

А. Б. Семенов

ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ ПОДСИСТЕМЫ СОВРЕМЕННЫХ СКС



А.Б. Семенов

Волоконно-оптические подсистемы современных СКС

2-е издание, электронное



Москва, 2023

УДК 621.315.21
ББК 32.845.6
С30

Семенов, Андрей Борисович.

С30 Волоконно-оптические подсистемы современных СКС / А. Б. Семёнов. — 2-е изд., эл. — 1 файл pdf : 633 с. — Москва : ДМК Пресс, Компания АйТи, 2023. — Систем. требования: Adobe Reader XI либо Adobe Digital Editions 4.5 ; экран 10". — Текст : электронный.

ISBN 978-5-89818-644-9

В книге даются общие сведения о структурированных кабельных системах и о функциональных возможностях волоконно-оптической подсистемы структурированной проводки. Проведено обоснование областей применения оптической подсистемы и выбора параметров волокон линейных кабельных изделий. Представлены характеристики и конструктивные особенности одномодовых и многомодовых волоконных световодов и оптических кабелей на их основе, коммутационных панелей и розеток, шнуровых изделий и прочего оборудования различного назначения, используемого в процессе построения оптических трактов передачи информации. Затронуты вопросы выбора проектирования магистральных оптических подсистем и проводки на уровне горизонтальной подсистемы, описаны процедуры строительства и измерений, а также рассмотрены используемые при этом технологические и измерительные приборы.

Представленный материал базируется на практическом опыте реализации волоконно-оптических подсистем СКС и рассчитан на довольно широкий круг читателей — от студентов и слушателей курсов СКС до монтажников, сотрудников проектных отделов и технических специалистов.

УДК 621.315.21
ББК 32.845.6

Электронное издание на основе печатного издания: Волоконно-оптические подсистемы современных СКС / А. Б. Семёнов. — Москва : ДМК Пресс, Компания АйТи, 2014. — 632 с. — ISBN 978-5-97060-442-7. — Текст : непосредственный.

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.

В соответствии со ст. 1299 и 1301 ГК РФ при устранении ограничений, установленных техническими средствами защиты авторских прав, правообладатель вправе требовать от нарушителя возмещения убытков или выплаты компенсации.

ISBN 978-5-89818-644-9

© Семенов А. Б. и др.
© Оформление. издание, ДМК Пресс

СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	9
ВВЕДЕНИЕ	11
ГЛАВА 1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О СКС И ЕЕ ОПТИЧЕСКОЙ ПОДСИСТЕМЕ	26
1.1. Структура СКС	26
1.1.1. Подсистемы СКС	26
1.1.2. Технические помещения	28
1.1.3. Топология СКС	30
1.1.4. Кабели СКС	32
1.2. Категории оптических волокон, классы и предельные длины оптических кабельных трактов	34
1.2.1. Классы кабельных трактов и категории волокон	34
1.2.2. Ограничения на длины кабелей и шнуров оптической подсистемы СКС	38
1.2.3. Разновидности стационарных линий и трактов передачи оптической подсистемы	40
1.2.4. Особенности нормирования параметров оптических трактов СКС	41
1.3. Администрирование СКС	46
1.3.1. Варианты администрирования	46
1.3.2. Схемы коммутации в СКС	47
1.3.3. Волоконно-оптические кабельные системы с централизованным администрированием	48

1.4. Проблема «поляризации» оптических трактов передачи и способы ее решения	50
1.4.1. Выбор схемы построения оптических кабельных трактов СКС	51
1.4.2. Мероприятия по обеспечению правильной поляризации стандартных оптических трактов	54
1.4.3. Особые случаи построения проводки	55
1.5. Область применения оптической подсистемы СКС	56
1.5.1. Постановка задачи	56
1.5.2. Схема расчета и расчетная модель	58
1.5.3. Пропускная способность тракта передачи на основе витой пары	61
1.5.4. Оценка степени влияния теплового шума на пропускную способность тракта	64
1.5.5. Стоимостные характеристики различных вариантов построения трактов передачи	65
1.6. Выводы	67
ГЛАВА 2. ПЕРЕДАЧА СИГНАЛОВ ПО ВОЛОКОННЫМ СВЕТОВОДАМ	69
2.1. Распространение излучения в волоконных световодах и их типы	69
2.1.1. Принцип действия волоконного световода, его числовая апература и моды излучения	69
2.1.2. Френелевские отражения	72
2.1.3. Типы волоконных световодов	73
2.1.4. Геометрические параметры волокон	75
2.1.5. Варианты возбуждения многомодовых волокон	77
2.2. Дисперсия одномодовых световодов	79
2.2.1. Явление дисперсии оптического излучения в волоконных световодах	79
2.2.2. Разновидности дисперсии	80
2.2.3. Разновидности одномодовых световодов по дисперсионным параметрам	82
2.3. Дисперсия многомодовых световодов	84
2.3.1. Межмодовая дисперсия	84
2.3.2. Дифференциальная модовая задержка	86
2.3.3. Коэффициент широкополосности, его связь с дисперсией и оценка потенциальной пропускной способности многомодовых световодов	88
2.3.4. Дисперсионный штраф по мощности	90

