или 8-позиционными вилками модульных разъемов на втором конце.

Стандартная длина оптических коммутационных шнуров составляет 2, 5 и 10 м. Шнуры снабжаются вилками разъемов ST, SC, SMA и MJC.

Для установки на рабочих местах разработана большая номенклатура внутренних и внешних розеток с прямой и угловой установкой розеточных модулей электрических и оптических разъемов. Оптические розетки изготавливаются как в виде одиничных вставок, так и в варианте дуплексных изделий (в том числе и для розеток ST). На лицевых панелях некоторых розеточных модулей предусмотрены встроенные элементы для выполнения маркировки сменными надписями.

Электрические модули серии EPSILON выпускаются в трех вариантах: незакранированном, экранированном и так называемом EMC. Последние две разновидности отличаются тем, что у EMC экранирующим кожухом закрыт весь корпус модуля, тогда как у экранированной розетки экранирующее покрытие охватывает только гнездо для установки вилки. Разделка модулей производится обычным одношарнным ударным инструментом. Процедура разделки существенно упрощается в случае применения ручной подставки под разделяемый модуль.

Процесс установки модулей во внешние розетки (корпуса емкостью 2, 3, 6 и 12 розеток серии LAMBDA 40) облегчается при использовании одно-, двух- и трехрозеточных вставок. Панели с модульными разъемами, предназначенные для кроссовых и аппаратных, также набираются по модульному принципу. Основным конструктивным элементом такой панели является 12-портовая электрическая вставка в экранированном и незакранированном исполнении. Кроме розеток для системы Ethernet имеются также розетки для системы Token Ring.

Оптические панели набираются по тому же самому принципу и имеют типовую емкость 36 или 60 оптических портов. Установка вилок оптических разъемов осуществляется с привлечением технологии Hot Melt компании 3M.

Процесс монтажа оптических и электрических панелей серии OMEGA облегчается возможностью выдвижения корпуса полки в переднее положение и отклонения вниз примерно на 30°.

Удобство подключения к телефонной станции обеспечивается наличием в составе Alcatel Cabling System обычных телефонных плинтов и соответствующих комбинированных

шинуров с вилкой модульного разъема на одном конце и с так называемой IDC-вилкой на втором. Длина таких шнуров составляет от 1,5 до 8 м.

Монтаж оборудования рассматриваемой СКС рекомендуется выполнять в 19-дюймовых конструктивах серии АС и ТС со стеклянной передней дверью. Существуют также шкафы модульного типа для настенного монтажа и кориуса для размещения в них телефонных плинт промежуточных межсоединений. В случае необходимости в технических помещениях могут быть установлены открытые рамы.

Подключение оборудования, не имеющего стандартного интерфейса на основе модульного разъема, осуществляется с помощью балунов, адаптеров и фильтров среды.

В номенклатуре компонентов Alcatel Cabling System присутствуют также 4-портовые инсталляционные микроконцентраторы Ethernet и Token Ring. Микроконцентраторы выпускаются в горизонтальном варианте (все четыре розетки образуют один горизонтальный ряд), либо в вертикальном (розетки расположены попарно друг над другом).

Процесс проектирования и текущей эксплуатации системы облегчает специализированное программное обеспечение Cabling Management Software. Этот продукт функционально делится на модули визуального администратора и проектировщика и в зависимости от емкости сети предлагается в вариантах от 250 до 5000 портов.

## **Система NETConnect компании AMP**

Система NETConnect американской корпорации AMP (с 1999 года входит в холдинг Tyco International) построена в соответствии со стандартами TIA/EIA-568-A и ISO/IEC 11801 в действующих и неспективных редакциях. Система включает в себя полный набор компонентов, необходимый для реализации всех трех подсистем СКС на основе неэкранированной и экранированной витой пары, а также волоконно-оптического кабеля [56] – см. рис. П1.1.



Рис. П1.1. Стандартизованные кабельные системы компании AMP Tyco Electronics

Электрическая кабельная система строится на основе горизонтальных, многопарных и многозлементных кабелей категории 3, обычной и расширенной категории 5, а также категории 6 и 7 в обычном и пожаробезопасном (с оболочкой из фтористого полимера) исполнении. При этом неэкранированные кабели «Category 6» обеспечивают ACR = 4,5 дБ на частоте 250 МГц. Для облегчения создания 2-портовых рабочих мест предлагается широкая гамма спаренных кабелей, причем отдельные элементы такого кабеля могут быть как одинаковыми, так и разными, в том числе и с разным волновым сопротивлением.

Оптические кабели поставляются с основными типами многомодовых (50/125 и 62,5/125 мкм) и одномодовых световодов в вариантах внутренней и внешней прокладки. Максимальная емкость кабелей внутренней прокладки – 72 световода (16 с оболочкой LSZH), кабели внешней прокладки также имеют максимальную емкость 72 волокна и могут быть либо с металлическими упрочняющими элементами, либо полностью диэлектрическими.

Для построения коммутационного оборудования предлагается два различных конструктивных решения. В основу так называемой системы AMP Connecton Outlet System (ACO), характеристики отдельных элементов которой отвечают требованиям проекта категории 6, положена конструкция, устанавливаемая в стандартную электрическую коробку и содержащая электрический соединитель; на этом соединителе разводится 4-шарнирный горизонтальный кабель. Функциональная гибкость системы обеспечивается наличием широкого набора экранированных и некранированных одиночных и двойных вставок с различными типами электрического интерфейса (модульный разъем, BNC, разъем IBM и т.д.). Применение двойных вставок позволяет очень эффективно реализовать принцип cable sharing. В случае необходимости на вставке предусматриваются встроенные балуны, нагрузочные резисторы, фильтры и элементы защиты от высокого напряжения.

При необходимости улучшить характеристики по электромагнитной совместимости возможно применение разъемов серии EMT (Electro Magnetic Technology). От аналогов они отличаются наличием экранированного кругового контакта для установки на экран круглого или овального в сечении кабеля в розетке, а также низким переходным сопротивлением вилки и розетки [164].

Обычные коммутационные панели с модульными разъемами, обеспечивающие характеристики категории 5е, входят в состав системы 110 Connect System и имеют емкость от 12 до 96 портов. Этот вид панелей выпускается как в обычном, так и в модульном исполнении. Панели типа 110 для настенной установки и в вариантах кроссовых башен емкостью 50, 100 и 300 пар объединены в систему XC Cross Connect System. Для установки в рабочих помещениях предусмотрен большой набор внутренних и внешних розеток, а также напольных коробок и розеток мультимедиа.

Коммутационное волоконно-оптическое оборудование представлено многочисленными моделями настенных муфт емкостью 6, 12, 24 и 48 розеток типа ST, SC, MT-RJ, MIC и ESCON. Муфты иногда снабжаются дополнительной крышкой, защищающей вилки оптических соединителей от случайных механических воздействий. Функциональная гибкость муфт обеспечивается применением модульных вставок с розетками разъемов указанных типов со стандартной емкостью (шесть одиночных или три двойных розетки). Допустимы как обычные, так и комбинированные розетки. Для создания развитых волоконно-оптических подсистем служат полки максимальной емкостью 128 розеток. Полки большой емкости должны дополняться полками для хранения защитных гильз сварных соединителей или корпюсов механических сплайсов. Оконцевание оптических кабелей рекомендуется проводить с помощью монтажных шнуров и механических силайсов Corelink.

В 1998 году в состав системы NetConnect введена волоконно-оптическая кабельная система Solarum. Основу данной системы составляют многомодовый кабель с волокном типа 50/125 и оптический разъем MT-RJ. Использование нетрадиционного для СКС американского производства 50-микронного волокна с улучшенными частотными свойствами позволяет передавать сигналы системы Gigabit Ethernet на расстояние до 550 м в обоих окнах прозрачности. Благодаря оптическому разъему MT-RJ удается получить такую же плотность портов, как у электрических модульных разъемов. При монтаже оптических разъемов различных модификаций наряду с kleевой технологией на основе эпоксидных компаундов широко применяются механические соединители серии Light Crimp.

Электрические коммутационные шнуры в обычном и экранированном исполнении имеют длину от 2 до 20 футов (от 0,61 до 6,1 м). Для цветовой маркировки шнуроов служат хвостовики девяти различных цветов. Оптические коммутационные шнуры в обычном и комбинированном вариантах стандартной длиной 1, 2, 3 и 5 м поставляются в одиночном и дуплексном вариантах.

В состав AMP Undercarpet cabling system входит полный набор кабельных изделий, аксессуаров и технологических инструментов, который позволяет организовать информационную и силовую кабельную систему для прокладки под ковром.

Определенное расширение функциональных возможностей кабельной системы достигается путем включения в число компонентов СКС сетевого оборудования ЛВС нижнего уровня (преобразователей среды, концентраторов и т.д.).

В состав системы введено программное обеспечение NETConnect D/S для проектирования кабельной системы, а также развитый набор клеевых этикеток для финишной маркировки кабелей, шнуроов, коробов и других элементов СКС. Машинное изготовление маркирующих надписей облегчается в случае применения специализированного программного обеспечения, рассчитанного на PC-совместимые компьютеры и принтеры основных производителей оборудования этого типа.

На смонтированную СКС фирмой AMP выдается 25-летняя гарантия двух различных видов: так называемая расширенная компонентная гарантия и системная гарантия, суть которых соответствует компонентной и системной гарантиям производителя СКС в классическом понимании (см. раздел 1.6).

Для обучения партнеров AMP организовано два курса. Целью курса ACT1 является получение базовых и практических навыков, необходимых в процессе установки и гарантийного сопровождения СКС. Курс ACT2 нацелен на приобретение знаний и навыков по выполнению диагностики и сертификации СКС. Условием обучения на курсе ACT2 является предварительное прохождение курса ACT1.

Авторизованные партнеры компании AMP делятся на две категории. NI Contractor, или Партнер по инсталляции, осуществляет монтаж СКС из компонентов, закупленных по легальным каналам, при строгом соблюдении норм и правил AMP, а также обеспечивает гарантийную поддержку установленной системы. Если в штате бригады имеется хотя бы 25% обученных по курсу ACT1 в учебном центре AMP монтажников, то партнер имеет право на предоставление 25-летней расширенной компонентной гарантии. Следующей градацией партнерства является ND&I Contractor, или Системный партнер. Эта компания должна иметь в своем штате минимум одного проектировщика, прошедшего курс ACT2, а число сертифицированных членов монтажной бригады должно превышать 50 %. Системный партнер имеет право на предоставление заказчику 25-летней системной гарантии.

По состоянию на начало 2000 года на территории России и стран СНГ действует более 50 партнеров AMP со статусом NI и ND&I [165].

## **СКС Millennium компании Brand-Rex**

СКС Millennium разработана в 1990 году английской компанией Brand-Rex (по состоянию на начало 2000 года она входит в группу BICC [166]), широко известной своими связями и силовыми кабелями различного назначения. СКС включает в себя ряд самостоятельных продуктов, распространяемых под собственными торговыми марками [167].

Элементы электрической подсистемы СКС включены в состав системы CAT5Plus. Основой подсистемы являются 4-парные кабели в вариантах UTP, STP и S-STP в обычном

и пожаробезопасном исполнении. При этом входящий в состав системы UTP-кабель Giga-Plus обеспечивает защищенность ACR = 3 дБ на частоте 350 МГц, а на частоте 100 МГц величина этого параметра составляет 25 дБ, что на 15 дБ выше стандартного значения. Многонарные кабели категории 5 имеют емкость 25 пар, кабели категории 3 содержат 25, 50 и 100 пар.

Коммутационное оборудование системы CAT5Plus представлено коммутационными панелями с модульными разъемами емкостью 16 и 24 порта (высота 1U), а также 32 и 48 портов (высота 2U), подключение жил кабелей выполняется на контакты типа 100 или LSA-Plus. Кроме того, в состав системы входят экранированные панели емкостью 16 и 24 порта, а также модульная конструкция серии Combi. Для установки в последнее изделие предназначены 6-портовые экранированные и неэкранированные модули.

Коммутационные панели типа 110 объединены в систему S110 Cross Connect и включают в себя 50- и 100-парные модули для монтажа на основании (высота 17U, 22U и 42U), а также 50-, 100- и 300-парные настенные модули с установочными ножками.

Телекоммуникационные розетки рабочих мест выпускаются в одно- и двухпортовом вариантах с прямой и угловой установкой розеточных модулей. Имеются разновидности стиля внешнего оформления для экранированных и неэкранированных розеток. Кодировка модулей в розетках выполняется сменными надписями разных цветов.

Для коммутации и подключения сетевого оборудования в кроссовых помещениях и на рабочих местах предназначена достаточно большая номенклатура обычных и комбинированных шнуров с вилками модульных разъемов и разъемов типа 110, а также 25-парные шнуры с вилками и розетками разъемов TELCO. Отметим, что шнуры типа 110 могут быть изготовлены в полевых условиях.

Балуны и фильтры среды представлены многочисленными элементами, обеспечивающими подключение к СКС оборудования Token Ring, устройств IBM 3270 и телевизионных приборов различного назначения. Кроме навесного исполнения предлагается также несколько моделей стоечного оформления указанных приборов в виде панелей в 19-дюймовый конструктив.

Оптическая подсистема СКС Millennium может быть сформирована на основе широкой номенклатуры кабелей различной емкости и уровня защиты от внешних воздействий с одномодовыми и многомодовыми волокнами основных типов. В тяжелых условиях лучше применять кабели с защитным покрытием из онлетки, гофрированной стальной ленты и проволоки различного диаметра.

Коммутационное оборудование для построения оптических подсистем СКС объединено в рамках системы Helios. В помещениях кроссовых устанавливаются 19-дюймовые полки с тремя посадочными местами под модульные вставки. Вставки снабжаются четырьмя, шестью или восемью розетками разъемов основных типов. Муфты для настенного монтажа выполнены со стальным корпусом и имеют посадочные места под аналогичные вставки. В помещениях пользователей монтируются розетки мультимедиа с максимум восемью розетками оптических разъемов. Оконцевание оптических кабелей в полевых условиях выполняется клеевым методом (на выбор предлагается двухкомпонентный анаэробный клей или технология Hot Melt) либо с помощью сварки.

Для ускорения процесса создания оптической подсистемы предназначена система MTConnect. Основным ее элементом являются претерминированные сборки с кабелем длиной не более 500 м. Уменьшение габаритов защитного наконечника достигается за счет установки на кабельную часть сборки грушевого оптического разъема типа MT.

Еще один уникальный элемент, применяемый в системе Millennium, – технология Blolite. Более подробно ее возможности и элементная база описаны в разделе 4.7.

На спроектированную и смонтированную сертифицированными специалистами СКС Millennium предоставляется 25-летняя системная гарантия и пожизненная гарантия при замене.

## **Кабельная система фирмы Elgadphon**

Структурированная кабельная система Elgadphon Cabling System израильской компании Elgadphon Communication продвигается в нашей стране в виде комплексного продукта с конца 1999 года (до этого были известны входящие в нее отдельные компоненты).

Стержневым компонентом системы является розеточный модуль оригинальной конструкции, который в виде отдельного элемента или сборки входит в состав информационной розетки и коммутационной панели. Модуль образован гнездом Stewar и разрезным оконцевателем фирмы Molex, причем гнездо и оконцеватель смонтированы на печатной плате с одной стороны и ориентированы в одном направлении. Такая конфигурация обеспечивает возможность подключения кабеля к панелям и розеткам с их лицевой стороны без демонтажа корпуса или модуля, благодаря чему время монтажа сокращается, по фирменным данным, на 50%.

Основной вид коммутационного оборудования – панели серии Alpha высотой 1,25U, которые всегда монтируются в паре с кольцевым организатором высотой 0,75U. Емкость панели составляет 8, 16 или 24 порта в зависимости от количества установленных в нее сборок. Неиспользуемые посадочные места закрываются заглушками с изображенными на них торцевой поверхности розетками модульных разъемов, что придает собранному изделию высоко эстетический внешний вид. 32-портовые панели высотой 2U снабжаются переключателем, который соединяет две расположенные друг над другом розетки, так что в некоторых случаях удается обойтись без коммутационных шнуров.

Информационные розетки выпускаются для внутреннего и внешнего монтажа и комплектуются одним или двумя розеточными модулями плоской установки. Все коммутационное оборудование изготавливается в вариантах UTP и STP, а его характеристики нормируются до частоты 200 МГц с учетом возможности безусловной поддержки функционирования системы ATM-155 с кодировкой линейного сигнала NRZI.

Длина коммутационных шнурков составляет от 0,3 до 7,5 м, сами шнуровые изделия предлагаются в вариантах UTP, STP и S/STP.

Каких-либо специальных технических средств, обеспечивающих работу УАТС и других низкоскоростных приложений, в составе системы не предусмотрено.

При организации горизонтальной подсистемы рекомендуется применять 4-парные кабели UTP, STP и S/STP, являющиеся, скорее всего OEM-продуктом. Границчная частота нормировки параметров неэкранированной конструкции составляет 100 МГц, а у экранированных кабелей достигает 600 МГц. Многопарные электрические кабели в составе системы по состоянию на 1999 год отсутствуют.

Оптическое коммутационное оборудование представлено полками серий DELTA и BETA емкостью 12 и 24 розетки ST, SC и SMA, причем розетки SMA рекомендуется использовать для поддержки функционирования одномодовых приложений. Удобство работы с этими панелями обеспечивается применением телескопических направляющих. В случае необходимости полки могут быть дополнительно укомплектованы силайс-пластины.

Монтировать оборудование СКС в технических помещениях рекомендуется в 19-дюймовых шкафах серии Intelligent. Шкафы выпускаются в напольном (максимальная высота 44U) и настенных вариантах и имеют развитый набор аксессуаров (полки, вентиляционное оборудование, заглушки и т.д.). Характерной отличительной чертой настенных шкафов

серии Elegant в вариантах MIDI, MINI, MICRO является оригинальная стеклянная перегородка дверь трапециевидной в сечении формы.

Для создания небольших систем предназначена система Elgadphon SOHO на основе 3-секционного 10-дюймового шкафчика.

На смонтированную СКС предоставляется стандартная 15-летняя системная гарантия.

## **ACS компании IBM**

СКС Advanced Connectivity System (ACS) компании IBM [168] – рис. П1.2 – представляет собой дальнейшее развитие первой кабельной системы, созданной в основном для поддержки функционирования локальной сети Token Ring. Функциональными элементами ACS являются следующие подсистемы: внешних магистралей (campus cabling subsystem), внутренних магистралей (building backbone subsystem), горизонтальная (horizontal cabling subsystem) и рабочих помещений (work area cabling).

Структурно кабельная система ACS делится на два продукта, обозначаемых в фирменной документации как Type C и Type G. Продукт Type G появился в самом конце 90-х годов и состоит из нескольких отдельных подсистем с различным уровнем пропускной способности создаваемых трактов. Он позиционируется разработчиком как более высококачественное и более дешевое решение, рассчитанное в первую очередь на массового потребителя.



Рис. П1.2. Структурные кабельные системы ACS компании IBM в варианте Type G

В состав ACS Type C входят все основные виды 4-парных кабелей категории 5: UTP, STP, S-UTP и S-STP. Кабели могут обладать волновым сопротивлением 100 и 120 Ом и снажаться как поливинилхлоридной, так и LSOH-оболочками; поставка производится на катушках длиной 500 и 305 м. Для облегчения организации 2-портовых рабочих мест предлагаются сдвоенные («сиамские» по фирменной классификации) изделия. Широкополосные горизонтальные кабели представлены в варианте S-STP и имеют граничную частоту 600 МГц (затухание на этой частоте не более 50 дБ при переходном затухании не хуже 60 дБ).

Основная масса многопарных кабелей принадлежит к категории 3 и характеризуется емкостью 20, 25, 40, 50, 100, 200 и 300 пар в вариантах UTP и 25, 50, 100, 200 и 300 пар в варианте S-UTP. Конструкции категории 5 изготавливаются в многоэлементном 20-парном варианте (пять отдельных 4-парных элементов под общей оболочкой).

Коммутационные панели в экранированном и неэкранированном исполнении построены по модульному принципу. Основным элементом является сборка из четырех или пяти розеток модульных разъемов, причем эти сборки допустимо устанавливать и горизонтально (полная емкость панели 16 портов, высота 1U), и вертикально (48 или 60 портов, высота 3U). Для облегчения процедуры монтажа розеток предложена система *easy lock*, позволяющая выполнять терминирование кабеля без помощи специального ударного инструмента. Панели типа 110 в системе ACS не применяются.

Коммутационные шнуры имеют длину от 0,5 до 10 м с дискретным метрическим шагом и снабжаются вилками модульных разъемов. Для индивидуальной кодировки предназначены съемные пластиковые хвостовики восьми различных цветов. В случае необходимости на вилки и розетки модульных разъемов надеваются специальные дополнительные адаптеры, использование которых разрешает подключение вилки только к определенным розеткам.

В составе рассматриваемой системы предусмотрено большое количество различных типов розеток максимальной емкостью 6 портов для настенной установки и монтажа в короб. Розетки делаются с прямой и угловой ориентацией установочных гнезд для монтажа розеточной части модульных разъемов.

Основу оптической подсистемы ACS составляет претерминированная сборка, изготавливаемая из кабелей различных видов емкостью 4–12 волокон и длиной до 2000 м. Для оконцовки кабеля служат вилки разъемов типа E-2000 в одномодовом и многомодовом вариантах, носящих фирменное наименование *Fiberdesk*. Механизм крепления розетки оптического разъема выполнен унифицированным, что позволяет устанавливать его в наборных полках вместе с электрическими розетками модульных разъемов. Длина оптических коммутационных шнуров составляет 1–5 м.