2.4. Затухание сигналов в световодах	94
2.4.1. Механизмы возникновения потерь	94
2.4.2. Окна прозрачности и спектральные диапазоны	97
2.4.3. Выбор типа многомодового волокна для применения в оптических кабелях СКС	99
2.5. Особенности передачи цифровой информации по оптическим трактам СКС	102
2.5.1. Линейные коды оптической сетевой аппаратуры	103
2.5.2. Системы со спектральным разделением оптических каналов	107
2.6. Выводы	109
ГЛАВА 3. ВОЛОКОННЫЕ СВЕТОВОДЫ ДЛЯ ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ СКС	111
3.1. Система международной стандартизации оптических волокон	111
3.1.1. Общие положения	111
3.1.2. Геометрические параметры	114
3.1.3. Механические параметры	115
3.1.4. Передаточные параметры	116
3.1.5. Параметры стойкости к воздействиям окружающей среды	117
3.2. Принцип нормирования параметров и особенности конструкции волокон для кабелей СКС	120
3.2.1. Нормирование параметров	120
3.2.2. Широкополосные многомодовые световоды для работы с лазерными передатчиками	124
3.2.3. Градации широкополосного многомодового волокна по дисперсионным параметрам	132
3.3. Световоды со специальными свойствами по оптическим и механическим параметрам	135
3.3.1. Многомодовые оптические волокна со смещенной полосой нормирования параметров	135
3.3.2. Световоды с расширенным спектральным диапазоном нормирования параметров	136
3.3.3. Волокна проекта категории OS2	139
3.3.4. Специализированные волокна для коммутационных шнуров	140

3.4. Защитные покрытия	141
3.4.1. Первичные защитные покрытия	141
3.4.2. Вторичные защитные покрытия	143
3.5. Выводы	147
ГЛАВА 4. ОПТИЧЕСКИЕ КАБЕЛИ	150
4.1. Общие положения	150
4.1.1. Области применения, классификация и требования к оптическим кабелям СКС	150
4.1.2. Нормируемые параметры	152
4.1.3. Принцип конструктивной однородности	153
4.2. Кабели внешней прокладки	154
4.2.1. Технические требования к конструкции	154
4.2.2. Конструктивные особенности различных видов кабелей внешней прокладки	154
4.2.3. Упрочняющие покрытия и элементы	158
4.2.4. Средства обеспечения влагостойкости	162
4.2.5. Прочие элементы конструкции	165
4.3. Магистральные кабели внутренней прокладки и их разновидности	166
4.3.1. Технические требования к конструкции	166
4.3.2. Кабели для применения в подсистеме внутренних магистралей офисных зданий	166
4.3.3. Кабели внутренней прокладки промышленного назначения	170
4.3.4. Кабели для соединения зданий	171
4.4. Кабели для применения на нижних уровнях СКС и кабели для шнуров	174
4.4.1. Кабели для применения на нижних уровнях СКС	174
4.4.2. Кабели для шнуров	175
4.5. Комбинированные кабели	180
4.5.1. Общие положения	180
4.5.2. Комбинированные конструкции с витой парой	181
4.5.3. Комбинированные оптические кабели	182
4.5.4. Прочие разновидности комбинированных кабелей	183