В системе ACS Type C имеется развитый набор адаптеров и балунов, ориентированный в первую очередь на подключение оборудования IBM 3270, System/36, System/38 и RS/6000.

Решения, использованные в продуктах серии Type G, в основном повторяют решения серии Type C. Имеющиеся отличия не носят принципиального характера и заключаются в несколько ином конструктивном оформлении и меньшем количестве разновидностей отдельных продуктов. Отметим только применение в составе линии продуктов *Gold* оригинального электрического разъема *MiniC* с характеристиками, сертифицированными до частот 1 ГГц. В оптической линейке продуктов *Crystal* применяются разъемы ST, SC и MT-RJ, для их установки допускается применение технологии сварки и механических спlicesов *UNICAM*.

В состав системы ACS введен также очень большой перечень активного и пассивного сетевого оборудования ЛВС. Модульные конструкции основаны на 2-, 4- и 10-слотовых шасси для установки в 19-дюймовый конструктив или настенные шкафы. В шасси включаются электрические и оптические бескорпусные модули преобразователей среды и концентраторов Ethernet и Token Ring. Доступны также модули сетевого менеджмента, пассивных концентраторов и повторителей различных видов. Оборудование в фиксированной конфигурации представлено концентраторами и коммутаторами Ethernet, FDDI, Token Ring и ATM, имеющими электрические и оптические интерфейсы и допускающими каскадирование для увеличения функциональной гибкости.

На смонтированную авторизованными партнерами IBM-систему ACS выдается классическая 15-летняя системная гарантия производителя.

Обучение монтажников и проектировщиков системы проводится на базе фирменного учебного центра, продолжительность курса составляет 4 дня.

## **АйТи-СКС компании АйТи**

АйТи-СКС компании АйТи [169] – рис. П1.3 – является первой российской структурированной кабельной системой. Создана в середине 1996 и к концу 1998 года выдвинулась в число лидеров этого сегмента отечественного рынка информационных технологий. Коммерческий успех системы обеспечен, наряду с высоким качеством входящих в нее компонентов, хорошей адаптацией к российским условиям, а также тем, что часть компонентов производится на отечественных предприятиях.



Рис. П1.3  
Структурированные  
кабельные системы  
компании АйТи

Система построена в полном соответствии с международным стандартом ISO/IEC 11801. АйТи-СКС образуется внешней и внутренней магистралью, а также горизонтальной подсистемой. Кросовое и сетевое оборудование монтируется в кроссовых различного уровня и в аппаратной. Электрические характеристики полностью соответствуют требованиям категории 5е. В августе 1998 года создана Гигасистема АйТи-СКС, которая обеспечивает характеристики проекта категории 6. В середине июня 2000 года в составе АйТи-СКС появился третий продукт – АйТи-СКС-мини, включающий в себя комплекс технических средств на основе 10-дюймового монтажного конструктива и делающий более удобным и экономичным установку СКС в случае, когда число портов кабельной системы лежит в пределах от 5 до 50.

Электрические подсистемы АйТи-СКС могут быть реализованы на экранированном и незакранированном кабелях. В состав системы включены 4-парные кабели с нормируемой граничной частотой до 550 МГц, а также многошарнирные кабели внутренней и внешней прокладки категорий 3 и 5. Магистральные подсистемы строятся в основном на базе волоконно-оптической техники. Для их реализации в состав АйТи-СКС введена широкая гамма многомодовых и одномодовых оптических кабелей с металлической броней и в полностью диэлектрическом исполнении.

В качестве коммутационного оборудования в электрических подсистемах применяются панели типа 110 в варианте кроссовых башен и для настенного монтажа. Панели с модульными разъемами емкостью от 12 до 48 портов в экранированном и незакранированном исполнении рекомендуются для горизонтальной подсистемы. Разводка входных телефонных линий осуществляется на коммутационных панелях типа 66. Модульные коммутационные панели серии СТ-PNL емкостью от 16 до 48 портов предназначены главным образом для реализации небольших сетей и позволяют одинаково легко монтировать розетки как электрических, так и оптических разъемов.

Функции специализированного оптического коммутационного оборудования выполняют настенные муфты емкостью до 12 розеток и 19-дюймовые полки емкостью 16, 32 и 48 портов с уже установленными в них одномодовыми или многомодовыми розетками

основных типов оптических разъемов (ST, SC и FC). При монтаже вилок оптических разъемов на световодах оптических кабелей применяется клеевая технология (рекомендуется анаэробный двухкомпонентный клей) и распределенная механическая фиксация. По заказу возможна поставка претерминированных сборок.

Электрические коммутационные шнуры с вилками модульных разъемов и разъемов типа 110 в обычном и комбинированном вариантах имеют длину от 0,91 до 7,6 м, шнуры с разъемами типа 110 доступны в вариантах на 1, 2, 3 и 4 пары. Для коммутации сетевого оборудования с портами TELCO предназначены 25-парные шнуры длиной до 3 м. В оптических подсистемах используется широкий набор обычных и комбинированных многомодовых и одномодовых шнурков с вилками разъемов основных типов и стандартной длиной 3, 5 и 10 м.

Для кабельных систем нового поколения предназначено оборудование Гигасистемы, включающее в себя кабель и розетки модульных разъемов. Характеристики тракта, собранного на этом оборудовании, соответствуют требованиям проекта категории 6.

В состав АйТи-СКС и АйТи-СКС-мини включен развитый набор 19-дюймового монтажного оборудования и декоративных кабельных каналов, а также элементов технологической и финишной маркировки кабельных и коммутационных изделий. Функциональные возможности системы расширены введением элементов силовой кабельной проводки для питания компьютерной аппаратуры. При создании электрических и оптических подсистем используется разнообразное технологическое и измерительное оборудование, вилоть до сварочных аппаратов и оптических рефлектометров.

На смонтированное оборудование АйТи-СКС предоставляется 15-летняя системная гарантия, в случае установки Гигасистемы продолжительность гарантии увеличивается до 20 лет.

Подготовка сертифицированных специалистов ведется Академией АйТи на авторизованных курсах. Общая продолжительность обучения составляет 5 рабочих дней и состоит из двух частей: 2 дня посвящены электрической и 3 дня оптической подсистемам.

Кроме компании АйТи установку АйТи-СКС производят порядка 40 авторизованных партнеров по всей территории Российской Федерации.

## **СКС компании ITT NS&S**

Фирма ITT NS&S предлагает на рынке четыре типа СКС, в число которых входят экранированные GIGAPATH и ISCS и незакранированные LAN Connect 5 и LAN Connect 200 – см. табл. П1.1 [170].

Таблица П1.1. СКС компании ITT NS&S

	Категория 5	Категория 6
Незакранированное решение	LAN Connect 5	LAN Connect 200
Экранированное решение	ISCS	GIGAPATH

Основным оригинальным элементом всех незакранированных систем является малогабаритная розетка модульного разъема типа 808. В системах ISCS и GIGAPATH используется экранированный вариант гнезда модульного разъема, обозначаемый как модуль типа 808 M2. 2. Для облегчения процесса идентификации лицевая панель незакранированного модуля изготавливается из пластмассы семи различных цветов.

В кроссовых эти модули могут монтироваться в распределительных панелях серий 300 и 500 максимальной емкостью 96 портов. Корпуса настенных розеток выпускаются во

внешнем и внутреннем вариантах и имеют емкость 1, 2 и 4 порта; конструктивное оформление внутренних розеток соответствует британскому, французскому и другим стилям.

Горизонтальная проводка выполняется 4-парным кабелем с обычной и LSZH-оболочкой. Подключение к розеткам производится соединительными шнурами длиной 0,5–10 м, оболочка кабеля шнура бывает пяти различных стандартных цветов. Отличительной особенностью СКС ISCS является то, что в ее канале может присутствовать семь разъемных соединителей на канал вместо допускаемых стандартами четырех. При этом гарантируются представленные в табл. П1.2 увеличенные по сравнению со стандартными длины каналов для различных приложений [171].

Практически реализованная линия увеличенной длины разбивается на две части. Горизонтальный участок такой линии имеет максимальную длину 90 м, оставшаяся часть находится на вертикальный участок. Такой искусственный прием позволяет формально соблюсти требования стандартов и в то же самое время придать СКС новые свойства. Так, в частности, благодаря увеличению длины кабельных трактов появляется возможность строить СКС по централизованной схеме.

Таблица П1.2. Длины каналов для различных приложений

Приложение	Длина тракта, м	Приложение	Длина тракта, м
RS232	>1200	100VG AnyLAN	160
DEC423	>1200	TP-PMD (CDDI)	140
IBM 3270	820	ATM OC-3	145
Token Ring 4 Мбит/с	480	Apple Talk	800
Token Ring 16 Мбит/с	250	Телефон	1000
10Base-T	177	Видеоконференция	350
100Base-TX	140	AS400/System 3X 800	800
100Base-T4	160	ISDN	500

Из-за высоких требований к качеству электрических трактов передачи сигналов в сертифицированной системе допускается применение только шнурков заводского изготовления.

Система Midi-LAN включает в себя комплекс активных и пассивных технических средств, с помощью которых удается быстро и с минимальными затратами создать кабельную проводку и простую информационную систему в офисе небольшой фирмы и в жилом доме.

Обучение специалистов проводится в два этапа продолжительностью по 2 рабочих дня каждый. На первом этапе курса осуществляется подготовка монтажников, на втором слушатели изучают правила и приемы проектирования.

Установленная система обязательно проверяется кабельным тестером компании WireScope, при этом применяется специально разработанное для компании ITT NS&S программное обеспечение.

На смонтированные системы в зависимости от их типа предоставляется 16- или 20-летняя системная гарантия. Так например, система LAN Connect 5 получает 16-летнюю гарантию при выполнении условий, перечисленных в разделе 1.6. Дополнительно требуется тестирование каналов измерительными приборами, рекомендованными ITT NS&S и прошедшими ежегодную калибровку.

Работу проектировщика, монтажника и администратора СКС облегчает программное обеспечение графической базы данных Crimp for Windows.

На конец 1998 года компания ITT NS&S имеет в России более 33-х прямых (системных по фирменной классификации) партнеров. Кроме того, есть около 50-и компаний со статусом партнера, которые отличаются от системного партнера тем, что не имеют права ставить экранированные системы и системы категории 6.

### **1.1.10. Система Krone Link и Highband компании Krone**

Концерн Krone основан в 1928 году. Широко известен во всем мире как производитель высококачественных составляющих систем телефонной связи общего пользования. Элементы для построения СКС выпускаются сравнительно с недавнего времени в полном соответствии со стандартами EN 50173, ISO/IEC 11801 и TIA/EIA 568-A [172, 173].

Преимущество решений фирмы Krone состоит в легкости со пряжения СКС с сетями общего пользования, которое выполняется на традиционно производимом этой компанией коммутационном оборудовании. Главный недостаток является продолжением достоинств и заключается в некоторой узости ассортимента предлагаемой продукции СКС, обусловленной «телефонными» корнями и направленностью деятельности компании.

Аппаратура для СКС включает в себя так называемое устройство окончания линий APL, распределительное устройство передачи данных, этажное распределительное устройство и соединительные розетки (рис. П1.4). Сразу же отметим, что предлагаемая структура СКС с точностью до обозначений совпадает с классической. Оборудование распределительных устройств и устройства окончаний линий монтируется на стене, в открытых стойках типа телефонных и в 19-дюймовых настенных и напольных шкафах.



Рис. П1.4. Структура СКС компании Krone

На рынок поставляются два технических решения. Система Krone Link обеспечивает характеристики категории 5, тогда как параметры, гарантированные Krone Highband®, с существенным запасом превосходят требования проекта категории 6. Все коммутационные изделия снабжаются только фирменным IDC-контактом типа LSA.

В рассматриваемых СКС допускаются как электрические, так и оптические кабели. При этом оптические решения считаются предпочтительными для организации магистральных (первой и второй) подсистем, тогда как решения на основе симметричного электрического кабеля характерны в основном для горизонтальной, или третичной, подсистемы<sup>1</sup>. Кабельные изделия в состав рассматриваемой СКС не входят и для ее построения подходят любые кабели из списка разрешенных к применению (например, производства фирм Alcatel, Belden и др.).

<sup>1</sup> В классификации ЕБИ<sup>2</sup> категория «Коммуникационные системы общего пользования (СОП) подсистемы первичной и второй подсистемы» называется «горизонтальной», аналогично используется термин «третичной» для подсистемы – третичной.

В технических помещениях при реализации СКС Krone Link разрешается устанавливать и открытые каркасы, и 19-дюймовые конструктивы (шкафы и открытые стойки) максимальной высотой до 2500 мм. При реализации СКС возможно использование 16- и 24-портовых коммутационных панелей для экранированных и неэкранированных розеточных модулей. Коммутация осуществляется посредством экранированных и неэкранированных шнурков длиной 2, 3 и 5 м с вилками модульных разъемов. Для минимизации стоимости СКС при передаче сигналов ATM и TP-PMD, а также сигналов телефонных станций доступны двухшарнирные варианты шнурков. Шнуры удобно кодировать гибкими хвостовиками пяти различных цветов.

На рабочих местах монтируются одно- и двухштативные розетки с прямой и угловой установкой 6- и 8-позиционных розеточных модулей. Розетки оформлены в разных стилях (в немецком, английском и др.) и в случае прямой установки модулей иногда снабжаются защитной шторкой.

Для оптической подсистемы предлагаются коммутационные изделия системы Krone FiberPLUS® в виде 19-дюймовых полок и панелей для монтажа в открытых распределительных каркасах. Эти изделия комплектуются розетками основных типов оптических разъемов (ST, SC в обычном и дуплексном вариантах, MIC, DIN, FC и E-2000). Соединительные шнуры в одиночном и дуплексном исполнении имеют длину 1–20 м с метровым дискретом шага. Дополнительно при реализации оптической подсистемы используются в случае необходимости оптические разветвители, переключатели и спектральные мультиплексоры.

Система Krone Highband® в плане построения представляет собой классическую кабельную систему. Она реализуется в экранированном и неэкранированном вариантах по принципам структурированного кабельного кабелирования и рассчитана на частотный диапазон от 100 до 600 МГц. Если требуется коммутационная техника на основе модульного разъема, то применяется оригинальная разработка типа RJ-K компании Krone. Это полностью экранированное устройство, функционально аналогичное обычному модульному разъему, сертифицировано до частот 300 МГц и заметно превосходит по своим параметрам нормы категории 5 и проекта категории 6 [174]. В технических помещениях розетки таких разъемов монтируются в коммутационных панелях емкостью 16 и 24 порта. Кроме модульных возможны также решения на основе плинтов Highband-S. Для их коммутации служат специальные шнуры с вилками разъемов, похожими на вилки типа 110. Шнуры этого типа также имеют одно-, двух-, трех- и четырехшарнирные варианты и доступны в экранированном и неэкранированном исполнении.

На смонтированную СКС предоставляется стандартная 15-летняя системная гарантия.

## ***SYSTIMAX компании Lucent Technologies***

СКС SYSTIMAX компании Lucent Technologies (рис. П1.5) в электрической своей части образована двумя продуктами: PowerSum и GigaSpeed. Обе системы сформированы в соответствии со стандартом TIA/EIA-568-A, характеристики GigaSpeed отвечают требованиям проекта-стандарта категории 6. Примененные в указанных продуктах технические решения обеспечивают их обратную совместимость.

Электрическая подсистема SYSTIMAX строится только на неэкранированных кабелях из витых пар. 90% всего объема поставляемых кабелей категории 5 имеют запасы по параметру NEXT относительно стандартов на 6 дБ. Кабели серии GigaSpeed сертифицированы до частоты 550 МГц и предназначены для систем категории 6. Чтобы обеспечить работу телефонных станций, можно применять бронированные кабели для передачи телефонных



Рис. П1.5

Структура CKC SYSTIMAX  
компании *Lucent Technologies*

сигналов серии ANMW емкостью 25, 50 и 100 пар. Поставки кабельной продукции производятся как в картонных коробках, так и на катушках.

Коммутационное оборудование электрической подсистемы базируется на панелях типа 110 (вариант кроссовых башен на 300 и 900 пар и настенном исполнении с ножками емкостью 100 и 300 пар), а также на панелях с модульными разъемами емкостью до 64 портов. Панель нового поколения VisiPatch создает значительно лучшие условия эксплуатации и чтения маркировки по сравнению с прототипом благодаря новой конструкции вилки типа 110 с инверсной укладкой кабеля шнура. Для коммутации электрических портов предусмотрен развитый набор шнурков с вилками модульных разъемов и разъемов типа 110, а также комбинированные шнурки. Длина шнурков всех типов составляет от 0,6 до 4,6 м. Шаг изменения длины соответствует футовому дискрету.

Волоконно-оптическое оборудование, используемое для построения оптической подсистемы CKC SYSTIMAX, объединено в рамках системы OptiSpeed. Оптические кабели имеют одномодовые волокна и многомодовые световоды типа 62,5/125. Кабели внутренней прокладки серии ACCUMAX максимальной емкостью 36 волокон поставляются в вариантах plenum; конструкция кабелей внешней прокладки бывает модульной или выполненной на основе центральной трубки. Кабели внешней прокладки производятся как с металлической броней, так и в полностью диэлектрическом варианте. Система OptiSpeed Plus отличается от прототипа применением кабелей LazerSpeed, которые поддерживают передачу сигналов 1000Base-SX на расстояние до 600 м при длине волны оптической несущей 850 нм.

Наиболее часто встречающееся в практике волоконно-оптическое коммутационное оборудование представлено настенными муфтами типов 110АЗ и 200А емкостью до 24 розеток, а также полками серии 600 и LST емкостью до 72 портов. Коммутация осуществляется шнурками длиной от 1,5 до 9 м с разъемами типов ST, SC, LC, MIC, в том числе в комбинированном варианте.

Для небольших сетей предназначены модульные панели MULTIMAX с 24 посадочными местами под электрические и оптические розетки различных типов.

На рабочих местах монтируются внутренние и внешние розетки, выпускаемые в вариантах с прямой и с угловой установкой электрических розеточных модулей (розетки оптических разъемов всегда располагаются под прямым углом). В сетях, построенных по принципу fiber to the desk, на рабочих местах могут быть смонтированы розетки мультимедиа типа 40A1.

В состав CKC SYSTIMAX включен развитый набор адаптеров и балунов, позволяющих очень гибко пользоваться возможностями электрической кабельной проводки для передачи сигналов различной сетевой аппаратуры с нестандартным для СКС интерфейсным разъемом.

При монтаже электрических трактов применяются классические однопроводный и пятирарный ударные инструменты. Крепление вилок оптических разъемов выполняется

посредством наклейки с помощью набора инструментов 1032. Для сращивания волокон устанавливаются механические сплайсы CSL. Они же служат фиксаторами монтажных шнуров серии STP с вилкой ST-разъема.

Рассматриваемая система отличается отсутствием инструментального тестирования характеристик электрических трактов после их монтажа. Правильность разводки контролируется только визуально, достижение требуемых для нормального функционирования сетевой аппаратуры параметров гарантируется качеством оборудования и высоким уровнем подготовки проектировщиков и монтажников. Для проверки величин затухания оптических трактов рекомендуется оптический тестер 938A1.

В состав системы SYSTIMAX введена система беспроводной связи WAVELAN, что позволяет подключить к локальной сети выделенные сегменты и отдельные рабочие станции Ethernet и Token Ring.

Полный цикл обучения специалистов составляет три недельных курса: проектирование, монтаж электрической и оптической подсистем. Занятия проводятся в два этапа. На первом, который продолжается два дня и одинаков для всех курсов, даются базовые сведения о СКС, остальные три дня посвящены собственно специальной подготовке.

На смонтированную СКС SYSTIMAX PowerSum предоставляется 15-летняя системная гарантия, в случае монтажа GigaSpeed продолжительность гарантии увеличивается до 20 лет. Одновременно компания Lucent Technologies дает также гарантии на приложения.

По данным московского офиса компании Lucent Technologies установку СКС SYSTIMAX на территории Российской Федерации по состоянию на середину 1999 года производят свыше 50 авторизованных партнеров.

## **Система Molex Premise Networks компании Molex**

Система Molex Premise Networks (до 1999 года носила название Mod-Tap) относится к классическим СКС. Построена в соответствии с американским стандартом TIA/EIA 568-A. Включает в себя магистральную и горизонтальную подсистемы, а также систему распределительных пунктов. Возможны электрические и оптические решения. В области электрических решений допускается применение кабелей типов UTP и STP.

Основой электрических модулей является контакт типа КАТГ, рассмотренный в разделе 3.2.1.1. Имеющиеся технические средства позволяют создавать каналы для оборудования следующих типов: CDDI, FDDI, 10Base-T, Token Ring, IBM 3X/AS400, IBM 3270, Apple Talk, ATM. Подключать сетевое оборудование, в котором отсутствует стандартный интерфейс на основе розетки модульного разъема, предлагается посредством развитой системы адаптеров различного назначения.

Электрические кабельные изделия для СКС Molex Premise Networks представлены одно- и двухшарнрным кроссировочным проводом категории 3, горизонтальными кабелями категории 3 (2, 3, 25, 100, 200 и 400 пар), 6- и 8-жильными плоскими кабелями для подключения телефонных аппаратов и низкоскоростного (до 1 Мбит/с) сетевого оборудования, а также одно-, двух- и четырехшарнрными горизонтальными кабелями категории 5.

Основу внутренних информационных розеток на рабочих местах составляют одно- и двухшарнрные модули серии Euromod. Модули поставляются в вариантах с прямой и угловой установкой розеточных модулей и иногда снабжаются защитной шторкой. Для внешней установки предназначены также одно- и двухшарнрные блоки, которые в случае крепления на металлической мебели могут быть оборудованы магнитным фиксатором. Монтаж модулей существенно облегчается наличием обширного набора коробок, рамок и адаптеров различных стилей и размеров.

Электрические коммутационные панели представлены как разборными, так и неразборными вариантами. Разборный вариант имеет 12 и 24 посадочных гнезда под модули различных типов. Емкость неразборных панелей составляет 24 и 48 портов. Для применения в телефонных приложениях предназначена специальная панель с 24 6-позиционными гнездами категории 3 с разводкой USOC. Для облегчения разводки многошарнирных кабелей служат так называемые распределительные панели MOD с разъемами TELCO на задней стороне.

Панели 110 с типовой емкостью 100 пар выпускаются в вариантах для настенного монтажа и для монтажа на панели с установкой в 19-дюймовый конструктив. Удобство крепления на стене 100-шарнирного блока без монтажных ножек обеспечивается применением специальной монтажной рамки KATT PDS Wall Mount Frame.

Конструктивные элементы для создания экранированной кабельной разводки в основном повторяют решения для неэкранированной подсистемы и отличаются только наличием элементов экранировки и обеспечения непрерывности экранов в коммутационных изделиях.

Коммутация электрических панелей выполняется шнурами типа 110-110, 110-RJ-45 (длиной 1–5 м), шнурами с разъемами TELCO (длиной 1–30 м), а также шнурами с модульными разъемами длиной от 0,5 до 15 м. В последнем случае оболочка кабеля может быть окрашена в пять различных цветов.

В системе Molex Premise Networks представлены все основные элементы для создания оптической подсистемы: телекоммуникационные розетки и розетки мультимедиа, настенные муфты и полки в 19-дюймовый конструктив, в том числе и в модульном варианте. Оптические кабели внутренней прокладки с волокном типа 62,5/125 имеют емкость от 4 до 24 световодов, кабели внешней прокладки используются для укладки в кабельной канализации и для воздушной подвески. Стандартная длина соединительных шнуров составляет 1,5, 2, 3 и 10 м, шнуры армируются вилками разъемов ST, SC и MIC. Разъемы устанавливаются способом Hot-Melt и с помощью двухкомпонентного клея или монтажных шнурков. В последнем случае применяются механические спlices типа Ultrasplice. Количество и номенклатура оптических компонентов системы Molex Premise Networks значительно расширились после объединения ее разработчика (компании Mod-Tap) с компанией Molex [175].

Процесс создания оптической кабельной разводки ускоряется за счет претерминированных сборок серии ModLink.

Для построения кабельной разводки в небольших офисах и в помещениях выделенных рабочих групп предназначена система на основе шкафа USN-32.

Сборка и эксплуатационное обслуживание системы Molex Premise Networks существенно облегчается наличием обширного набора рекомендованных для этих целей технологических и измерительных инструментов. Монтаж оборудования в технических помещениях выполняется в 19-дюймовых напольных и настенных шкафах. Для шкафов предлагаются полки, вентиляторные модули, вертикальные и горизонтальные розеточные модули системы электропитания с встроенными сетевыми фильтрами и другие вспомогательные элементы.

На смонтированную систему предоставляется 15-летняя системная гарантия с выдачей номерного сертификата. Подлинность сертификата подтверждается голограммой с логотипом компании.

## **Системы GIGAMo компании Ortronics**

Структурированные кабельные системы GIGAMo компании Ortronics начали продвигаться в России в 1999 году. Рассматриваемые системы известны в двух вариантах: GIGAMo и GIGAMo+. Первая из них обеспечивает характеристики проекта категории 5e, тогда как

вторая – категории 6 и гарантирует, в частности, передачу с заданным качеством сигналов сетевого интерфейса Gigabit Ethernet [176].

В состав перечисленных систем включаются все виды изделий, необходимых для создания полного канала, за исключением кабеля, который следует приобретать у сертифицированного производителя. Кроме того, на заводах компании изготавливается широкий набор оборудования для применения в кабельных системах категории 5.

Электрические коммутационные изделия представлены панелями с розетками модульного типа в экранированном и неэкранированном вариантах с максимальной емкостью 48 портов. В случае необходимости допустимы также модульные решения. Панели типа 110 известны в вариантах кроссовых башен на 300 и 900 пар, а также 100- и 300-парных блоков с ножками для настенного монтажа [177].

Абонентские розетки предлагаются в вариантах для внутреннего и внешнего монтажа и имеют разный конструктивный стиль исполнения. Электрические розеточные модули делаются как для прямой, так и для угловой с выступом установки.

Электрические шнуры различного назначения выпускаются с вилками модульных разъемов и разъемов 110, а также в комбинированном варианте. Длина шнуров составляет 0,9–5,5 м.

Оптические коммутационные устройства представлены 19-дюймовыми полками и настенными муфтами. Полки серии ORMMAC емкостью 36, 72 и 108 портов выпускаются в в модульном исполнении. Так называемый Low Profile High Density Rack Mount Fiber Cabinet представляет собой полку высотой 1U с 24 розетками ST или SC. Настенные 6- и 12-портовые муфты снабжаются верхним и нижним уплотнителями для прохода кабелей и шнуров и имеют два посадочных места под пластинки с шестью оптическими розетками ST или SC. Оконцевание оптических кабелей вилками разъемов рекомендуется проводить с помощью монтажных шнуров механическими силайсами типа Ultra Sleeve.

Удобство монтажа рассматриваемого оборудования в кроссовых и ашпартатных обеспечивается применением открытых стоек серии Mighty Mo II и монтажных шкафов, как универсальных, так и рассчитанных под оборудование конкретных производителей. Облегчить обслуживание смонтированных панелей и сетевого оборудования помогают разнообразные оригинальные модели организаторов шнуров и кабелей.

В номенклатуру поставляемого оборудования входит также широкий перечень различных адаптеров и элементов, позволяющих организовать многопользовательские розетки MUTO и консолидационные точки.

Отличительной особенностью всего оборудования компании Ortronics является наличие развитой системы различных цветовых идентификаторов шнуров и розеток портов разного вида.

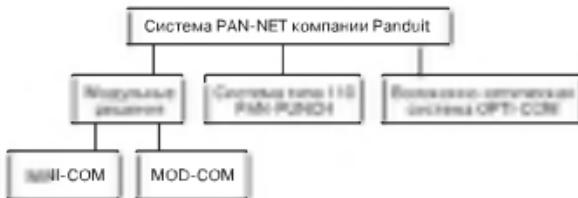
В состав СКС GIGAMo включены оригинальные волоконно-оптические преобразователи среды серии Transoptix. Эти изделия поддерживают стандарты Ethernet и Fast Ethernet и конструктивно выполнены в виде бескорпусной платы, которая вставляется в свободный слот рабочей станции или шасси концентратора.

На СКС компании Ortronics предоставляется 25-летняя расширенная системная гарантия.

## **Система PAN-NET компании Panduit**

Система PAN-NET™ (рис. П1.6) компании Panduit образована совокупностью отдельных самостоятельных подсистем, каждая из которых распространяется под собственной торговой маркой. В системах MOD-COM™ и MINI-COM™ объединены решения, основанные на модульном разъеме. Разница между ними состоит в том, что для монтажа оборудования

системы MINI-COM требуется в среднем на 20 % меньше места. Кроме того, это оборудование изначально разрабатывалось для применения в офисе и имеет соответствующие эстетические характеристики и дизайн. Система PAN-PUNCH™ включает коммутационные панели типа 110 и их аксессуары и применяется в основном в технических помещениях. В систему OPTI-COM™ входят элементы, которые позволяют создать волоконно-оптическую подсистему СКС.



В составе систем MOD-COM™ и MINI-COM™ содержится развитый набор розеточных модулей категории 3 и 5 для внешнего и внутреннего (в профиль и во внутреннее пространство) монтажа. При этом модули внутреннего монтажа поставляются в вариантах немецкого, английского, европейского и других стилей. Допускается прямая и угловая установка розеток.

Розетки модульных разъемов системы PAN-NET выпускаются в обычном и экранированном исполнении в двух несколько различающихся вариантах – MINI-JACK™ и MOD-JACK™. Цвет лицевой поверхности корпуса розеточных модулей и схема их разводки могут быть разными. Кроме 8-позиционных модулей допускается использование 6-позиционных с шестью и четырьмя проводниками. Подключение кабеля к розетке производится без применения ударного инструмента.

Оборудование типа 110 входит в состав системы PAN-PUNCH™ и выпускается в виде кроссовых башен на 300 и 900 пар и панелей для настенного монтажа на 100 и 300 пар. Доступны 3-, 4- и 5-парные варианты линеек, монтаж производится с помощью обычных одно- и пятипарного ударных инструментов. В случае обслуживания телефонных приложений весьма полезным оказывается применение 100- и 300-парных настенных предзаданных панелей с выводом второго конца многошарнирного кабеля на разъем TELCO. Вилки разъемов типа 110 системы PAN-PUNCH™ приспособлены к сборке непосредственно на объекте монтажа.

Оборудование системы GIGA-PUNCH представляет собой развитие системы типа 110 и отличается от него оригинальным двухрядным расположением контактов в шахматном порядке. Это позволяет разместить на одной линейке 36 пар вместо 25 в традиционных конструкциях. Одновременно оборудование этой разновидности обеспечивает электрические характеристики проекта категории 6.

Основной волоконно-оптической подсистемы, которая реализуется на оборудовании OPTICOM, являются полки максимальной емкостью 72 розетки, настенные муфты емкостью 12 и 24 розетки и розетки мультимедиа, в корпус которых удается установить до 12 оптических розеток. В качестве разъемов применяются ST, SC в обычном и дуплексном вариантах и MIC системы FDDI. Для коммутации предназначены шнуры длиной от 1 до 3 м, в том числе и в комбинированном варианте с вилками разъемов различных типов на разных концах.

Для организации прокладки внутренних оптических кабелей рекомендуется система кабельных каналов FIBER-DUCT™ и PAN-DUCT™. От обычных декоративных коробов

они отличаются главным образом наличием развитого набора углов, облегчающих прохождение поворотов с заданным радиусом. Монтируются каналы посредством специальных кронштейнов.

Проекладка кабелей и монтаж розеток в офисных помещениях выполняется с помощью системы декоративных коробов PAN-WAY™. В состав системы входят цельные и составные короба, а также большое количество комплектующих элементов (углы, заглушки и т.д.).

Из дополнительных аксессуаров системы PAN-NET отметим обширный набор самолами-нирующихся маркеров, бирок и клеевых этикеток, маркировка которых возможна с использованием компьютерной печати. Аккуратная укладка кабельных пучков и их дополнительная маркировка обеспечивается применением ремешков-липучек VELCRO®, пластиковых стяжек с маркирующими иллюстрациями серии PAN-TY® и стяжек PAN-STEEL® из стальной ленты.

## **Система Freenet компании Reichle & De-Massari**

Швейцарская компания Reichle & De-Massari известна своим кабельным и коммутационным оборудованием для построения телефонных сетей. Кабельная система Freenet [178] принадлежит к относительно новым продуктам этой фирмы и продвигается под самостоятельной торговой маркой с 1998 года.

СКС Freenet построена в соответствии с международным стандартом ISO/IEC 11801. В настоящее время в составе электрической части этой системы имеются технические средства, характеристики которых соответствуют требованиям категорий 5, а также проектов категорий 6 и 7.

Горизонтальная подсистема строится преимущественно на 4-парных электрических кабелях в вариантах UTP, STP и S/STP. Верхняя граничная частота некоторых конструкций достигает 600 МГц. Для облегчения прокладки в случае двухпортовых рабочих мест употребляются сдвоенные (по фирменной терминологии – «сиамские») кабели.

Отличительная особенность коммутационного оборудования электрической подсистемы состоит в применении в нем специально разработанного модульного разъема. При монтаже кабеля в розетке такого разъема не нужен отдельный обжимной или ударный инструмент, так как функции его выполняют две защитные крышки в форме рычага, являющиеся интегральной составной частью розетки.

Коммутационные панели имеют емкость от 16 до 84 портов и характеризуются редко встречающимся на практике вертикальным расположением линеек с розетками модульных разъемов. Для большего удобства монтажа IDC-контакты фирменной разработки компании Reichle & De-Massari выведены на переднюю панель и по окончании монтажа закрываются откидной крышкой с элементами маркировки отдельных портов. При этом на одной линейке удается разместить от четырех до шести таких розеток. Кроме вертикальных вариантов встречаются также горизонтальные 16- и 30-портовые панели. Емкость панели можно менять в широких пределах и достаточно гибко за счет специальной 4- или 5-портовой модульной вставки с экранированными и неэкранированными розетками на ней.

Характерной чертой системы Freenet является применение в ее составе развитой системы кодировки электрических разъемов, существенно увеличивающих удобство обслуживания кабельной системы в процессе ее текущей эксплуатации. Технические средства для реализации кодировки представляют собой набор адаптеров, которые надеваются на вилку и розетку модульного разъема и обеспечивают механическую блокировку, защищающую от неправильного соединения. Для визуальной индикации закодированных разъемов изменяется цветовая маркировка.

Коммутационные панели типа 110 в системе Freenet не применяются. Обслуживание низкоскоростных редко коммутируемых приложений рекомендуется проводить с помощью так называемых SRV-панелей.

Волоконно-оптическое оборудование служит для организации магистральных подсистем СКС. При прокладке внутри зданий можно пользоваться кабелями с ленточными проводниками, что весьма редко встречается в современных СКС. Увеличение плотности оптических портов на коммутационных устройствах достигается благодаря двум фирменным разъемам: SC-Comfast (расчитан на обычные кабели) и Mini-MPO (эффективен в случае установки на ленточные кабели).

Для установки на рабочих местах предназначен развитый набор внутренних и наружных телекоммуникационных розеток различных стилей с прямой и угловой установкой розеточных модулей разъемов.

В составе системы, которая достаточно популярна на рынке немецкоязычных стран, содержится большое количество элементов для обеспечения работы системы ISDN.

Чтобы расширить эксплуатационную гибкость системы, в ее состав включают развитый набор переходников, адаптеров и балунов различного назначения.

На спроектированную и смонтированную сертифицированными специалистами систему Freenet выдается 20-летняя системная гарантия, продолжительность гарантии на приложения временными рамками не ограничивается.

## **Структурированные кабельные системы компании RiT Technologies**

Компания RiT Technologies поставляет на рынок четыре различных типа кабельных систем: SMART Cabling System™, SMART Giga Cabling System™, STP 600 MHz™ и STP 400 MHz™ (табл. П1.3). Наибольшую известность в нашей стране получили первые две. Различие между ними состоит в том, что параметры СКС SMART соответствует категории 5, тогда как SMART Giga имеет характеристики, сертифицированные до частоты 200 МГц и отвечающие характеристикам проекта категории 6.

*Таблица П1.3. СКС компании RiT Technologies*

Незакранированные решения	SMART (категория 5)	SMART-Giga (категория 6)
Экранированные решения	STP 400 MHz	STP 600 MHz

Компания RiT Technologies производит для своих СКС полный спектр продукции.

Коммутационные панели с розетками модульных разъемов в фиксированной конфигурации имеют от 24 до 96 портов (высота от 1 до 4 юнитов) и выпускаются как в экранированном, так и в незакранированном вариантах. Подключение проводников кабелей выполняется контактами типа 110, либо контактами Krone. Модульные решения представлены панелями серии Double5 с десятью посадочными местами, в каждое из которых может быть установлен 2-портовый модуль с розетками UTP и STP. Кроме панелей со 100-омными разъемами существует достаточно большая номенклатура панелей серии SMART ICS 32, предназначенных для подключения кабелей с волновым сопротивлением 150 Ом. Коммутационные панели фирмы RiT Technologies характеризуются широкой номенклатурой изделий с переключателем, который позволяет соединить две расположенных друг над другом розетки. Таким образом удается, согласно фирменным данным, при правильном

выполнении проекта по крайней мере на первом этапе эксплуатации системы уменьшить количество коммутационных шнурков на 80%.

Панели типов 110 и 66 в рассматриваемых СКС не применяются.

Для установки на рабочих местах предназначен большой набор внутренних и внешних розеток. Максимальная емкость внешней розетки Giga-Flash™ составляет 6 портов. Внутренние розетки немецкого, американского и других стилей доступны как с прямой, так и с угловой установкой розеточных модулей. В последнем случае имеются конструкции с выступом и с уточленной установкой. Розеточные модули применяются и в обычном, и в экранированном вариантах.

В состав СКС компании RiT Technologies включен развитый набор переходников, балунов и адаптеров различного назначения, а также специальные средства для поддержки работы сетевой аппаратуры Token Ring.

Применение горизонтальных кабелей – обычных и экранированных – ограничено частотой в интервале 100–600 МГц. Для изготовления соединительных шнурков предназначены их разновидности с витыми проводниками и повышенной устойчивостью к изгибам. Организация магистральных подсистем основана на 25-парных кабелях категории 5.

Коммутация панелей с модульными разъемами производится экранированными и неэкранированными шнурами длиной от 0,3 до 7,5 м. Допускается применение не только фабричных, но и изготовленных на объекте шнурков.

Волоконно-оптические компоненты представлены 19-дюймовыми полками емкостью 96 и 12 розеток, настенными розетками и розеточными модулями для установки в декоративные короба. Волоконно-оптические кабели системы SMART служат для построения всех трех подсистем. Поставляются кабели внешней прокладки в бронированном (congrigate) и небронированном вариантах, а также с интегрированным тросом для воздушной подвески. Наибольшее число волокон в стандартных вариантах составляет 24. Кабели внутренней прокладки также имеют максимальную емкость в 24 волокна. Соединительные шнуры в симплексном и дуплексном вариантах длиной 1–5 м снабжаются вилками оптических разъемов ST и SC. При установке вилок оптических разъемов в полевых условиях используется клеевая эпоксидная технология.

Для СКС SMART характерно применение в них системы мониторинга состояния кабельной системы PatchView. Принцип работы системы и обеспечивающие ее технические и программные средства подробно рассмотрены в разделе 13.1.3.

На СКС компании RiT Technologies предоставляются системные гарантии продолжительностью 15 лет (SMART) и 20 лет (SMART-Giga).

Обычный курс обучения проектировщика и монтажника составляет 2 дня. Для получения права на шеф-монтаж системы PatchView слушатель проходит 4-дневный курс обучения (так называемый курс PatchView-консалтинга).

## **Системы ICCS и FutureLink компании Corning**

Системы ICCS® (Integrated Communication Cabling System) и FutureLink были созданы специалистами немецкого концерна Siemens [179] – см. рис. П1.7. С февраля 2000 года, после приобретения всего кабельного производства разработчика, владельцем данных торговых марок стала американская компания Corning. Система включают в себя полный наборассивных компонентов, аксессуаров и дополнительного оборудования, необходимых для формирования СКС. ICCS охватывает электрическую часть СКС и использует в основном экранированный кабель и соединительную технику SSL (Siemens Standart Link) и SML (Siemens



Рис. П1.7. СКС фирмы Corning

Modular Link). FutureLink представляет собой оборудование для построения волоконно-оптической подсистемы СКС. Коммутационные изделия ICCS и FutureLink выполнены в едином дизайне и могут быть скомбинированы в любых сочетаниях.

Все компоненты систем ICCS и FutureLink построены в полном соответствии с нормами и положениями стандарта ISO/IEC 11801 и немецкоязычной версии стандарта EN50173, а их технические характеристики в большинстве случаев превышают требования этих нормативных документов, зачастую с весьма значительным запасом.

СКС на рассматриваемом оборудовании в общем случае содержит четыре подсистемы. Первичная подсистема, или подсистема кампуса, собирает в единое целое несколько зданий. Основным назначением вторичной подсистемы является объединение этажей одного здания. Третичная, или горизонтальная, подсистема служит для подключения абонентских розеток к кроссовой этажа. Подсистема рабочего места позволяет соединять сетевое оборудование с розетками. Внутри здания допускается на равных прокладка электрических и оптических кабелей; первичная подсистема строится исключительно на базе волоконно-оптических кабелей.

В состав ICCS входят как неэкранированные, так и экранированные кабели в обычном и пожаробезопасном исполнении. UTP-кабель категории 5 обеспечивает работу систем аналоговой телефонной связи, а также ЛВС Ethernet и Token Ring. Кабели S/UTP и S/STP рекомендуются при сложной помеховой обстановке на объекте монтажа и для поддержки работы приложений, требующих более широкой полосы частот. Некоторые образцы кабелей имеют параметры, нормируемые на частотах до 300 и даже 600 МГц. Систему ICCS отличает присутствие в ее составе кабелей с четырехжильной скруткой.

Соединительные шнуры изготавливаются в основном в экранированном варианте и имеют стандартную длину 2, 3 и 6 м. Кроме четырехпарных шнуров в состав ICCS с ориентацией на традиции европейского рынка введены также более дешевые двухпарные, пригодные для поддержки функционирования систем ISDN, CDDI и ATM.

Коммутационные панели и информационные розетки с розетками модульных разъемов входят в состав систем SSL и SML. Выпускаются только в экранированном варианте. Панель системы SSL имеет 16 портов и высоту 1U, а панель системы SML – 16 посадочных мест под сменные вставки и высоту 2U. В последнем случае один кабель может быть разведен не только на одинарные, но также и на двойные вставки, благодаря чему удается реализовать принцип cable sharing.

Для применения на рабочих местах предназначена достаточно широкая номенклатура внутренних и внешних розеток. Внутренние розетки выпускаются в одно-, двух- и трехпостовом вариантах и содержат развитый набор адаптеров для монтажа в коробах, напольных коробках и других аналогичных изделиях.

Волоконно-оптические компоненты объединены в рамках системы FutureLink и используются как при построении магистральных подсистем СКС, так и для горизонтальной разводки при реализации решений fiber to the desk. Наряду с кабельными и коммутационными изделиями в состав FutureLink включены также измерительное и технологическое оборудование – вплоть до сварочных аппаратов и оптических рефлектометров.

Кабели внешней прокладки имеют до 60 волокон и иногда снабжаются упрочняющим покрытием из стальной ленты с целью улучшения механических характеристики и защиты от грызунов. Типовая емкость кабелей внутренней прокладки составляет до 24 волокон, на выбор предлагается несколько вариантов с различными механическими характеристиками и пожарной стойкостью.

Волоконно-оптические соединительные шнуры производятся с основными типами волокна 9/125, 50/125 и 62,5/125 мкм и максимальной длиной 30 м. Шаг изменения длины стандартных шнуров равен 0,5, 2 и 5 м в зависимости от диапазона. Шнуры с волокном 62,5/125 армируются следующими типами вилок ST, SC в обычном и дуплексном вариантах, E-2000, ESCON.

Коммутационные изделия представлены полками высотой 1U и 2U, плотность монтажа достигает 48 волокон на каждый юнит высоты. Имеется настенная муфта с возможностью установки в ней максимум 12 розеток разъемов ST, SC и SMA, а также 4-волоконные настенные розетки типа FO4-W.

Для армирования световодов в полевых условиях предназначены так называемые минигильты типа FuseLite и вилки UniCam с механической распределенной фиксацией. Использование клеевой технологии не рекомендуется. Сращивание двух волокон выполняется сваркой или с помощью механических спlices CamSplice.

Для монтажа коммутационного оборудования системы FutureLink предназначены 19-дюймовые монтажные шкафы FDF-19 высотой 42U и глубиной 800 мм.

На смонтированную систему предоставляется 15-летняя системная гарантия.

## ***Siemon Cabling System компании Siemon***

Компания Siemon поставляет полный спектр оборудования СКС за исключением кабелей. Рассматриваемая система строится в соответствии с американским стандартом TIA/EIA-568-A. В составе Siemon Cabling System допускается использование кабелей семи ведущих производителей этого вида продукции, входящих в перечень разрешенных.

Оборудование, устанавливаемое непосредственно в рабочих помещениях (work area), представлено различными видами розеток. Внутренние розетки серии ST выпускаются в одно- и двухпортовом вариантах с прямой и угловой установкой розеточных модулей, которые бывают снабжены откидной или сдвижной защитной крышкой. Если требуется высокая плотность портов, то применяются розетки модульных разъемов серии MAX. Для настенного монтажа служат 1-, 2-, 4- и 6-портовые внешние розетки серии SM. В случае необходимости модульные разъемы во всех видах розеток могут быть заменены оптическими и коаксиальными различных типов.

В кроссовых монтируются модульные коммутационные панели емкостью от 16 до 96 портов, которые предлагаются в разборном и неразборном вариантах. Для установки

в разборные панели подходят модули серии СТ. Разводка панелей выполняется на линейки типа 110, имеются панели категории 3 с разъемами TELCO. Кроме обычных панелей предлагаются также 24-портовые так называемые модульные патч-блоки (*modular patch blocks<sup>®</sup>*), с 1-, 2-, 3- и 4-парной разводкой и разъемом TELCO для подключения многошарнирного кабеля. Установка панелей и другого оборудования облегчается наличием нескольких типов открытых стоек и настенных монтажных панелей. В состав *Siemon rack system* введена также обширная номенклатура кабельных организаторов различного вида.

Коммутационные панели типа 110 в варианте кроссовых башен имеют емкость 300, 400 и 500 пар, емкость варианта для настенного монтажа составляет 100, 200 и 300 пар. В крупных сетях возможно применение напольных рам серии XLBET максимальной емкостью 10800 пар, конструктивно выполненных в виде открытых стоек.

Для поддержки работы телефонных систем и систем передачи данных со скоростью не более 10 Мбит/с предназначены коммутационные панели типа 66 максимальной емкостью 125 пар. Процесс коммутации таких панелей несколько облегчается наличием широкой номенклатуры предразведенных панелей.

Коммутационные шнуры с вилками модульных разъемов в экранированном и незащищенным вариантах имеют длину 0,9–7,6 м и в случае необходимости снабжаются цветными идентифицирующими хвостовиками. Шнуры с разъемами 110 имеют такую же длину и выпускаются в 1-, 2-, 3- и 4-парных вариантах.

В середине 1998 года в продажу поступили электрические элементы с улучшенными характеристиками System 6 Cabling System, совокупность которых позволяет создавать кабельные тракты с верхней граничной частотой 200 МГц и параметрами, соответствующими проекту категории 6.

Волоконно-оптическое оборудование представлено 19-дюймовыми полками высотой 4U емкостью 72 и 144 порта. Функциональная гибкость полок увеличивается применением адаптерных вставок под розетки ST и SC и полки высотой 3U для укладки коммутационных шнуров. Настенные муфты классической конструкции емкостью 12, 24 и 48 портов также построены по принципу установки модульных вставок и снабжены откидной крышкой, закрывающей внешнюю сторону розеток с подключенными к ним шнурами. Оптические коммутационные шнуры в одиночном и двойном вариантах с вилками оптических разъемов ST и SC в одномодовом и многомодовом исполнении имеют длину от 1 до 5 м. Установка вилок на кабели в полевых условиях производится путем приклейки двухкомпонентным анаэробным клеем.

Процесс построения и последующего эксплуатационного обслуживания СКС облегчается наличием развитой системы технологического инструмента для электрической и оптической подсистем, диагностического оборудования для электрической подсистемы и большого числа адаптеров для подключения к СКС различных контрольных приборов и сетевой аппаратуры.

## **СКС фирмы *Superior Modular Products***

СКС фирмы Superior Modular Products (Superior-СКС) продвигается в Российской Федерации с 2001 года с момента организации представительства этой американской компании. Фирма Superior достаточно широко известна на американском рынке в первую очередь как производитель недорогих коммутационных компонентов для построения структурированной кабельной проводки. Предложение на российском рынке комплексного продукта должно увеличить, по замыслу руководства компании, привлекательность решения для системных интеграторов.

Для применения в качестве линейных кабелей в сертифицированных проектах в составе Superior-СКС допускается как OEM-продукция с маркировкой Superior категорий 3, 5, 5e, 6 и 7 в четырехпарном и многопарном вариантах, так и продукция фирм Belden, Berk-Tek, Brand-Rex, Champlain, CommScope, Hitachi Mohawk/CDT.

Электрическое коммутационное оборудование создается в основном на базе модульных разъемов собственной разработки с двойной балансной компенсацией переходной помехи, характеристики которых отвечают требованиям категории 5e (решение Extended Frequency System EFS) и категории 6 (решение EFXPlus, обеспечивающее по состоянию на середину 2001 года эти характеристики в варианте полного канала). В тех случаях, когда от кабельной проводки не требуется высокая пропускная способность, могут использоваться модули серии AXCESS.

Для организации информационных розеток в помещениях пользователей предлагается обширный набор лицевых пластин для прямой и угловой установки с одним-шестью посадочными местами под розеточные модули. Возможно также применение 2- и 4-портовых настенных розеток. Поддержка решений класса fiber to the desk выполняется с помощью оптических розеток мультимедиа серии MMA7701.

Коммутационное оборудование электрической подсистемы для установки в технических помещениях различного уровня представлено модульными и наборными панелями максимальной емкостью 120 портов. Панели модульного типа имеют кабельный интерфейс типа 110 или Telco. Доступны как незакрепленные, так и закрепленные панели в фиксированном и наборном вариантах. В производственную программу входят также панели типа 110 на 50, 100 и 300 пар, а также 10-, 12- и 24-портовые вертикальные настенные панели в наборном варианте.

Коммутация осуществляется шнурами длиной от 0,6 до 4,5 м, изготовленными из кабеля 9 различных цветов. Для работы с панелями Telco предназначены многопарные шнуры с соответствующими разъемами длиной от 0,9 до 23 м.

Коммутационное оборудование оптической подсистемы представлено изделиями серии Fiber Optix, реализованными по модульной схеме. Установка розеток осуществляется через промежуточную панель-вставку в 6 розеток. Комплектация основной массы изделий включает в себя организаторы световодов и силайсов. Муфты емкостью до 144 одиночных розеток относятся к классу так называемых настенных кабинетов (wall mount cabinet) и построены по схеме трехсекционного шкафа. Коммутация осуществляется одномодовыми и многомодовыми обычными и комбинированными шнурами стандартной длиной 1, 3 и 10 м в симплексном и дуплексном вариантах.

Облегчение создания магистральной проводки внутри помещения достигается в случае использования претерминированных сборок на базе разъема MT (число волокон кабеля 6 или 12, стандартная длина кабеля от 100 до 500 футов).

В состав СКС входит также достаточно развитая система горизонтальных и вертикальных организаторов различных видов (кольцевого, щелевого и поддерживающих), настенные рамы, а также полки для установки в 19-дюймовый конструктив. Линейку монтажного оборудования дополняют шкафы в напольном (высота 24U и 42U) и настенном (высота 9U, 12U и 15U) вариантах, снабженные стеклянной передней дверью [180].

На смонтированную кабельную систему предоставляется развитая система гарантий. Компонентная гарантия Р-15-Р поддерживается на протяжении 15 лет в отношении отдельных компонентов вне зависимости от области их применения. Системная гарантия Р-15-С распространяется на полный канал, построенный из компонентов Superior. Когда в составе системы применен кабель Superior, выдается системная гарантия Р-25-С, продолжительность которой увеличивается до 25 лет. Дополнительно фирма распространяет действие гарантий Р-15-С и Р-25-С на область гарантии приложений.

Обучение монтажников и проектировщиков осуществляется на двух курсах общей продолжительностью 3 рабочих дня.

## **Единица децибел, понятия уровня сигнала, усиления и затухания**

При передаче информации по кабелям мощность электрического сигнала по мере распространения меняется экспоненциально, поэтому использование широко распространенного понятия «коэффициент передачи» оказывается неудобным в инженерных расчетах. Для упрощения вычислений целесообразно перейти к логарифмическим единицам, так как в этом случае операции умножения и деления, выполняемые при работе с коэффициентом передачи, заменяются соответственно операциями сложения и вычитания, а вместо понятий мощность сигнала и помехи оперируют понятиями уровней сигнальных и шумовых составляющих. Согласно ГОСТ 24204-80 [180] под уровнем сигнала понимают логарифм отношения значения мощности или напряжения в рассматриваемой точке к значению мощности ( $P_u$ ) или напряжения ( $U_u$ ) в точке цепи, выбранной для сравнения. В технике проводной связи принято, что нулевым уровнем обладает сигнал мощностью  $P_u = 1 \text{ мВт}$ , выделяемый на нагрузке  $600 \Omega$ . Указанные значения выбраны из исторических соображений:  $1 \text{ мВт}$  – это мощность обычного телефонного сигнала, а сопротивление  $600 \Omega$  имеет телефонная линия и соответственно ее нагрузка в виде телефонного кансюля. Уровень сигнала, измеренный относительно этого значения, называется абсолютным.

Несложные расчеты показывают, что сигнал с нулевым уровнем при нагрузке  $600 \Omega$  характеризуется напряжением  $U_u = 0,7746 \text{ В}$  и током  $1,291 \text{ мА}$ . Сигнал с любой другой мощностью по определению имеет абсолютный уровень:

$$P_u = 20 \lg \frac{P}{P_{\text{баз}}}, \quad U_u = 20 \lg \frac{U}{U_{\text{баз}}} + 10 \lg \frac{R_u}{R_{\text{баз}}} \quad (\text{П1.1})$$

Анализ формулы П1.1 показывает, что:

- мощность сигналов с положительным уровнем всегда выше  $1 \text{ мВт}$ , при мощностях менее  $1 \text{ мВт}$  уровень сигнала отрицателен;
- увеличение или уменьшение мощности сигнала в два раза соответствует увеличению или уменьшению его уровня на  $3 \text{ дБ}$ ;
- изменение напряжения сигнала в два раза отвечает изменению уровня на  $6 \text{ дБ}$ ; при изменении мощности на  $3 \text{ дБ}$  или в два раза напряжение меняется в  $1,41$  раза;
- сигналы с одинаковым напряжением могут иметь самый разный уровень, который полностью определяется нагрузочным сопротивлением в измеряемой точке.

Рассмотрим теперь рис. П1.8, на котором в виде четырехполюсника изображена некоторая анализируемая цепь. Согласно упомянутому выше ГОСТ 24204-80 этот четырехполюсник имеет усиление:

$$S = P_{\text{вых}} - P_{\text{вх}}$$

и затухание:

$$A = P_{\text{вых}} - P_{\text{вход}}$$

где  $P_{\text{вх}}, P_{\text{вых}}$  – уровни входного и выходного сигналов соответственно.



Рис. П1.8. К определению понятий  
усиления и затухания

Обычно понятие усиления применяется к сигналным составляющим, а затухания – к помеховым, поскольку для обеспечения нормального качества связи последние должны быть обязательно существенно меньше мощности сигнала. Введение понятий усиления затухания позволяет всегда оперировать с положительными величинами коэффициентов передачи, выраженными в децибелах.

## Перевод значений AWG и SWG в миллиметры и погонное сопротивление медного провода

Диаметр проводников кабеля фирмы-производители часто указывают в единицах AWG (American Wire Gauge – американская калибровка проводов). Последнее обозначение связано с технологией производства медной проволоки путем последовательной прокатки через валки. Расстояние между каждыми последующими валками меньше, чем между предыдущими, поэтому чем большее количество валков прошла проволока, тем тоньше она будет. Двухзначное число после обозначения AWG показывает, через сколько валков была прокатана проволока в процессе изготовления. В табл. П1.4 дается перевод значений AWG в миллиметры. Там же указаны соответствующие площадь сечения и погонное активное сопротивление постоянному току медной проволоки.

Существенно меньшее распространение на практике получили аналогичные английские единицы SWG (Standard Wire Gauge), значения которых приведены в табл. П1.5. Из сравнения табл. П1.4 и П1.5 видно, что для наиболее популярных калибров в диапазоне 22–26 задаваемые по AWG и SWG диаметры проводников достаточно близки друг к другу.

## Уровни IP-защиты

Уровни защиты человека, обеспечивающие безопасную эксплуатацию оборудования и защиту самого оборудования от попадания во внутрь посторонних предметов, грязи, пыли и воды, определены в стандартах DIN 40 050 и IEC 529. Уровни защиты в стандартах обозначены двумя символами IP (от англ. Index of Protection – защитный коэффициент) и двумя цифрами от 0 до 6, например IP 65. Допускается расширение индекса дополнительными и вспомогательными знаками.

Таблица П1.4. Связь значений AWG с диаметром, сечением и погонным сопротивлением медного провода

AWG	Диаметр, мм	Сечение, $\text{мм}^2$	Погонное сопротивление при 20 °C, Ом/км
16	1,290	1,307	13,6
18	1,024	0,824	21,6
20	0,813	0,519	33,2
21	0,724	0,411	41,9
22	0,643	0,324	53,2
23	0,575	0,259	66,6
24	0,511	0,205	84,2
25	0,455	0,162	106

Таблица П1.4. Связь значений AWG с диаметром, сечением и погонным сопротивлением медного провода (окончание)

AWG	Диаметр, мм	Сечение, мм <sup>2</sup>	Погонное сопротивление при 20 °C, Ом/км
26	0,404	0,128	135
27	0,361	0,102	169
28	0,320	0,081	221
30	0,254	0,051	357
32	0,203	0,033	559
34	0,160	0,020	857
35	0,142	0,016	1080

Таблица П1.5. Связь значений SWG с диаметром провода

SWG	Диаметр провода, мм
14	2,1
16	1,6
18	1,2
20	0,92
22	0,71
24	0,56
26	0,46
28	0,38

Первая цифра показывает уровень защиты человека от прикосновения частями тела, инструментом или любыми другими предметами к находящимся под напряжением или подвижным механическим частям оборудования, и уровень защиты самого оборудования от попадания внутрь посторонних предметов и пыли. Требования каждого уровня такой защиты представлены в табл. П1.6.

Вторая цифра относится к уровню защиты установленного оборудования от попадания воды. Требования по защите от воды приводятся в табл. П1.7. Какой-либо дополнительной защиты от воздействия агрессивных жидкостей и паров при этом не предусматривается.

Дополнительный знак определяет уровень защиты от доступа к опасным для жизни и здоровья электрическим и механическим частям оборудования. Указывается только в случаях, когда фактическая защита превышает уровень, задаваемый первой цифрой и представляет собой цифру, обозначающую только уровень защиты от доступа к опасным деталям.

Таблица П1.6. Уровни защиты от прикосновения и попадания внутрь оборудования посторонних предметов и пыли

Первая цифра	Защита	Примечание
0	Нет защиты	Не предусмотрено защиты от случайного прикосновения к находящимся под напряжением или подвижным частям оборудования. Не предусмотрено защиты оборудования от проникновения посторонних предметов

Таблица П1.6. Уровни защиты от прикосновения и попадания внутрь оборудования посторонних предметов и пыли (окончание)

Первая цифра	Защита	Примечание
1	Защита от проникновения посторонних предметов больших размеров	Защита от случайного прикосновения тулowiща или частей тела (например, рукой) к находящимся под напряжением или подвижным частям оборудования. Однако отсутствует защита от преднамеренного прикосновения к этим частям. Защита оборудования от проникновения посторонних предметов диаметром более 50 мм
2	Защита от проникновения посторонних предметов средних размеров	Защита от прикосновения пальцами к находящимся под напряжением или подвижным частям оборудования. Защита оборудования от проникновения посторонних предметов диаметром более 12 мм
3	Защита от проникновения посторонних предметов малых размеров	Защита от прикосновения к находящимся под напряжением или подвижным частям оборудования любыми предметами с диаметром более 2,5 мм (например, инструментом). Защита оборудования от проникновения посторонних предметов диаметром более 2,5 мм
4	Защита от проникновения посторонних тел размером с крупинку	Защита от прикосновения к находящимся под напряжением или подвижным частям оборудования любыми предметами с диаметром более 1 мм. Защита оборудования от проникновения посторонних предметов диаметром более 1 мм
5	Защита от отложений (наслонений) пыли	Полная защита от прикосновения частей тела или любых предметов к находящимся под напряжением или подвижным частям оборудования. Не обеспечивается полная защита от проникновения пыли, однако проникающая пыль не может образовать наслонений, которые могут оказаться на работоспособности оборудования
6	Защита от проникновения пыли	Полная защита от прикосновения частей тела или любых предметов к находящимся под напряжением или подвижным частям оборудования. Полная защита от проникновения пыли

Таблица П1.7. Уровни защиты от попадания воды внутрь оборудования

Вторая цифра	Защита	Примечание
0	Нет защиты	Не предусмотрено защиты от проникновения воды
1	Защита от вертикально падающих капель воды	Вертикально падающие капли воды не могут оказать вредного воздействия на оборудование
2	Защита от «косых» капель воды	Капли воды, падающие с отклонением не более 15° от вертикали, не могут оказать вредного воздействия на оборудование
3	Защита от мелких брызг воды	Брызги воды, падающие под любым углом до 60° к вертикали, не могут оказать вредного воздействия на оборудование
4	Защита от брызг воды	Брызги воды, падающие под любым углом, не могут оказать вредного воздействия на оборудование
5	Защита от струй воды	Направленные под любым углом струи воды (например, из шланга) не могут оказать вредного воздействия на оборудование

Таблица П1.7. Уровни защиты от попадания воды внутрь оборудования (окончание)

Вторая цифра	Защита	Примечание
6	Защита от сильных струй воды	Направленные под любым углом струи воды под большим давлением не могут оказать вредного воздействия на оборудование
7	Защита от кратковременного пребывания под водой	Временное погружение шкафа в воду не может оказать вредного воздействия на размещенное в нем оборудование
8	Защита от длительного пребывания под водой	Длительное погружение шкафа в воду не может оказать вредного воздействия на размещенное в нем оборудование

Вспомогательный знак дает иную информацию об уровне защиты, например относится к особым погодно-климатическим условиям.

## Глоссарий

**100VG-AnyLAN** – ЛВС со скоростью передачи 100 Мбит/с, разработанная компанией Hewlett Packard. Работает по четырем витым парам категории 3 и по многомодовому оптическому кабелю. Не получила широкого распространения.

**ACR** – Attenuation to Crosstalk Ratio – см. Защищенность.

**ATM** – универсальная транспортная сеть для передачи голоса, данных и видео. Имеет скорости передачи 25, 155, 622 и 2400 Мбит/с. Первые две разновидности могут работать по двум витым парам категории 5, аппаратура на 155, 622 и 2400 Мбит/с использует в качестве среды передачи оптический кабель.

**AWG** – American Wire Gauge – единица обозначения диаметров проводников электрических кабелей. Численно равна количеству витков волочильного станка, через которые была пропущена проволока. Наиболее распространенные проводники кабелей СКС характеризуются параметром AWG, равным 24, что соответствует диаметру 0,51 мм.

**Blotwist** – комбинированный элемент системы Blolite компании BICC Brand-Rex. Содержит под общей оболочкой кабель категории 5 и трубку, куда сжатым воздухом можно одновременно или последовательно вдувать до четырех одномодовых и многомодовых световодов. Применяется при построении горизонтальной подсистемы СКС.

**Breakout кабель** – разновидность волоконно-оптического кабеля внутренней прокладки с дополнительной индивидуальной защитой каждого световода слоем кевларовых нитей и защитным шлангом с внешним диаметром 2–3 мм. Ориентирован, в первую очередь, на изготовление претерминированных сборок и многоволоконных соединительных шнуров.

**Cable sharing** – принцип использования горизонтального кабеля СКС, заключающийся в одновременной передаче по разным парам сигналов более чем одного приложения. Допущен для реализации стандартами ISO/IEC 11801 и EN 50173, требует применения специальных технических средств типа Y-адаптера (см.) или адаптерных вставок. Наиболее эффективен для экранированных конструкций типа STP и S-STP и часто реализуется в небольших сетях.

**Duplex coupler** – см. Y-адаптер.

**Ethernet** – ЛВС со скоростью передачи 10, 100 или 1000 Мбит/с. Первые версии использовали шинную топологию и работали по коаксиальному кабелю (50 Ом) – 10BASE-5 (до 500 м) и 10Base-2 (до 185 м). Все последующие варианты сети Ethernet имеют топологию звезды и работают по витым парам (100 Ом) или оптическим волокнам. В модификациях 10Base-T (10 Мбит/с) и 100Base-T4 применяются кабели категории 3 (2 и 4 пары соответственно), в 100Base-TX (100Мбит/с) – две пары категории 5. В стадии стандартизации находится сеть 1000Base-T (1 Гбит/с), в которой будет четыре пары улучшенной категории 5, категории 6 и выше.

**FDDI** – Fiber Distributed Data Interface – ЛВС кольцевой топологии со скоростью передачи 100 Мбит/с, основанная на принципе передачи маркера. Классическая сеть FDDI в качестве среды передачи использует многомодовые или одномодовые волоконно-оптические кабели. Имеются также разновидности этой сети, работающие по экранированным и неэкранированным витым парам категории 5 (100 Ом).

**FEXT** – Far End Crosstalk – переходное затухание, измеренное на дальнем конце соседней

**FM-разъем** (female-male) – оптический переходник, обеспечивающий подключение вилки разъема одного типа к розетке разъема другого типа.

**GXT** – Global crosstalk – см. Глобальная переходная помеха.

**HIGH Screen** – см. Двухслойный экран.

**Horizontal Cabling** – см. Горизонтальный кабель.

**IDC** – Insulation Displacement Connection – технология подключения разъема к медному проводнику витой пары, основанная на прорезании с противоположных сторон диэлектрической оболочки кабеля острыми ножевидными контактами и фиксации проводника между ними за счет их пружинящего действия.

**Index of Protection** – буквенно-цифровой индекс 19-дюймового или любого другого конструктива, показывающий эффективность защиты установленного в нем оборудования от различных внешних механических, климатических, химических и прочих воздействий.

**ISDN** – цифровая сеть с интеграцией услуг ISDN (Integrated Services Digital Network). Сеть, обеспечивающая передачу данных, телефонных сигналов и изображения по одному каналу.

**I-адаптер** – устройство, представляющее собой две соединенные друг с другом модульные розетки, которые служат для увеличения длины коммутационных и оконечных шнуров с вилками модульных разъемов.

**Link** – см. Линия связи.

**MIC** – Medium Interface Connector – оптический разъем сетей FDDI и электрический разъем сетей Token Ring.

**Multi Unit кабели** – см. Многоэлементные кабели.

**MUTO** – Multi-User Telecommunication outlet – многоользовательская розетка, устанавливаемая в открытых офисах. Позволяет применять оконечные шнуры длиной до 20 м.

**NEXT** – Near End Crosstalk – переходное затухание, измеренное на ближнем конце соседней пары.

**NVP** – Nominal Velocity of Propagation – скорость распространения сигнала по витым парам. Нормируется относительно скорости света в вакууме и указывается в процентах или относительных единицах.

**OКоэффициент** – минимальное процентное содержание кислорода в азотно-кислородной смеси, при котором начинается самостоятельное горение материала без подвода внешней теплоты.

**Plenum-кабель** – кабель, характеристики пожарной безопасности которого позволяют прокладывать его в plenum-полостях без применения дополнительных защитных мероприятий.

**Plenum-полость** – пространство между подвесным потолком и этажным перекрытием над ним, в которое возможен приток воздуха в объемах, необходимых для поддержания процесса горения. Plenum-полостью в некоторых случаях считается также пространство под фальшполом. К кабелям, прокладываемым в plenum-полостях, выдвигаются особо жесткие требования в отношении пожарной безопасности.

**Power sum** – см. Суммарная мощность переходных наводок.

**PS** – префикс, означающий нормирование данного конкретного параметра помехоустойчивости по модели суммарной мощности, то есть влияние всех пар на одну (от англ. power sum).

**Public Network Interface** – см. Интерфейс к сети общего пользования.

**Riser-кабель** – кабель, характеристики пожарной безопасности которого позволяют без дополнительной защиты прокладывать его в вертикальных стояках зданий.

**S/STP** – Shielded/Shielded Twisted Pair – кабель из витых пар с индивидуальной экранировкой каждой из них и общим защитным экраном.

**S/UTP** – Shielded/Unshielded Twisted Pair – кабель с общим внешним экраном вокруг неэкранированных витых пар.

**Shotgun-кабели** – см. Сдвоенные кабели.

**Skew** – разброс задержек прохождения сигналов по витым парам, обусловленный следующими разбросом скоростей распространения сигнала и разностью физических длин витых пар из-за разного шага скрутки.

**SRL** – Structural Return Loss – см. Структурные возвратные потери.

**STP** – Shielded Twisted Pair – кабель из витых пар с индивидуальной экранировкой каждой из них.

**TELCO-разъем** – см. Разъем TELCO.

**Token Ring** – ЛВС кольцевой топологии, разработанная корпорацией IBM. Скорость передачи – 4 или 16 Мбит/с. В классическом варианте использует кабельную систему IBM – экранированные витые пары с волновым сопротивлением 150 Ом. Позже были разработаны версии для витых пар категорий 3 и 4 (100 Ом) при скоростях передачи 4 и 16 Мбит/с соответственно.

**Twisted Pair** – См. Витая пара.

**U** – Unit – единица измерения высоты рабочей зоны 19-дюймовых монтажных конструктивов, равная 44,45 мм (1,75 дюйма).

**UTP** – Unshielded Twisted Pair – кабель из неэкранированных витых пар и без общего экрана вокруг сердечника.

**VOP** – Velocity of propagation, см. NVP.

**Y-адаптер** – адаптер, осуществляющий разветвление пар кабеля, подключенных к одной вилке модульного разъема, на две модульные розетки.

**Zero halogen** – см. Безгалогенный материал.

**Автоматический кросс** – устройство с несколькими входами и выходами, коммутация между которыми устанавливается при подаче управляющего сигнала на специальный вход. Обеспечивает пронускную способность не выше категории 3, не является стандартным оборудованием СКС и не получило широкого распространения.

**Адаптер** – согласующее устройство, которое применяется в подсистеме сетевого оборудования. Согласно стандарту TIA/EIA-568-А адаптер выполняет подключение друг к другу вилок разъемов несовместимых размеров или типов; изменяет схему разводки проводников; распределяет один многошарнирный кабель на несколько кабелей с меньшим числом пар; соединяет кабели друг с другом.

**Администрирование СКС** – процесс контроля, управления и документирования СКС на этапе эксплуатации. Различают одноточечное и многоточечное администрирование.

**Апертурный угол** – наибольший угол между оптической осью сердцевины волоконного световода и лучом в пространстве, при котором еще возникают направляемые моды.

**Аппаратная** – служебное помещение, в котором располагается сетевое оборудование коллективного пользования (ATC, серверы, концентраторы). Может быть совмещена с кроссовой здания.

**Байонетный разъем** – разъем, у которого фиксация вилки в розетке осуществляется подпружиненной байонетной гайкой. Принцип байонетной фиксации используется в некоторых тинах разъемов для коаксиальных кабелей и в оптических разъемах ST.

**Балансная передача** – см. Симметричная цепь.

**Балун** – адаптер, предназначенный для соединения витой пары и коаксиального или твинаксиального кабеля. Обеспечивает согласование волновых сопротивлений и переход между симметричной и несимметричной схемами передачи.

**Безгалогенный материал** – материал, удовлетворяющий особым требованиям к уровню галогенсодержащих веществ в газообразных продуктах горения с целью минимизации их коррозионного и удушающего действия.

**Бесшнуровая панель** – коммутационная панель, контакты розеток на модульных разъемах которой связаны друг с другом короткими внутренними перемычками из токоведущих дорожек печатной платы. Применение бесшнуровых панелей позволяет выполнять соединение портов различного оборудования без разводки кабелей на IDC-контактах.

**Броня кабеля** – элементы конструкции кабеля для защиты его сердечника от механических воздействий и от повреждений грызунами. В качестве брони служит металлическая оплетка различной плотности, гофрированная стальная лента и круглая стальная проволока разных диаметров. В оптических кабелях часто применяют броневые покровы из полимерных материалов, а при необходимости получения повышенного уровня защиты – многослойную броню.

**Буфер** – защитная оболочка, предохраняющая оптическое волокно от механических воздействий и доступа влаги.

**Вертикальный организатор** – организатор для укладки вертикальных участков коммутационных шнуров и кабелей.

**Верхняя граничная частота** – для электрических трактов: частота сигнала, при которой защищенность сигнала от помех равна 10 дБ. Для оптических трактов: численно равна частоте модуляции синусоидального сигнала, при которой амплитуда выходного сигнала уменьшается в 1,41 раза. Различают верхнюю граничную частоту отдельных элементов и смонтированных из них трактов передачи.

**Вилка разъема** – часть разъема, которая вставляется в розетку. В виде вилки в большинстве конструкций выполняется кабельная часть разъема.

**Витая пара** – кабельный элемент, состоящий из двух изолированных проводников, свитых вместе с регулярным шагом.

**Внешняя защитная оболочка** – внешний слой изоляционного материала, защищающий кабельный сердечник от внешних повреждений.

**Внешняя магистраль** – кабельная линия связи между двумя зданиями. Строится на кабеле внешней прокладки. Соединяет кроссовую внешних магистралей с кроссовой другого здания.

**Внутренняя магистраль** – кабельная линия связи внутри здания. Строится на кабеле внутренней прокладки. Соединяет кроссовую здания с кроссовыми этажей.

**Внутриобъектовые кабели** – см. Кабели внутренней прокладки.

**Волноводная дисперсия** – составляющая хроматической дисперсии, обусловленная зависимостью условий распространения моды от конкретной конструкции световода.

**Волновое сопротивление** – волновым сопротивлением, или импедансом, называется сопротивление, которое встречает электромагнитная волна при распространении вдоль однородной линии без отражений, то есть при условии, что на процесс передачи не влияют несогласованности на концах линии. Численно равно отношению поперечных составляющих векторов электрического и магнитного поля. Зависит от материала и конструкции проводников и изоляции, а также от характеристик экрана.

**Волоконно-оптический кабель** – кабель, содержащий одно или несколько оптических волокон. В зависимости от конструктивного исполнения волоконно-оптические кабели СКС делят на кабели внутренней и внешней прокладки, а также кабели для шнуров.

**Волоконно-оптический кабель внутренней прокладки** – разновидность волоконно-оптического кабеля. Содержит световоды в буферном покрытии 0,9 мм, которые вместе с кевларовыми упаковывающими нитями помещены в общую защитную оболочку. Отличается повышенной гибкостью, однако не имеет элементов защиты от влаги и предназначен в основном для использования внутри помещения.

**Волоконный световод** – прозрачный диэлектрический волновод для передачи оптического излучения. В основе его работы лежит явление полного внутреннего отражения. Состоит из цилиндрической сердцевины, окружённой одной или несколькими отражающими оболочками с меньшим, чем у сердцевины, показателем преломления материала.

**Вторичное буферное покрытие** – разновидность вторичного защитного покрытия световодов, используемая в кабелях внутренней прокладки. Имеет внешний диаметр 0,9 мм (tight buffer) и без зазора уложено на первичное защитное покрытие диаметром 0,25 мм. Позволяет монтировать вилки оптических разъемов без переходников.

**Вторичное защитное покрытие** – дополнительное защитное покрытие световода, накладываемое поверх основного.

**Вторичные электрические параметры витой пары** – набор параметров витой пары, который может быть рассчитан на основе первичных параметров электрической модели этой пары.

**Вытекающая мода** – мода, затухающая в световоде из-за потерь энергии, обусловленных преломлением в оболочку световода. Возникает, когда апертурный угол превышает угол падения луча от внешнего источника на торец световода.

**Гарантия на компоненты** – гарантируемое производителем СКС отсутствие производственных дефектов всех компонентов кабельной системы и их работоспособность на определенный период времени с момента покупки.

**Гарантия работы приложений** – гарантируемая производителем способность правильно смонтированной и установленной СКС поддерживать работу тех или иных приложений из заранее определенного списка или же разработанного специально для работы по СКС определенной категории.

**Гармоника** – адаптер, осуществляющий разветвление 25-парного кабеля на несколько групп проводников емкостью по 2, 3 или 4 пары. Для подключения многопарного кабеля используется разъем TELKO или шесть 4-парных блоков типа 110; выходной интерфейс адаптера реализуется на розетках модульных разъемов.

**Гибридный кабель** – см. Комбинированный кабель.

**Гидра** – см. Разветвительный шнур.

**Гидрофобный гель** – желеобразная масса, заполняющая внутренние пустоты сердечника кабеля внешней прокладки и обеспечивающая продольную герметичность кабеля и защиту отдельных световодов от воздействия воздуха и влаги.

**Главная пластина заземления** – элемент телекоммуникационного контура заземления. Представляет собой металлическую пластину с винтовыми соединениями, к которой подключается шина основной системы заземления здания, магистральные шины телекоммуникационного заземления, а также сетевое оборудование, расположенные поблизости от нее.

**Глобальная переходная помеха** – суммарная переходная помеха на обоих концах кабеля.

**Горизонтальная подсистема** – подсистема СКС, обеспечивающая соединение кроссовой этажа и рабочих мест. Включает в себя информационные розетки рабочих мест, точки перехода, коммутационное оборудование в кроссовой этаже, соединяющие их горизонтальные кабели, а также коммутационные шнуры и/или перемычки.

**Горизонтальный кабель** – кабель горизонтальной подсистемы от этажной кроссовой до информационной розетки рабочего места.

**Горизонтальный организатор** – организатор для укладки горизонтально расположенных участков кабелей и коммутационных шнурков. Часто является интегральной составной частью конструкции коммутационной панели.

**Градиентный световод** – световод, в котором показатель преломления плавно снижается по мере удаления от оси сердцевины по закону, близкому к квадратичной параболе.

**Двухслойное вторичное защитное покрытие** – разновидность вторичного защитного покрытия световода, в котором внутренний слой с внешним диаметром около 500 мкм выполнен для уменьшения деформации волокна и снижения потерь из мягкого материала типа силикона.

**Двухслойный экран** – экран кабельного сердечника, состоящий из общего пленочного экрана, дополненного экраном из оплетки. Оплетка имеет гораздо более высокую механическую прочность и при заделке в разъем обеспечивает полный надежный круговой контакт с экранирующим кожухом. Пленка экрана хорошо защищает витые пары кабеля от высокочастотных помех, а экран в виде оплетки – от низкочастотных, то есть двухслойный экран гарантирует надежное экранирование во всем диапазоне частот.

**Дескремблер** – функциональный блок, восстанавливающий исходный вид скремблированного сигнала. Применяется в высокоскоростных интерфейсах и устанавливается в приемнике. Всегда работает в паре со скремблером, который монтируется в передатчике.

**Децибел** – логарифмическое отношение двух электрических (ток, напряжение, мощность) или оптических (мощность) величин. Является безразмерной единицей, часто используемой при инженерных расчетах; обозначается дБ.

**Дисперсия электромагнитного излучения** – рассеяние во времени отдельных составляющих электромагнитного излучения. Приводит к ограничению полосы пропускания оптического волокна и уширению импульсов при их прохождении по оптическому кабелю. Понятие дисперсии широко применяется для описания процессов распространения излучения в волоконных световодах. Имеет ряд составляющих, основными из которых являются межмодовая, волноводная и материальная.

**Длина волны пульевой дисперсии** – длина волны оптического излучения, на которой достигается нулевая дисперсия одномодового световода. Обычно равна примерно 1300–1310 нм.

**Дренажный проводник** – тонкий неизолированный медный луженый или оцинкованный проводник диаметром около 0,5 мм, накладываемый непосредственно на пленочный экран для обеспечения его электрической непрерывности при случайных разрывах пленки во время прокладки и эксплуатации. Используется также в некоторых типах электрических модульных разъемов для обеспечения контакта экрана кабеля и розетки.

**Дуплексная передача** – передача информации по линии связи в двух направлениях. Различают полудуплексную и полнодуплексную передачу.

**Заземление** – выравнивание потенциалов различных приборов, систем или устройств с целью защиты персонала от поражения электрическим током (защитное заземление) и обеспечения возможности эффективного функционирования систем передачи сигналов (телефонное заземление).

**Закрытая архитектура** – архитектура, совместимая только с аппаратным и/или программным обеспечением одного производителя.

**Затухание** – эффект потери сигналом энергии в процессе его распространении по линии связи. Численно равно разности уровней сигнала на выходе и входе линии.

**Защитное заземление** – см. Заземление.

**Зашщщенность** – разность уровней полезного сигнала и помехи. В электрических системах обязательно указывается для конкретной частоты.

**Зипкорд** – двухволоконный оптический кабель для шнурков, защитные шланги которого связаны друг с другом узкой перемычкой.

**Иерархическая звезда** – разновидность звездообразной топологии, характеризующаяся тем, что по крайней мере некоторые «ветки», выходящие из главного центра, сами ветвятся на своем втором конце.

**Избыточность СКС** – умышленное введение на стадии проектирования в состав СКС дополнительных информационных розеток, количество и расположение которых определяются площадью и топологией рабочих помещений, а не конкретными планами размещения сотрудников и расстановки офисной мебели. Это позволяет без каких-либо проблем организовывать в процессе эксплуатации новые рабочие места, а также выполнять перемещения сотрудников и оборудования.

**Излучаемая мода** – мода, излучаемая волоконным световодом в окружающее пространство или в защитную оболочку.

**Импеданс** – см. Волновое сопротивление.

**Интерфейс к сети общего пользования** – место разделения внешней сети общего пользования и СКС. В большинстве случаев представляет собой интерфейс сетевому оборудованию оператора услуг связи.

**Информационная розетка** – розетка, которой заканчивается горизонтальная подсистема СКС. Предназначена для подключения оборудования рабочего места.

**Информационный заземляющий контур** – заземляющий контур, который связывает между собой кросовые и аппаратные и подключен к основному заземляющему контуру. Предназначен для повышения надежности связи за счет дополнительного выравнивания потенциалов земли в различных служебных помещениях.

**Кабель** – устройство для передачи информации на большие расстояния. Содержит один или несколько изолированных электрических проводников или световодов, помещенных в общую (обычно герметичную) защитную оболочку. В зависимости от конструктивного исполнения различают коаксиальный, триаксиальный, симметричный и оптический кабели.

**Кабель внешней прокладки** – кабель, служащий для построения подсистемы внешних магистралей СКС. Особенностью его конструкции является высокая механическая прочность к растягивающим и сдавливающим усилиям, наличие специальных конструктивных элементов защиты от грызунов, а также влагостойкость и расширенный диапазон рабочих температур.

**Кабель внутренней прокладки** – кабель, который применяется для построения горизонтальной подсистемы и подсистемы внутренних магистралей СКС. Отличается применением облегченных упрочняющих покрытий, не имеет элементов защиты от влаги и грызунов, что обеспечивает ему большую гибкость и лучшие массогабаритные показатели. К кабелям этой группы предъявляются повышенные требования по пожарной безопасности.

**Кабель для прокладки под ковром** – кабель плоской конструкции из витых пар для максимального распределения давления по поверхности изделия. Подключается к горизонтальному кабелю в точке перехода. Может иметь категорию 3, 4 или 5.

**Кабель для шнурков** – предназначен для изготовления их него коммутационных и оконечных шнурков. Электрический кабель для шнурков отличается тем, что его проводники изготавливаются из семи тонких переплетенных медных проволок диаметром примерно по 0,2 мм каждая. Поэтому он характеризуется большим в сравнении с горизонтальным кабелем затуханием. Волоконно-оптических кабелей для шнурков по передаточным параметрам идентичны магистральным кабелям несмотря на повышенную гибкость.

**Кабельная система IBM** – первая универсальная кабельная система, которая была разработана корпорацией IBM в 80-е годы и предназначалась для сетей Token Ring, серверов AS/400, терминалов 3270 и других аналогичных устройств. Кроме того, включала в себя компоненты для передачи телефонных сигналов. Спецификация кабельной части определяла 9 различных типов кабеля, из которых наибольшую популярность получили типы 1 и 6.

**Кабельный сердечник** – совокупность кабельных элементов, обеспечивающих передачу сигналов. В состав конструкции сердечника могут также входить опорные и упрочняющие элементы, элементы защиты от влаги и т.д.

**Кабельный фиксатор** – конструктивный элемент коммутационного оборудования для крепления магистрального или горизонтального кабеля на входе в корпус коммутационного устройства или муфты. Может быть выполнен в виде зажима, защелки, цанги или перфорированной планки под стяжку.

**Кабельный элемент** – минимальная конструктивная единица (например: нара, четверка или отдельное волокно) в кабеле. Кабельный элемент может иметь индивидуальную экранирующую или защитную оболочку.

**Канал** – полный путь по кабельной системе от разъема до разъема между сетевым оборудованием. Включает в себя оконечные шнуры.

**Категория** – классификация пропускной способности отдельных элементов, каналов и линий связи на основе кабелей из витых пар. Номер категории связан с максимальной частотой, до которой производятся нормируются электрические характеристики: категория 3 – до 16 МГц, категория 4 – до 20 МГц и категория 5 – до 100 МГц. Впервые была введена в 1991 году в техническом бюллетене TIA/EIA TSB-36 и заменила классификацию по уровням.

**Квазивторическое покрытие** – разновидность вторичного защитного покрытия световодов. Оно обеспечивает эффективную механическую развязку внешнего слоя и поверхности волокна, что значительно уменьшает потери от микроизгибов. Имеется два варианта квазивторичных покрытий: микромодульная конструкция и двухслойное вторичное защитное покрытие.

**Кварцевый световод** – световод, сердцевина и оболочка которого изготовлены из кварцевого стекла высокой степени очистки с добавками различных легирующих примесей для формирования заданного профиля показателя преломления.

**Класс приложения** – классификация, введенная стандартом ISO/IEC 11801. В зависимости от скоростей обмена информацией по витым парам приложения разделяются на четыре класса: A (до 100 кГц), B (до 1 МГц), C (до 16 МГц) и D (до 100 МГц). Отдельно выделяется оптический класс. Класс А считается низшим, а D – высшим.

**Коаксиальный кабель** – кабель для передачи данных в локальных сетях. Состоит из внутреннего проводника с окружающей его диэлектрической изоляцией и внешнего проводника в виде экрана, на который нанесена полимерная защитная оболочка. Не разрешается действующими и перспективными редакциями стандартов для применения в СКС.

**Кольцевая топология** – сетевая топология в виде кольца, в разрывы которого подключаются сетьевое оборудование. При передаче данных в такой сети они последовательно проходят все или часть станций.

**Комбинированный кабель** – кабель, содержащий одновременно два или более различных типа кабельных элементов для передачи сигналов (например, оптические волокна и витые пары). Эти элементы могут располагаться под общей оболочкой или скрепляться друг с другом иными способами.

**Коммутационная панель** – разновидность коммутационного оборудования.

**Коммутационная полка** – разновидность оптического коммутационного оборудования.

Предназначена для установки в 19-дюймовые монтажные конструктивы при помощи крепежных кронштейнов. Имеет плоскую конструкцию высотой не более 3U. При большем числе разделываемых в ней световодов может быть скомбинирована с полками для хранения сварных сростков и корпусов механических спlices.

**Коммутационное оборудование** – массивное оборудование, расположенное в кроссовых и предназначенное для ручного соединения коммутационными шнурами или перемычками различных сегментов СКС друг с другом и с сетевым оборудованием.

**Коммутационный блок** – базовый конструктивный элемент коммутационной панели, включающий в себя средства для крепления и разделки проводников на контактах разъемных соединителей в составе коммутационной панели.

**Коммутационный шнур** – шнур для выполнения переключений на коммутационном оборудовании в кроссовых.

**Коммутация** – переключение соединений между подсистемами СКС в процессе ее эксплуатации.

**Компонент СКС** – любой функционально законченный элемент кабельной системы, обеспечивающий процесс передачи сигнала. К основным компонентам СКС относятся кабели, информационные розетки, коммутационное оборудование, коммутационные шнуры и перемычки.

**Консолидационная точка** – аналог точки перехода в открытом офисе.

**Контакт 110** – разновидность IDC-контакта с перпендикулярным к оси проводника расположением режущих кромок, в которой не допускается подключение более одного проводника к одному контакту.

**Контакт 66** – разновидность IDC-контакта с перпендикулярным к оси проводника расположением режущих кромок, в которой допускается подключение более одного проводника к одному контакту.

**Контакт KATT** – разновидность IDC-контакта, в которой режущие кромки расположены под углом 45° к оси проводника и перпендикулярны друг другу.

**Контакт LSA-Plus®** – фирменное название контакта Krone.

**Контакт Krone** – разновидность IDC-контакта, в которой режущие кромки расположены под углом 45° к оси проводника и компланарны друг другу.

**Коэффициент широкополосности** – параметр широкополосности световода. Численно равен ширине полосы пропускания световода длиной 1 км. Зависит от рабочей длины волны. Обычно употребляется применительно к многомодовым световодам.

**Крепление в профиль** – крепление монтажной рамки для установки информационной или силовой розетки на короб.

**Крепление вдоль профиля** – крепление монтажной рамки для установки информационной или силовой розетки рядом с коробом.

**Кроссировочный провод** – см. Провод для перемычек.

**Кроссовая** – служебное помещение для размещения коммутационного оборудования СКС, сетевых устройств и других вспомогательных элементов.

**Кроссовая башня** – конструкция из закрепленных на едином металлическом основании (шасси) вертикально расположенных коммутационных блоков типа 110 с разделяющими организаторами. Типовая емкость – 300–500 пар.

**Кроссовая внешних магистралей** – кроссовая, в которую заводятся внешние магистральные кабели СКС, соединяющие ее с кроссовыми зданиями. Может быть совмещена с кроссовой здания.

- Кроссовая здания** – кроссовая, в которую заводятся внутренние магистральные кабели СКС, соединяющие ее с кроссовыми этажей. Может быть совмещена с кросской своего этажа и с кросской внешних магистралей, если они находятся в одном здании.
- Кроссовая панель** – разновидность коммутационного оборудования, разработанная для использования коммутационных шнурков с вилками, отличными от модульных.
- Кроссовая этажа** – кроссовая, в которую заводятся горизонтальные кабели рабочих мест, расположенных на том же самом этаже. Может быть совмещена с кросской здания, если они находятся на одном этаже.
- Линия** – полный путь по кабельной системе между двумя разъемами кросского оборудования. Оконечные шнуры не являются составными частями линии.
- Локальная вычислительная сеть (ЛВС)** – сеть для передачи данных, речи и изображения, находящаяся на географически ограниченной территории.
- Магистральная шина заземления** – элемент телекоммуникационного заземления. Представляет собой изолированные заземляющие проводники, соединяющие пластины заземления в кросовых с главной пластиной заземления.
- Максимальное усилие на растяжение** – параметр, задающий требования к условиям прокладки кабеля. Указывается с учетом минимального радиуса изгиба во время прокладки.
- Материальная дисперсия** – составляющая хроматической дисперсии волоконного световода, обусловленная зависимостью показателя преломления световедущей сердцевины от длины волны.
- Межмагистральная шина заземления** – элемент телекоммуникационного заземления, представляющий собой изолированный заземляющий проводник, который соединяет две или более пластин заземления в кросовых на одном этаже и предназначен для дополнительного выравнивания их потенциалов.
- Межмодовая дисперсия** – дисперсия электромагнитного излучения, возникающая в многомодовых световодах из-за наличия в них большого числа мод.
- Межсоединение** – подключение подсистем СКС друг к другу.
- Механический сплайс** – устройство для неразъемного сращивания двух волоконных световодов без применения сварки. Конструктивно выполнено в виде V-образной канавки или капилляра для центрирования сращиваемых волокон. Позволяет соединять одномодовые и многомодовые световоды с потерями не более 0,2 дБ.
- Микромодульная конструкция** – разновидность квазивторичного защитного покрытия световода. Представляет собой трубку внешним диаметром 0,9 мм и со свободной внутренней укладкой одного световода. Оставшееся свободным внутреннее пространство заполнено гидрофобным гелем. Кабели рассматриваемой конструкции могут служить для организации внешних магистралей небольшой протяженности.
- Мини-кабель** – оптический кабель с одним или двумя световодами в буферном покрытии 0,9 мм, каждый из которых помещен в отдельный шланг. Предназначен для использования в шнурах и выполнения разводки в декоративных защитных коробах.
- Минимальный радиус изгиба** – наименьший радиус, при котором изгиб кабеля не нарушает его электрических или оптических характеристик. Этот параметр нормируется отдельно для условий прокладки и эксплуатации.
- Многомодовый световод** – световод, диаметр сердцевины которого много больше длины волны оптической несущей. Стандартные значения диаметра сердцевины для оптических кабелей СКС составляют 50 и 62,5 мкм. В таком световоде существует около 1500 направляемых мод.

**Многопарный кабель** – кабель, содержащий более четырех витых пар. Обычно применяется в магистральных подсистемах СКС.

**Многопользовательская розетка** – корпус с несколькими розетками, предназначенный для обслуживания группы пользователей в открытом офисе.

**Многопроволочный проводник** – проводник, состоящий из нескольких параллельных между собой тонких проволок. Характеризуется повышенной стойкостью к воздействию изгибающих усилий и применяется в кабелях для шнурков.

**Многоточечное администрирование** – администрирование кабельной системы при ее построении по классической архитектуре иерархической звезды. Для изменения конфигурации в общем случае необходима перекоммутация более чем в одной кроссовой.

**Многоэлементный кабель** – кабель, основу сердечника которого образуют двух- или четырехпарные элементы, аналогичные по конструкции горизонтальному кабелю и снабженные индивидуальной защитной оболочкой. Функционально эквивалентен многопарному кабелю, обычно превосходит его по электрическим характеристикам и механической прочности, однако проигрывает ему по массогабаритным показателям. Применяется в основном в магистральных подсистемах СКС.

**Мода** – электромагнитная световая волна, возникающая в волоконном световоде при попадании излучения внешнего источника на входной торец световода.

**Модуль** – разновидность вторичного защитного покрытия световодов, используемая в магистральных кабелях внешней прокладки. Представляет собой трубку из пластика различной жесткости диаметром порядка 2–3 мм, в которой свободно уложены один или несколько световодов.

**Модульный разъем** – электрический разъем СКС. Состоит из двух частей: вилки и розетки. Такие разъемы различаются по категориям (3, 4 или 5) и могут быть как неэкранированными, так и экранированными. В СКС допускается применение только 8-контактных модульных разъемов. 6-контактную вилку разрешено применять только для подключения сетевого оборудования при условии ее совместимости с 8-контактной розеткой.

**Монолитный проводник** – электрический проводник, содержащий лишь одну проволоку. В отличие от многопроводочного проводника (см.) позволяет минимизировать затухание и поэтому используется в горизонтальных и магистральных кабелях.

**Монтажная коробка** – элемент электрической, оптической или силовой розетки, а также других элементов в кабельном коробе. Представляет собой открытый с лицевой стороны пластмассовый корпус с элементами установки во внутреннюю полость короба, вырезами для ввода кабелей и отверстиями для фиксирующих винтов розеточных лицевых панелей.

**Монтажная рамка** – пластмассовое основание с элементами установки на короб либо на плоскую поверхность и с вырезом под розеточный модуль, который фиксируется в рамке на защелках или винтах и закрывается декоративной лицевой панелью.

**Монтажный шкаф** – закрытый 19-дюймовый конструктив, основу конструкции которого составляет корпус с дверями и монтажные направляющие. Выполняется в настенном или напольном вариантах. Обеспечивает защиту установленного оборудования от несанкционированного доступа и, в некоторых вариантах конструктивного исполнения, эффективное экранирование.

**Монтажный шнур** – отрезок электрического кабеля или волоконного световода (*pig tail*) с установленной на одном конце вилкой разъема.

**Мостовой адаптер** – устройство, содержащее несколько модульных разъемов с запараллеленными одноименными контактами. Обеспечивает параллельное подключение к одному тракту СКС сетевых устройств, работающих по схеме «многоточки».

**Направляемая мода** – мода, распространяющаяся вдоль сердечники световода и обеспечивающая передачу информации.

**Настенная муфта** – разновидность оптического коммутационного оборудования для монтажа на стене. Выполнена в виде коробки с розетками оптических соединителей в боковой стенке. Иногда снабжается защитной крышкой и корпусом повышенной прочности.

**Небалансная передача** – см. Несимметричная цепь.

**Неразъемное соединение** – сращивание или соединение без использования разъемов, обеспечивающее прохождение сигнала между двумя электрическими проводниками (шайба, скрутка, IDC-контакт) или оптическими волокнами (сварка, механические силайсы).

**Несимметричная цепь** – цепь, в которой один из проводников заземляется с одной или двух сторон, а сигналы передаются по остальным проводникам. Очень чувствительна к внешнему ЭМИ. Служит для передачи низкочастотных сигналов на короткие расстояния.

**Некраинированный симметричный кабель** – см. UTP.

**Обжимной инструмент** – ручной инструмент, предназначенный для установки вилок электрических разъемов на кабель методом обжима. Специальные виды обжимных инструментов широко используются также при сборке вилок оптических разъемов.

**Оболочка световода** – покрытие сердцевины световода, изготавливаемое из стекла с меньшим, чем у сердцевины, показателем преломления. Обеспечивает оптическую изоляцию сердцевины и ее механическую защиту.

**Обратная совместимость** – принцип конструирования массивных компонентов СКС. Предполагает полную механическую и логическую идентичность функционально одинаковых элементов различных категорий. За счет этого элементы более высокой категории без каких-либо ограничений могут быть включены в СКС более низкой категории.

**Обращенный оконечный шнур** – оконечный шнур, в котором подключение проводников к контактам второй вилки производится в порядке, обратном порядку подключения в первой вилке.

**Одномодовое волокно** – световод, диаметр сердцевины которого (7–10 мкм) соизмерим с длиной волны оптической несущей. В таком волокне существует только одна направляемая мода. Существенно превосходит многомодовые волокна по широкополосности и потерям, однако работа с ним требует более сложного и дорогостоящего технологического оборудования.

**Одноточечное администрирование** – администрирование такой кабельной системы, которая имеет прямое соединение всех информационных розеток рабочих мест с единственной кроссовой. Изменение конфигурации СКС производится перекоммутацией только в этой кроссовой.

**Окна прозрачности** – области длин волн, в пределах которых достигается минимальное затухание оптического сигнала при его распространении по световоду.

**Оконечный шнур** – шнур для подключения к кабельной системе сетевого оборудования. Применяется на рабочих местах и в кроссовых.

**Организатор** – устройство для укладки избытка длины кабелей, монтажных и коммутационных шнуров, а также отдельных световодов оптического кабеля, защитных гильз сварных соединений и корпусов механических силайсов. Обеспечивает фиксацию перечисленных элементов в рабочем положении, соблюдение заданных радиусов изгиба и величин сдавливающих и растягивающих механических воздействий.

**Организатор неразъемных соединителей** – конструктивный элемент оптического коммутационного оборудования для крепления трубок защитных гильз сварных соединений волокон или корпусов механических силайсов.

**Организатор световодов** – конструктивный элемент оптического коммутационного оборудования для хранения технологического запаса длины волокон с соблюдением минимально допустимого радиуса изгиба. Конструктивно может быть выполнен в виде

барабана с боковыми лепестками, поддона с загнутыми вверх краями или отдельных разрезных колец.

**Открытая стойка** – открытое 19-дюймовое монтажное оборудование, конструкция которого базируется на основании и одном или двух вертикальных рядах монтажных направляющих. Обеспечивает компактное и удобное в обслуживании размещение различных видов оборудования в кроссовых, аппаратных и других служебных помещениях с ограниченным доступом посторонних лиц.

**Открытый офис** – рабочее помещение большой площади, разделенное на самостоятельные секции специализированной мебелью или легкими некапитальными перегородками.

**Пара** – два служащих для передачи электрических сигналов параллельных или диаметрально противоположных проводника в четверке.

**Пассивная коммутационная панель** – схема одноточечного администрирования с межсоединением, основанная на доведении оптического кабеля до рабочего места, при которой до КЭ проложен магистральный кабель, а дальнейшая разводка выполнена горизонтальным кабелем, который подключен к магистральному обычным коммутационным шнуром. Максимальное расстояние от информационной розетки до КЭ в рассматриваемом варианте составляет 90 м. Это позволяет сохранить преемственность в отношении горизонтальной проводки и обеспечивает легкость возврата к стандартной двухуровневой топологии. Максимальная длина канала с межсоединением выбрана равной 300 м.

**Первичное защитное покрытие** – защитное покрытие световода из эноксиакрилата внешним диаметром  $250 \pm 15$  мкм, которое наносится на лакированную поверхность оболочки световода.

**Первичные параметры витой пары** – набор параметров электрической модели витой пары (сопротивление и индуктивность проводников, емкость и проводимость изоляции), который полностью характеризует ее электрические свойства. Позволяют рассчитать остальные параметры и широко используются при теоретическом анализе линий связи.

**Перемычка** – отрезок витой пары (чаще всего без внешней оболочки) для коммутации в кроссовых.

**Переходное затухание** – разность уровней передаваемого сигнала и создаваемой им переходной помехи на соседней паре.

**Переходное затухание на ближнем конце соседней пары** – см. NEXT.

**Переходное затухание на дальнем конце соседней пары** – см. FEXT.

**Переходные наводки** – частотнозависимое влияние двух соседних пар проводников друг на друга. Вызывается в первую очередь наличием между ними емкостной связи. В симметричных кабелях для снижения величины переходных наводок применяется скрутка пар с различным шагом и индивидуальная экранировка каждой пары.

**Переходные помехи** – см. Переходные наводки.

**Пластина заземления** – элемент телекоммуникационного заземления, представляющий собой металлическую пластину с винтовыми соединениями и расположенный в кроссовой или в аппаратной. К пластине подключаются магистральная и межмагистральные шины заземления и заземляющие проводники сетевого оборудования.

**Пленочный экран** – экран в виде намотанной на кабельный элемент металлизированной алюминием тонкой полимерной пленки (фольги). Металлизированная сторона может быть ориентирована как внутрь, так и наружу. Края фольги складываются друг на друга с нахлестом или соединяются продольным швом типа кровельного. Пленочный экран применяется для экранирования отдельных пар и в качестве общего внешнего экрана. Хорошо защищает кабель от высокочастотных помех.

**Поверхностный эффект** – эффект вытеснения тока к поверхности проводников витых пар с ростом частоты, что приводит к уменьшению эффективного сечения проводника и к увеличению его активного сопротивления.

**Подрозетник** – см. Монтажная коробка.

**Подсистема внешних магистралей** – подсистема СКС между зданиями. Соединяет кроссовую внешних магистралей с кроссовыми зданий.

**Подсистема внутренних магистралей** – Подсистема СКС, обеспечивающая связь между кроссовой здания и кроссовыми этажей.

**Полнодуплексная передача** – одновременная передача и прием сигналов по линии связи в двух направлениях.

**Полное внутреннее отражение** – эффект, которыйложен в основу передачи оптического излучения по световоду. Имеет место для всех углов падения, которые превышают предельный угол полного внутреннего отражения. В этом случае имеется только отражение, а преломленная волна отсутствует.

**Полудуплексная передача** – поочередная передача и прием сигналов по линии связи в двух направлениях.

**Потери на поглощение** – затухание сигнала при распространении по световоду, обусловленное поглощением его энергии в материале сердцевины.

**Потери на рассеяние** – затухание сигнала при распространении по световоду, обусловленное рассеянием света в материале сердцевины.

**Предельный угол полного внутреннего отражения** – угол падения, при котором преломленный луч начинает скользить по границе раздела двух сред без перехода в оптически более плотную среду.

**Претерминированная панель** – конструкция из одного или нескольких коммутационных блоков 110 или 66 с предварительно разделанными многоармиями кабелями, на другом конце которых установлена вилка или розетка разъема TELCO. Обеспечивает сокращение времени монтажа СКС.

**Претерминированная сборка** – конструкция для организации линии связи небольшой протяженности без монтажа разъемов на объекте. Представляет собой отрезок кабеля, на котором заводским способом установлены вилки или розетки разъемов, защищенные специальной оконечной арматурой в виде герметичного наконечника из металлической или пластмассовой трубы. Чаще всего претерминированные сборки применяются для создания линий оптической связи.

**Приложение** – любая телекоммуникационная система с соответствующим сетевым оборудованием, в которой для обмена информацией служат каналы СКС.

**Провод для перемычек** – представляет собой одну или несколько неэкранированных витых пар, обычно категории 3, без внешней защитной оболочки. Используется на коммутационных панелях типа 66 с контактами типа IDC 66.

**Производительность компонента или линии связи** – способность электрического или оптического компонента (линии связи) передавать сигнал на заданных частотах с заданным качеством.

**Промежуточная муфта** – устройство, в котором выполняется сращивание строительных длии кабелей внешней прокладки подсистемы внешних магистралей. Обычно имеет вид цилиндра или параллелепипеда со скругленными гранями. Снабжается элементами восстановления непрерывности упрочняющих покровов и специальными организаторами для укладки структов и технологического запаса длины жил или световодов. Герметизируется механическим, термическим или иным способом. В зависимости от количества и расположения вводов различают прямые, туниковые, разветвительные и проходные промежуточные муфты.

**Профиль показателя преломления** – функция изменения показателя преломления сердцевины световода по сечению от оси к периферии.

**Проходная схема** – схема одноточечного администрирования без межсоединения, основанная на доведении оптического кабеля от КЗ непосредственно до рабочего места

транзитом через КЭ. Максимальное расстояние от информационной розетки до КЭ в рассматриваемом варианте составляет 90 м. Это позволяет сохранить преемственность в отношении горизонтальной проводки и обеспечивает легкость возврата к стандартной двухуровневой топологии. Максимальная длина канала выбрана равной 300 м. В КЭ рекомендуется выделять место для хранения свернутого в бухты запаса кабелей.

**Проходной адаптер** – см. Г-адаптер.

**Прямой оконечный шнур** – оконечный шнур с двумя вилками модульных разъемов, в котором проводники кабеля соединяют одноименные контакты вилок.

**Рабочее место** – место расположения сетевого оборудования пользователей (персонального компьютера, телефона) в офисном помещении. Иногда на рабочих местах устанавливается оборудование коллективного пользования (сетевой принтер, факс и т.д.).

**Разветвительный шнур** – специальный многоармийский оконечный шнур, состоящий из вилки или розетки разъема TELCO, на которой разделаны шесть 4-парных кабелей с установленными на втором конце модульными вилками.

**Разрывная нить** – прочная нить, помещаемая под внешнюю защитную оболочку кабеля, которая при вытягивании делает на оболочке продольный разрез, открывая доступ к элементам кабельного сердечника. Применяется в основном в магистральных кабелях внешней прокладки.

**Разъем** – оптический или электрический разъемный соединитель, позволяющий выполнять многократное подключение и отключение оптических волокон или витых пар. Разъемы различаются размерами, формой, принципами фиксации вилки в розетке в рабочем положении, количеством сращиваемых проводников или световодов. Обеспечивают несколько сотен циклов включения и отключения без ухудшения эксплуатационных параметров.

**Разъем FC** – оптический разъем, применяемый в основном в одномодовых системах. Розетка этого разъема выпускается в двух вариантах: типа SF с квадратным фланцем и с креплением двумя винтами и типа RF с круглым фланцем и креплением под гайку.

**Разъем MIC** – см. MIC.

**Разъем SC** – оптический разъем, который определен действующими редакциями стандартов как основной тип разъема для применения в СКС. Может быть выполнен в одинарном и двойном (дуплексном) вариантах.

**Разъем SMA** – оптический разъем с металлическим наконечником, в котором крепление вилки к розетке осуществляется шестигранной или (реже) круглой накидной гайкой. В настоящее время считается устаревшим.

**Разъем ST** – оптический разъем для фиксации вилки в розетке подпружиненным байонетным элементом. В стандартах по СКС его иногда называют разъемом типа БФОС (от англ. buonet fiber optic connector).

**Разъем TELCO** – разъем для электрических кабелей с двумя параллельными рядами по 25 контактов, позволяющий соединять большое количество контактов при недостатке места.

**Разъем типа 110** – разъем для коммутационного оборудования. Состоит из вилки и линейки, которая после установки на нее соединительного блока 110C выполняет функции розетки. Контакты вилки представляют собой перпендикулярные плоскости корпуса металлические пластины, входящие в зазор между контактами на линейке. Вилки разъема 110 бывают на одну, две, три и четыре пары.

**Розетка мультимедиа** – корпус с посадочными местами под электрические и оптические розетки различных типов. Обязательно снабжен встроенным организатором световодов.

**Розетка разъема** – часть разъема с гнездом, в которое вставляется вилка.

**Розеточный модуль** – конструктивный элемент, состоящий из гнезда 8-контактного модульного разъема и оконцевателя. Оконцеватель, основным назначением которого является подключение проводников витых пар, обычно реализуется в виде набора IDC-контактов.

**Сварка** – технология неразъемного сращивания волоконных световодов, основанная на расплавлении их концов электрической дугой с последующим сведением и слиянием. Обеспечивает наилучшие характеристики соединения по вносимым потерям и стабильности. Требует использования прецизионного технологического оборудования и применяется в случае больших объемов работ в оптической подсистеме СКС.

**Световод** – тонкое волокно цилиндрической формы из кварцевого стекла, по которому передается электромагнитное излучение видимого или ближнего инфракрасного диапазона для связи.

**Сдвоенный кабель** – два одинаковых или (реже) разных горизонтальных кабельных элемента, связанные в единое целое узкой перемычкой или общей оболочкой и облегчающие создание двухногтевых рабочих мест в процессе строительства СКС.

**Серверная** – помещение, специально предназначенное для размещения центрального оборудования ЛВС – серверов, коммутаторов, средств резервного архивирования данных и др.

**Сердцевина** – светопроводящая часть волоконного световода со средним значением показателя преломления, превышающим показатель преломления отражающей оболочки.

**Сетевое оборудование** – активное приемо-передающее оборудование, позволяющее производить обмен информацией любого вида (данными, звуком, видео). Обеспечивает работу сети того или другого протокола, например Token Ring, Ethernet, ATM и т.д.

**Сиамский кабель** – см. Сдвоенный кабель.

**Симметричная цепь** – цепь, оба проводника которой имеют одинаковую конструкцию и электрические параметры. В подавляющем большинстве случаев строится с применением согласующих трансформаторов, что дополнительно обеспечивает гальваническую развязку. Значительно устойчивее к внешнему ЭМИ, чем несимметричные цепи, и сама почти не излучает. По сравнению с несимметричной цепью обладает существенно большей широкополосностью, поэтому массово используется для построения СКС.

**Симметричный кабель** – кабель, содержащий один или несколько симметричных кабельных элементов – витых пар или четверок.

**Симплексная передача** – передача сигналов по линии связи только в одном направлении.

**Система подключения сетевого оборудования** – совокупность оконечных шнуров и адаптеров для подключения сетевого оборудования к СКС. В простейшем случае состоит только из оконечного шнура. Не стандартизируется ISO/IEC 11801 и TIA/EIA-568-А и не является частью СКС.

**Скремблер** – функциональный блок, который обрабатывает сформированный код перед его передачей с целью уменьшения вероятности появления длинных последовательностей одинаковых знаков и перемешивает спектральные составляющие сигнала. Применение скремблирования позволяет увеличить устойчивость синхронизации главным образом высокоскоростных интерфейсов. Реализуется в программном и аппаратном виде. Всегда работает в паре с дескремблером (см.), который монтируется в приемнике.

**Слот** – прямоугольный проем в межэтажном перекрытии с бортиком. Выполняет функции стояка для магистральных кабелей.

**Соединительный блок** – конструктивный элемент коммутационной панели типа 110, обеспечивающий выполнение электрического контакта с проводниками кабеля и доступ к ним для осуществления коммутации.

**Соединительный модуль** – устройство для сращивания двух концов горизонтальных кабелей. Позволяет удлинить 4-парный кабель или срастить концы поврежденного кабеля без прокладки нового сегмента. Используется при ремонтных работах для быстрого восстановления связи и в виде элемента при организации точки перехода.

**Сопротивление изоляции** – сопротивление изоляционного материала жил и оболочки кабеля электрическому току. Зависит в основном от свойств материала и – в меньшей степени – от толщины.

**Спаренный кабель** – см. Сдвоенный кабель.

**Сплайс-пластина** – конструктивный элемент оптического коммутационного оборудования, в котором организаторы световодов и неразъемных соединителей составляют одну конструкцию.

**Сплиттер (splitter)** – см. Y-адаптер.

**Сращивание** – неразъемное соединение витых пар или световодов.

**Стояк** – вертикальный канал для прокладки кабелей, обслуживающих расположенные друг над другом этажи.

**Структуризация СКС** – принцип построения кабельной системы, заключающийся в разбиении ее на функциональные подсистемы со стандартизованными интерфейсами для связи друг с другом и с сетевым оборудованием.

**Структурированная кабельная система (СКС)** – кабельная система, спроектированная и смонтированная в соответствии с требованиями стандартов ISO/IEC 11801, TIA/EIA-568-А и других. Основными признаками СКС являются структуризация, универсальность и избыточность.

**Структурные возвратные потери** – отражения сигнала, возникающие из-за неоднородности сопротивления среды. Зависят от частоты, приводят к искажениям передаваемого сигнала и контролируются стандартами.

**Ступенчатый световод** – световод, в котором показатель преломления сердцевины остается постоянным вдоль ее радиуса.

**Суммарная мощность переходных наводок** – сумма мощностей переходных наводок на ближнем конце от всех соседних пар в кабеле.

**Схема ответвления** – схема одноточечного администрирования с межсоединением, основанная на доведении оптического кабеля до рабочего места, при которой до КЭ прокладывается магистральный кабель, а дальнейшая разводка выполняется горизонтальным кабелем, присоединенным к магистральному неразъемному соединителем. Максимальная длина канала с межсоединением выбрана равной 300 м.

**Телекоммуникации** – отрасль техники, связанная с передачей и приемом сигналов любого вида (символов, знаков, текстов, изображений и звуков) по любым линиям связи (кабелям, радиосвязи, оптическим системам и др.).

**Телекоммуникационное заземление** – см. Заземление.

**Терминирование кабеля** – процедура монтажа кабеля на разъеме.

**Техническое помещение СКС** – служебное помещение, отвечающее определенным требованиям по габаритам, климатическим и другим условиям, оборудованное системами вентиляции, энергоснабжения и связи. Предназначено для установки коммутационного и сетевого оборудования. Выделяют кроссовые различного вида и аппаратные.

**Топология** – конфигурация сети. Наиболее распространены шинная, кольцевая и звездообразная. Различают физическую и логическую топологии. Одна сеть может иметь разные виды физической и логической топологии.

**Точка перехода (Transition Point, TP)** – устройство горизонтальной подсистемы, в котором выполняется соединение двух кабелей разных типов (например, круглого кабеля с плоским) или разветвление многошарнирного кабеля на несколько 4-парных. В точке перехода запрещается подключение сетевого оборудования и выполнение переключений.

**T-переходник** – адаптер, осуществляющий изменение схемы подключения модульного разъема, например с T568A на USOC.

**Трансивер** – устройство для передачи и приема сигнала между двумя физически разными средами систем связи.

**Трубчатый контакт** – разновидность IDC-контакта; выполнен в виде разрезной гильзы с режущими ножами на кромках паза. Находит ограниченное применение в розетках категории 3 при полевом монтаже.

**Ударный инструмент** – инструмент для монтажа проводов витых пар на IDC-контактах. Выполняется в однопроводном и пятипарном вариантах. Усилие заделки создается внутренним подпружиненным ударником. Рабочий орган инструмента снабжен резаком для удаления излишка проводников при монтаже. Пятипарный инструмент используется также в процессе установки соединительных блоков разъемов типа 110.

**Узел связи** – помещение, специально предназначеннное для размещения АТС и другого сетевого оборудования, которое обеспечивает функционирование внешних телекоммуникаций.

**Универсальность СКС** – свойство кабельной системы, которое заключается в том, что она изначально строится не под какое-либо конкретное сетевое приложение, а на принципах открытой архитектуры с заданным и зафиксированным в стандартах набором основных технических характеристик. Подавляющее большинство современных сетевых приложений разрабатываются таким образом, чтобы поддерживать эти стандарты.

**Уровень кабеля** – терминология, введенная Underwriters Laboratories (UL) совместно с фирмой Anixter в 1989 году для классификации кабелей из витых пар. Уровни подразделяются в зависимости от верхней частоты передаваемых сигналов: уровень 1 не специфицирован, уровень 2 – до 1 МГц, уровень 3 – до 16 МГц, уровень 4 – до 20 МГц и уровень 5 – до 100 МГц. В настоящее время классификацию по уровням заменила классификация по категориям.

**Уровень сигнала** – логарифм отношения значений мощности или напряжения в рассматриваемой точке к значениям мощности или напряжения в точке цепи, выбранной для сравнения.

**Форм-фактор** – обобщающий параметр, характеризующий форму и геометрические размеры посадочного гнеда под розетку разъемов различных типов, в том числе оптических и электрических. Требование равенства форм-фактора является необходимым условием обеспечения универсальности СКС.

**Хвостовик** – упругая трубка, ограничивающая изгиб кабеля в месте входа в вилку разъема. Для увеличения гибкости часто снабжается системой прорезей. Является стандартным элементом оптических разъемов и часто применяется в электрических разъемах. Иногда дополнительно выполняет функции элемента цветовой маркировки шнуров.

**Хроматическая дисперсия** – дисперсия электромагнитного излучения, возникающая из-за ненулевой ширины спектра оптической несущей выходного сигнала передатчика.

**Цветовая кодировка** – см. Цветовая маркировка.

**Цветовая маркировка** – применяется в качестве механизма идентификации витых пар и их проводников в электрических кабелях и волоконных световодов в оптических. Правила цветовой маркировки на основе двенадцати основных маркирующих цветов определяют стандарты IEC 708-1 и TIA/EIA-598.

**Централизованное администрирование** – см. Одноточечное администрирование.

**Частота** – число колебаний в единицу времени, чаще всего в секунду. Задается в герцах.

**Четверка (Quad, Star Quad)** – элемент кабельного сердечника, состоящий из четырех изолированных проводников, перевитых вместе. Для минимизации величины переходных помех в пары одной четверки всегда входят два взаимно противоположных проводника.

**Числовая апертура** – синус апертурного угла. Применение этого параметра позволяет существенно упростить некоторые теоретические и инженерные расчеты.

**Шаг скрутки** – расстояние, на котором два проводника витой пары совершают полный оборот вокруг друг друга.

**Шестиугольная диаграмма** – диаграмма показателя NEXT для 4-парного кабеля и разъема, а также линий связи на их основе. Выполнена в виде шести осей (по одной для каждой из возможных комбинаций взаимодействующих пар), по которым откладываются задаваемые стандартом и фактические величины переходного затухания. Является наглядным свидетельством качества выполнения монтажа и возможных запасов по величине переходной помехи.

**Шина подключения к основной системе заземления** – элемент телекоммуникационного заземления, представляющий собой заземляющий проводник, который соединяет главную пластину заземления с основной системой заземления здания.

**Шинная топология** – сетевая топология с общей физической средой передачи в виде шины, к которой подключено сетевое оборудование.

**Шнур** – отрезок кабеля с вилками оконечных разъемов.

**Штекерный наконечник** – элемент оптического разъема. Имеет форму цилиндра или параллелепипеда со скругленными гранями. Служит для фиксации концевых участков сращиваемых волокон и их юстировки. Изготавливается из керамики, металла, стекла или пластмассы.

**Экран** – электрически проводящая защитная оболочка, окружающая электропроводящую среду. Применение экрана уменьшает электромагнитное влияние на соседние проводники и увеличивает устойчивость кабелей к воздействию внешних электромагнитных полей. Экраны делаются на иллюзорные и имеющие вид оплетки.

**Экран из оплетки** – внешний экран, выполненный в виде оплетки из оцинкованной или луженой медной проволоки. Может характеризоваться различной плотностью, которая указывается в его технических данных. Хорошо защищает кабель от низкочастотных помех и придает ему дополнительную механическую прочность.

**Экранированный симметричный кабель** – см. STP, S/STP и S/UTP.

**Эксцентрикитет сердцевины** – смещение центра сердцевины световода относительно центра оболочки. Является одной из причин затухания в оптических разъемах.

**Электромагнитная совместимость** – способность электронного устройства, оборудования или иной системы функционировать в условиях воздействия внешнего электромагнитного излучения, создаваемого другими устройствами и системами, и не порождать при этом электромагнитных помех.

**Элементарный пучок** – сборка из нескольких кабельных элементов одного типа и категории. Может иметь экранирующую оболочку. В виде элементарного пучка выполняется связка электрического многопарного кабеля.

**Эллиптичность сердцевины** – отклонение формы сечения сердцевины световода от круга. Является одной из причин затухания в оптических разъемах.

**Эффект близости** – эффект вытеснения переменного тока к обращенным друг к другу поверхностям проводников витой пары, что приводит к уменьшению эффективного сечения проводника и увеличению его активного сопротивления. С ростом частоты проявляется сильнее.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Смирнов И. Г. Структурированные кабельные системы. – М.: Эко-Трендз, 1998. – 178 с.
2. Воловодов А. А. Открытые системы – частные термины (Предисловие к словарю по СКС) // Сети и системы связи, 1999, № 15 (49). – С. 29–37.
3. Воловодов А. А. Словарь терминов СКС // Сети и системы связи, 1999, № 16 (50). – С. 32–39.
4. Гальперович Д. Словарь-справочник по структурированным кабельным системам // LAN. Журнал сетевых решений, 2000, т. 6, № 5. – С. 77–85.
5. Алексеев Е. С., Мячев А. А. Англо-русский толковый словарь по системотехнике ЭВМ для пользователей ПЭВМ. – М.: Финансы и статистика, 1993. – 256 с.
6. Дайсон П. Словарь по современным сетевым технологиям. – Киев: ТОО «Комиздат», 1997. – 320 с.
7. Семенов А. Б. Волоконная оптика в локальных и корпоративных сетях связи. – М.: КомпьютерПресс, 1998. – 320 с.
8. The Siemon Company. 1996 Catalog. – Каталог фирмы Siemon, 1996. – 182 р.
9. Семенов А. Б., Стрижаков С. К., Самарский П. А. Структурированная кабельная система Айти-СКС. – Айти, 1998. – 135 с.
10. [www.microtest.com](http://www.microtest.com)
11. EIA/TIA-569 Commercial Building Standard for Telecommunication Pathways and Spaces. October 1990. – 110 р.
12. Alcatel Cabling Systems. Фирменный материал компании Alcatel, 1998. – 170 р.
13. Флэтман А. Эволюция кабельных стандартов // Сети и системы связи, 2000, № 7. – С. 26–31.
14. TSB-36. Technical Systems Bulletin. Additional Cable Specifications for Unshielded Twisted Pair Cables. – 5 р.
15. TIA/EIA TSB-40 Additional Transmission Specification for Unshielded Twisted Pair Connecting Hardware. – 18 р.
16. TIA/EIA-606 Administration Standard for Telecommunications Infrastructure of Commercial Buildings, February 1993. – 81 р.
17. ISO/IEC 14763-1:1999 (E). Information Technology – Implementation and Operation of Customer Premises Cabling. Part 1: Administration. – 18 р.
18. CEI/IEC 61935-1:2000 (E). Generic cabling systems – Specification for the testing of balanced communication cabling in accordance with ISO/IEC 11801. Part 1: Installed cabling. – 121 р.
19. ISO/IEC TR 14763-3:2000 (E). Information technology – Implementation and operation of customer premises cabling. Part 3: Testing of optical fiber cabling. – 9 р.
20. ISO/IEC TR 14763-2 (E). Information technology – Implementation and operation of customer premises cabling. Part 2: Planning and Installation.
21. Systimax. Structured Cabling Systems. Product Guide. Spring 1996. – 184 р.
22. [www.siemon.com/references/tech](http://www.siemon.com/references/tech)
23. TIA/EIA TSB-75 Additional Horizontal Cabling Practices For Open Offices, August 1996.
24. TIA/EIA TSB-72 Centralized Optical Fiber Cabling Guidelines, October 1995.
25. Локальная сеть на волоконной оптике. Проспект фирмы Corning.

26. PremiseNET. Premises Networks Product Catalogue. Issue 4. Каталог фирмы Krone, 2000. – 150 р.
27. Гайдук С. К. Какую из предлагаемых СКС выбрать? // Вестник связи, 2000, № 5. – С. 57–59.
28. Авдуевский А. В. СКС с высоты итальянского полета // LAN Magazine. Русское издание, 1998, № 6. – С. 55–66.
29. Гроднев И. И., Верник С. М., Кочановский Л. Н. Линии связи. – М.: Радио и связь, 1995. – 488 с.
30. Weidhaus W. Symmetrische Kabel für zukunftssichere Datennetze. – Renningen-Malmsheim: Expert Verlag, 1996. – 124 S.
31. ГОСТ 27893-88 (CT СЭВ 1101-87). Кабели связи. Методы испытаний. – Издательство стандартов, 1989. – 24 с.
32. A Division of Cable Design Technologies. Master Catalog. Mohawk/CDT. – 60 р.
33. International Standard ISO/IEC 11801 Information Technology – Generic Cabling for Customer Premises. – 1995. – 104 р.
34. Гальперович Д. Я. Горизонтальная проводка категории 5 // LAN Magazine. Русское издание, 1996, т. 2, № 8.
35. Deutsch B., Mohr S., Roller A., Rost H. Elektrische Nachrichtenkabel. Grundlagen, Kabeltechnik, Kabelanlagen. – Мюнхен: Publicis MCD Verlag, 1998. – 225 S.
36. Дрейе Х. В поисках нового кабельного тестера // LAN Magazine. Русское издание, 1998, т. 4, № 9. – С. 57–62.
37. Прудон Д. Кабельные системы для скоростной передачи данных // Сети и системы связи, 1998, № 5. – С. 44–48.
38. Кенни Б. Возвращение к основам // LAN. Журнал сетевых решений, 1999, т. 5, № 10. – С. 59–68.
39. Грин Д., Воловодов А. А. Межкабельные наводки // Сети и системы связи, 2000, № 3 (53). – С. 40–47.
40. Смирнов И. Г. Распространение сигналов: задержка прохождения и смещение задержки // Вестник связи, 1998, № 8. – С. 39–40.
41. [www.molexpl.com.pl](http://www.molexpl.com.pl)
42. The Siemon Company. Copper and Fiber Optic Cable Catalog. – Каталог фирмы Siemon, 1999. – 38 р.
43. Семенов А., Самарский П. Обновление международных стандартов на структурированные кабельные системы и перспективы их развития. – LAN Magazine. Журнал сетевых решений, июнь 2001. – С. 63–72.
44. И. И. Гроднев, А. Г. Мурадян, Р. М. Шарафутдинов и др. Волоконно-оптические системы передачи и кабели. Справочник. – М.: Радио и связь. 1993. – 264 с.
45. Neues von GIGABIT ETHERNET IEEE 802.3ab. – [www.lucent.com.netsys/systimax](http://www.lucent.com.netsys/systimax)
46. Kemmler W. 1000 Mbit/s auf UTP-Kupferkabel. Teil 2: Kodierung, Kabel und Kompen-sationen. – Technik News, Februar 2000, Ausgabe 02/2000. – S. 64–67.
47. Воловодов А. А. От тактовой частоты до информационной магистрали // Сети и системы связи, 1999, № 9. – С. 13–17.
48. Ганьжа Д. Как работает FC-AL // LAN. Журнал сетевых решений, 2000, т. 6, № 1. – С. 19–21.
49. FutureCom E. Class E (2001). Cabling System Cat. 6. Issue 2001. Corning Cable Systems. System Catalog. – Каталог фирмы Corning. 2001. – 46 р.
50. Uninet. Data Cables Satisfying Highest Demands. – Каталог фирмы Datwyler, December 1999. – 58 р.

51. Datenkabel. – Каталог фирмы Draka Multimedia Cable, 2001. – 16 S.
52. Руководство по кабельным системам. Московское представительство TRALE Ltd, 2001. – 144 с.
53. LAN. Журнал сетевых решений, 1998, т. 4, № 6. – С. 12–17.
54. Link Performance Definitions. – В сб.: Cabling Vision. Alcatel Cabling Systems, International Newsletter, September 1998. – P. 39–44.
55. Data Cable LANmark Category 6 UTP, 4 Pair Horizontal Cable. – Проспект фирмы Alcatel. – 4 p.
56. NetConnect. Open Wiring System. – Каталог фирмы AMP. – 274 p.
57. Belden. Master Catalog. – Каталог фирмы Belden, 1997. – 388 p.
58. Copper Data Cables. – Проспект фирмы Pirelli, Milano, 1998. – 16 p.
59. Fiber Optic Cables and Copper Data Cables. – Каталог фирмы BICC Brand-Rex, 1999. – 32 p.
60. Automation and Data Cables. – Каталог фирмы NK Cables, 1999. – 52 p.
61. Structured Cabling Systems 2000. – Каталог фирмы Elgadphon, 2000. – 136 p.
62. PCnet Network Cable. – Проспект фирмы Pun Chang wire & Cable Co – 12 p.
63. Systimax SCS GigaSPEED Copper Cable. Lightspeed Performance Over Copper Cable. – Проспект фирмы Lucent Technologies. – 5 p.
64. Belden Master Catalog. – Каталог фирмы Belden, 1998. – 358 p.
65. Dittrich J., Thienen U. Moderne Datenverkabelung. – Bonn: Datakom, 1998. – 517 S.
66. [www.teldor.com/products/hi-giga.htm](http://www.teldor.com/products/hi-giga.htm)
67. Boothroyd D. Hybrid Cable Lives Up to a Mixed Reputation. – Cabling Installation & Maintenance Europe, May/June 2000, pp. 9–10.
68. Corning Cable Systems LANscape. Design Guide. Release 4. 1-800-743-2671. – 143 p.
69. Техническая информация и руководство по применению. – Каталог фирмы Krone, 1998.
70. Kish P. Hardware and Category 6 Backward-Compatibility. – Cabling Installation & Maintenance, 1999, June. – P. 53–58.
71. International Standard IEC 603-7. Connectors for Frequencies Below 3 MHz for Use with Printed Boards. Part 7: Detail Specification for Connectors, 8-way, Including Fixed and Free Connectors with Common Mating Features, with Assessed Quality. Second edition 1996/11. – 101 p.
72. Category 5e. Networking & Communication Cabling Accessories 2000–2001. – Каталог фирмы Hsing Chan Industrial, 1999. – 76 p.
73. Product Guide. Spring/Summer 1999. – Каталог фирмы Molex, 1999. – 80 p.
74. Abrams M. IDC blocks connect point A to point B. – Cabling Installation & Maintenance Europe. May/June 2001, pp. 19–20.
75. Авдуевский А. В. Новые предложения по разъемам категории 7 // LAN. Журнал сетевых решений, 1999, т. 5, № 1. – С. 6.
76. The Siemon Company. Catalog 1999. – Каталог фирмы Siemon, 1999. – 346 p.
77. Technical Specification for Structured Cabling Systems: UTP Cat 5/Class D. – Фирменный материал компании Reichle & De Massari. – 21 p.
78. Superior Modular Product. – Каталог компании Superior, 1998. – 116 p.
79. Daten- und Telekommunikation. – Каталог фирмы Telegartner, 1998/1999. – 204 S.
80. FMT. – Каталог фирмы FMT Fernmeldetechnik Produktions GmbH, 1999. – 124 S.
81. V.D.I. Guide. – Каталог фирмы Legrand. – 98 p.
82. Produkt Katalog 1999. – Каталог фирмы Telesafe. – 16 S.
83. Catalog 2000. – Каталог фирмы Digital Data Communication, 2000. – 152 S.

84. Gerschau L. Strukturierte Verkabelung. – Bergheim: DATAKOM, 1995. – 276 S.
85. Systemlosungen für Netzwerke und Komponenten. – Каталог фирмы Ackermann, 1999. – 98 S.
86. Pre-configured networking center. – Cabling Product News, June 2001, pp. 1, 3.
87. Электромонтажная система FrontLine и ее компоненты. Техническая информация 2000:10. – Каталог фирмы Thorsman, 2000. – 92 с.
88. Debiec T., Wagner M. Hybrid Fiber-Optic Cable Gets High Marks on Campus. – Cabling Installation & Maintenance, 1997, April, pp. 27–32.
89. Акснед Д. Кабельная альтернатива // Сети, 2000, № 5. – С. 65–67.
90. Шарле Д. Л. Оптические кабели российского производства. – Вестник связи, 2000, №9 – С. 68–77.
91. Волоконно-оптические кабели. Информация о продукции. Каталог фирмы Ericsson Cables AB, 1998. – 60 с.
92. Убайдуллаев Р. Р. Волоконно-оптические сети. – М.: Эко-Трендз, 1998. – 268 с.
93. Мальке Г., Гессинг П. Волоконно-оптические кабели. – Новосибирск: Издатель, 1997. – 264 с.
94. Chomycz B. Fiber Optic Installation. – McGraw-Hill, 1996. – 234 p.
95. Оптические коннекторы. – Проспект фирмы Diamond. 1998. – 4 с.
96. Optical Fiber Connectors LGC, LGA Series. – Каталог фирмы Honda Tsushu Kogyo Co, 1999. – 62 р.
97. Wrobel C. P. Optische Übertragungstechnik in der Praxis. – 2. Überarbeitete und Erweiterte Auflag. – Heidelberg: Huthig Verlag, 1998. – 295 S.
98. Хэбер Л. Кабельные системы становятся быстрее // Сети и системы связи, № 5 (55), 24 апреля 2000 г. – С. 22–25.
99. Иванов П. Обновленный облик кабельных систем // Сети, 2000, Февраль (2). – С. 44–47.
100. Shin'ichi Iwano MU Fiber-Optic Connector System. – Lightwave, October 1988, pp. 55–62.
101. Panduit Communication Product. – Каталог фирмы Panduit, 1998. – 256 p.
102. Kilmer J. P. Connectors Evolve for the Premise Market. – Lightwave, May 1998, pp. 39–42.
103. Telecommunication Products. PD Telecom Rev. 4. – Каталог фирмы HellermannTyton, 1999. – 94 p.
104. Кошон Ж. Ф. Модульные компоненты упрощают монтаж оптической кабельной системы // Сети и системы связи, 1999, № 7. – С. 16–20.
105. Shin'inchi Iwano, Shin Sumida. Progress in MU connector technology. – Lightwave, December 2000, pp. 138–142.
106. Бердичевский М. Стандартные типоразмеры корнисов электронного оборудования. – СТА, 1997, № 1. – С. 96–106.
107. Bender D. LAN-Datenschränke. – Berlin: VDE-Verlag GmbH, 1998. – 126 S.
108. MFB Products. – Каталог фирмы MFB, 1999. – 68 p.
109. Szafy 19". Wiosna 99. – Каталог фирмы Zaklad Produkcji Automatyki Sieciowej SA w Przygorzu. – 80 str.
110. Rittal Handbuch 29. – 835 S.
111. Electrical Fitting and Wiring Accessories 97/98 catalogue. – Каталог фирмы Legrand. – 456 p.
112. Системы для электроинсталляций. – Каталог фирмы Rehau, 1999. – 298 с.
113. Риглсурорт К., Воловодов А. А. Эффективность экранирования кабельных коробов // Сети и системы связи, 1998, № 4. – С. 50–57.
114. Электромонтажная система FrontLine и ее компоненты. Техническая информация 2000:10. – Каталог фирмы Thorsman AB, 2000. – 92 с.
115. Flexilink 6000, 7000, 8000 Series. – Проспект фирмы PINACL Products. – 6 p.

116. Reeves E. A. Cable Management Systems. – Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1992. – 322 p.
117. The First Name for Quality. The MK Electric Catalogue, International Edition 1995–1997. – Каталог фирмы Caradon MK Electric Limited. – 202 p.
118. Product Guide. – Каталог фирмы Raychem, 1998. – 111 p.
119. Complete Optical Fiber Cabling Solution. – Каталог фирмы Panduit, 1996. – 32 p.
120. General Catalogue. – Каталог фирмы Unex, 1998. – 122 p.
121. ЛВС без СКС. – Сети и системы связи, 2000, № 10. – С. 53.
122. Full FTTO Solution Combines the Best of Fiber and Copper Installation. – В сб. Cabling Vision. Alcatel Cabling Systems, International Newsletters, September 1998. – Р. 72–75.
123. Семенов А. Б. Инсталляционные устройства ЛВС с волоконно-оптическим интерфейсом для применения в технике СКС // LAN Magazine. Русское издание, 2000, № 8. – С. 25–30.
124. Аллен Д. Второе пришествие беспроводной оптики. – LAN Magazine, 2001, № 4. – С. 38–45.
125. Чернобровцев А. Воздушный дебют DWDM. – Computerworld Россия, 7 сентября 1999, № 33 (194). – С. 39.
126. Правила устройства электроустановок. 6-е изд., нерераб. и дон., с изменениями. – М.: Главгосэнергонадзор России. – 608 с.
127. Пельт М. Электромагнитная защита и заземление // Сети, 2000, № 6. – С. 52–53.
128. ГОСТ 12.1.044-89. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. – ИПК Издательства стандартов, 1996. – 143 с.
129. ГОСТ 12176-89. Кабели, провода и шнуры. Методы проверки на нераспространение горения. Издательство стандартов. – 12 с.
130. Маклафлин П. Дефицит ножаростойких кабелей // Сети и системы связи, 1999, № 3. – С. 22–26.
131. Mair H. J. Kunststoffe in der Kabeltechnik. – Renningen-Malmsheim: Expert Verlag, 1999. – 272 S.
132. Frose H. D. Brandschutz für Kabel und Leitungen. – München: Pflaum Verlag, 1998. – 130 S.
133. ГОСТ 34.601-90. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания. – Издательство стандартов, 1991. – 8 с.
134. ГОСТ 34.602-89. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое Задание на создание автоматизированной системы. – Издательство стандартов, 1991. – 16 с.
135. ГОСТ 34.201-89. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Виды, комплектность и обозначение документов при создании автоматизированных систем. – Издательство стандартов, 1991. – 14 с.
136. РД 50-34.698-90. Информационная технология. Методические указания. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Требования к содержанию документов. – Издательство стандартов, 1991. – 39 с.
137. Семенов А. Б. Волоконно-оптическая техника в ЛВС и СКС и ее особенности. – В кн. Волоконно-оптическая техника: история, достижения, перспективы. Сб. статей под ред. Дмитриева С. А., Сленова Н. Н. – М.: Издательство «Connect», 2000. – С. 351–369.
138. ГОСТ 21.110. Правила выполнения спецификации оборудования, изделий и материалов. – М., 1995. – 12 с.
139. Авдуевский А. В. ...И медные трубы // LAN. Журнал сетевых решений, 1999, т. 5, № 3. – С. 55–62.

140. Иванцов И. Крепление кабелей // LAN. Журнал сетевых решений, 1999, т. 5, № 1. – С. 28–29.
141. Field Testing of High Performance Premise Cabling. – Мюнхен: Microtest, 1998. – 88 р.
142. Hayes J., Resenberg P. Data, Voice and Video Cabling. – Delmar Thomson Learning, 2000. – 285 р.
143. Флэтман А. Будущее стандартов СКС // Сети и системы связи, 1999, № 3. – С. 27–35.
144. Грациано К. Цифровые мультиметры на страже безопасности // Сети и системы связи, 1998, № 11 (33). – С. 40–45.
145. DeSorbo M. A Testers of Tomorrow Available Today. – Cabling Installation & Maintenance, 1999, May, pp. 70–74.
146. Бакланов И. Г. Рефлектометры для медных кабелей // Сети и системы связи, 1997, № 11. – С. 82–84.
147. Бакланов И. Г. Технологии измерений в современных телекоммуникациях. – М.: ЭкоТрендз, 1998. – 140 с.
148. Шаронин С.Г. Возможности современных рефлектометров. – Вестник связи, 2000, № 8. – С. 25–27.
149. Jensen Master Catalog 1997/1998. – Каталог фирмы Jensen, 292 р.
150. Комаров М. Ю. Контрольно-измерительное оборудование для монтажа и эксплуатации волоконно-оптических линий связи // Волоконно-оптическая техника, вып. 8. – С. 19–24.
151. Иванов А. Б. Сравнительный анализ контрольно-измерительного оборудования ВОЛС // Вестник связи, 1998, № 1. – С. 52–56.
152. Enterprise 1. Система управления информационными ресурсами. – Проспект фирмы RiT Technologies, 2000. – 4 с.
153. Четвериков В. Администрирование сетевой инфраструктуры. // LAN. Журнал сетевых решений, 1999, том 5, № 3. – С. 65–74.
154. Идентификационные решения для промышленности. – Каталог 2001. Компания Юнит Марк Про. – М.: 2001. – 74 с.
155. Electrical Marking Solution Product Guide. – Каталог фирмы Brady, 1997. – 94 р.
156. PAN-CODE. Identification and Labeling Solution Products. – Каталог фирмы Panduit, 1999. – 204 р.
157. Weidmüller. Die Interface Partner. Gesamtkatalog 98/99. – Каталог фирмы Weidmüller, 1998. – 1026 S.
158. Safety and Facility Identification Products. – Каталог фирмы Panduit, 1999. – 108 р.
159. Иванцов И. Маркировка // LAN. Журнал сетевых решений, 1999, № 2. – С. 28–29.
160. Смирнов И. Г. Должны ли кабельные системы быть структуризованными // Вестник связи, 1998, № 12. – С. 66–69.
161. Семенов А.Б. Принципы производства оборудования для построения волоконно-оптических подсистем СКС. – Вестник связи, 2000, № 5. – С. 44–52.
162. Айноу Т. Вездесущий пластик. – Сети и системы связи, № 1 (65), 2000. – С. 42–45.
163. Your Connection to the Future. Advanced Electronic Support Products. – Проспект фирмы AESP, 1999. – 8 р.
164. Экранированные кабельные системы. – Проспект фирмы AMP. 1998. – 8 с.
165. Структурированные кабельные системы AMP Netconnect. – Каталог Московского представительства фирмы AMP Tyco Electronics GmbH, 2000. – 56 с.
166. LAN. Журнал сетевых решений, 2000, № 1. – С. 10–15.
167. Millenium. Strukturierte Verkabelungssysteme. Produktkatalog. – Каталог фирмы BICC Brand-Rex, 1997. – 80 S.

168. Advanced Connectivity System. Product Catalog IBM. Release 2.3, September 1997. – 118 p.
169. АйТи-СКС. Каталог 1998. – 88 с.
170. LAN Connect Network Components. – Проспект фирмы TRALE Ltd. M.: 1998. – 36 с.
171. Экранированные кабельные системы ISCS. – Проспект фирмы TRALE Ltd. M.: 1998. – 36 с.
172. Изделия и заказы. – Каталог фирмы Krone. – 600 с.
173. Техническая информация и руководство по применению. – Каталог фирмы Krone. – 600 с.
174. Krone Highband. Verteilfeld RJ45 STP. Technische Daten. – Проспект фирмы Krone. 1998. – 4 p.
175. Fiber Optic Product Catalog No. 1098A Active & Passive Network Solution. – Каталог фирмы Molex Fiber Optics Inc., 1997. – 160 p.
176. Channel Solutions for Higher Standards. – Проспект компании Ortronics, 1998. – 8 p.
177. European Systems Catalog. 3rd Quarter, 1998. – Каталог компании Ortronics, 1998. – 18 p.
178. R&M Freenet. – Каталог компании Reichle & De Massari, 1998. – 310 p.
179. ICCS und FutureLink. Kabel und Komponenten fur die strukturierte Gelbaudeverkabelung. – Каталог фирмы Siemens, 1998. – 172 S.
180. Connectivity, Cable, Cabinets & Metal Acc., Active Products. January–June 2001 Catalogue. – Каталог фирмы Superior Modular Products, 2001. – 42 p.
181. ГОСТ 24204-80. Единица децибел для измерений уровней, затуханий и усилений в технике проводной связи. – Издательство стандартов, 1988. – 4 с.

# **ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ**

---

## **Символы**

4B5B 101

8B/6T 94

8B10B 100

## **А**

Активное сопротивление 58

Аппаратная 36, 393

ACO 151

## **Б**

Балансная передача 55

Балун 204

## **В**

Вертикальные организаторы 301

Внешняя оболочка 108

Внутренние

осветительные устройства 304

Волновое сопротивление 60, 113

Вторичное защитное покрытие 246

Вторичные параметры 60



Гарантийный ремонт 53

Гарантия на компоненты 51

Горизонтальная подсистема 37

## **Д**

Демонстрационное оборудование 212

Дисперсия 82

## **Е**

E-2000 243, 256, 353

Емкость 57

## **З**

Затухание 61, 113

несимметрии 77

Защищенность 69

## **И**

Измерительный адаптер 206

Индуктивность 59

Инсталляционные приборы 351

## **К**

Кабель

внутренней прокладки 229

для шнуров 123

Кабельный кронштейн 302

Канал 503

Коэффициент широкополосности 217

Крепление

в профиль 316

вдоль профиля 316

Критическая частота 62

Кроссировочный провод 125

Кроссовая 36

## **М**

Межмодовая дисперсия 83

Многоточечное администрирование 39

- Модульный адаптер 206  
Монтажные  
рамы 294  
шнуры 199  
Мостовой адаптер 207
- Н**
- Настенная рама 295
- О**
- Оболочка 80  
Обращенные шнуры 198  
Окно прозрачности 86  
Оптический модуль 267  
Организатор кольцевого типа 299  
Открытые монтажные стойки 293
- П**
- Первичное защитное покрытие 216  
Переходник 202  
Переходное затухание 64  
Поддерживающий организатор 300  
Подпольные каналы 403  
Подсистема  
внешних магистралей 36  
внутренних магистралей 36  
рабочего места 38  
Поливинилхлорид 107  
Потери на рассеяние 85  
Проводимость изоляции 59  
Пюпитр 297
- Р**
- Радиомост 366  
Розетка мультимедиа 317
- С**
- Сепаратор 127  
Сердцевина 80
- Синхронизация  
по выделенному каналу 90  
Системная гарантия 51  
Сопротивление  
постоянному току 113  
связи 76  
Стеклопластиковый пруток 226  
Ступенчатый световод 81  
Съемные разделители 308
- Т**
- T-переходники 202  
T568B 156  
Техническое  
задание 389  
предложение 389  
Точка перехода 46  
Трансформируемые короба 309
- Х**
- Хроматическая дисперсия 82
- Ч**
- Четверочная скрутка 106
- Щ**
- Щелевые организаторы 300
- А**
- ACO 582  
ACR 69  
Allien NEXT 69  
AMCS 131  
Automatic distributors 211
- В**
- Blolite 276  
Blotwist 131

**C**

Cable sharing 49, 151, 168, 199, 368  
 CAG 8 161  
 CDDI 92  
 Collapsed backbone 358  
 Comrack 282  
 Consolidation point 46  
 Coupler 238

**D**

DB 160  
 Delay 73  
 Duplex figure 0 233  
 Duplex figure 8 233

**E**

Edge Connector 150, 182  
 ELFEXT 71  
 EMI 79, 110  
 EN50173 33  
 Enterprise 1 534

**F**

FC 239, 251  
 FEXT 64  
 Fiber to the desk 232  
 Filler 226  
 Filler panel 305  
 FJ 256  
 FM-адаптер 274

**G**

GG-45 138  
 Giga-PUNCH 164

**H**

High Density SC Connector 256  
 Hydra 201

**I**

I-адаптер 207  
 ICCS 191  
 IDC-контакт 135  
 ISO/IEC-297 279

**K**

KATT 135  
 Keystone 153  
 Krone 136

**L**

LazrSpeed 223  
 LC 254  
 LCL 77  
 LCTL 77  
 Light Crimp 582  
 LSA+ 183

**M**

MIC 160, 252  
 Mini-breakout 219  
 Mini-MPO 258  
 MiniC 167  
 MLT-3 95  
 Mode condition patch-cord 222  
 Modified Modular Jack 154  
 MT-RJ 257  
 MU 255  
 MUTO 46, 268

**N**

NEXT 64, 113, 137  
 NRZ 87  
 NRZ-I 92  
 NVP 72, 74, 113

**O**

Open offices 46

Optoclip II 258

**P**

PAM-5 96

PATCHMAX 183

PatchView 180, 263, 531

Perfect Patch 170, 198

PS-NEXT 67, 129

**R**

RFI 79, 110

RICI 195

Rivet 174

RJ-11 154

RJ-K 147

RL 76

**S**

S210 163

SC 238, 249

SC-Compact 256

SCDC 257

Skew 73

SMA 253

SNMP 364

SOHO 118

Solarum 582

Solid 105

SRL 75

ST 250

Stranded 123

Switching patch panel 187

**T**

Tangle Free 146

TELCO 184

TERA 167

TIA/EIA-568-A 31

TIA/EIA-598 132

TIA/EIA-606 32

TIA/EIA-607 32

Tight buffer 219

Transition point 46

TSB-72 47

TSB-75 32

**U**

Undercarpet cable 126

USOC 155

**V**

VCSEL 220

VF-45 258

VisiPatch 162, 174

Volition 577

**W**

Western Plug 154

**Y**

Y-адаптер 203

**Z**

Zero-footprint shutter 154

Семенов Андрей Борисович,  
Стрижаков Станислав Константинович,  
Сунчелей Игорь Реальгарович

## Структурированные кабельные системы

Руководитель проекта *Логинова А. Ю.*

Главный редактор *Захаров И. М.*

Выпускающий редактор *Готлиб О. В.*  
Верстка *Трубачев М. П.*  
Графика *Салимонов Р. В.*  
Дизайн обложки *Дудатий А. М.*

Гарнитура «Петербург», Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 52+1,3 вкл. Тираж 1000 экз. Зак. №