4.5.5. Перспективы применения комбинированных кабелей в технике СКС	184
4.6. Цветовая кодировка и символьная маркировка оптических кабелей	185
4.6.1. Цветовая кодировка	185
4.6.2. Символьная маркировка кабельной продукции	189
4.7. Упаковка оптической кабельной продукции	190
4.7.1. Разновидности упаковки	190
4.7.2. Маркировка кабельных барабанов	191
4.8. Выводы	192
ГЛАВА 5. ОПТИЧЕСКИЕ РАЗЪЕМЫ	194
5.1. Общие положения	195
5.1.1. Назначение и основные требования	195
5.1.2. Цветовая кодировка корпусных элементов	198
5.1.3. Основные схемы реализации	199
5.1.4. Система международной стандартизации оптических разъемов	203
5.2. Параметры оптических разъемов	203
5.2.1. Вносимые потери	203
5.2.2. Схема физического контакта в оптических разъемах	205
5.2.3. Принцип отнесения потерь	206
5.2.4. Обратные отражения	208
5.3. Основные компоненты оптических разъемов и их конструктивные особенности	210
5.3.1. Наконечники вилок	211
5.3.2. Элементы защиты от вращения цилиндрических наконечников и неправильного подключения вилок	214
5.3.3. Элементы и способы крепления вилки к кабелю	215
5.3.4. Хвостовики вилок	218
5.3.5. Розетки	219
5.3.6. Защитные колпачки и крышки	223
5.3.7. Методы уменьшения потерь в оптических разъемах	225
5.4. Разъемы с обычной плотностью конструкции	228
5.4.1. Разъемы типа SC	228

5.4.2. Разъемы типа ST	231
5.4.3. Разъемы типа FC	234
5.4.4. Разъемы типа MIC и ESCON	235
5.4.5. Разъемы типа SMA	238
5.4.6. Разъемы типа DIN	239
5.5. Разъемы с увеличенной плотностью конструкции	239
5.5.1. Конструкции с наконечниками диаметром 1,25 мм	240
5.5.2. Малогабаритные разъемы с наконечниками диаметром 2,5 мм	245
5.5.3. Разъемы группового типа	250
5.5.4. Конструкции без центрирующего наконечника	252
5.6. Элементы разъемов специального назначения	254
5.6.1. Переходные розетки	257
5.6.2. Адаптеры на обнаженное волокно	259
5.6.3. FM-адаптер	263
5.6.4. Атенюаторы	264
5.6.5. Терминаторы	266
5.6.6. Вилки-перемычки	267
5.6.7. МСР-адаптеры	269
5.6.8. Мини-пигтейлы	270
5.7. Установка и монтаж элементов оптических разъемов	271
5.7.1. Особенности монтажа оптических разъемов в технике СКС	271
5.7.2. Формы исполнения элементной базы оптических разъемов	272
5.7.3. Клеевые и механические методы фиксации волокна в наконечнике	273
5.7.4. Иммерсионные разъемы	276
5.7.5. Технологии механического и сварного сращивания	278
5.8. Выводы	281
ГЛАВА 6. КОММУТАЦИОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	283
6.1. Общие положения	283
6.1.1. Назначение	283
6.1.2. Технические требования	284
6.1.3. Конструктивные особенности	285
6.1.4. Варианты организации внутренней разводки	292

6.2. Коммутационное оборудование стоечного типа	293
6.2.1. Коммутационные полки с фиксированным корпусом	294
6.2.2. Коммутационные полки с подвижным корпусом	295
6.2.3. Другие разновидности пассивного оптического коммутационного оборудования стоечного типа	296
6.3. Настенные муфты	298
6.3.1. Классические конструкции	298
6.3.2. Особенности конструктивного исполнения	299
6.3.3. Специальные конструкции	300
6.4. Информационные розетки	301
6.4.1. Общие положения	301
6.4.2. Классические конструкции	302
6.4.3. Розетки мультимедиа	304
6.4.4. Многопортовые розетки абонентского уровня	306
6.5. Выводы	307

ГЛАВА 7. ШНУРОВЫЕ И ПРЕТЕРМИНИРОВАННЫЕ КАБЕЛЬНЫЕ ИЗДЕЛИЯ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ОПТИЧЕСКОЙ ПОДСИСТЕМЫ

308

7.1. Шнуровые изделия общего назначения	308
7.1.1. Коммутационные и оконечные шнуры	309
7.1.2. Монтажные шнуры	311
7.1.3. Многоволоконные монтажные и разветвительные шнуры	313
7.2. Шнуровые изделия специального назначения	314
7.2.1. МСР-шнуры	314
7.2.2. Шнуры-аттенюаторы	317
7.3. Претерминированные кабельные изделия	317
7.3.1. Претерминированные сборки и полки	318
7.3.2. Кабельные вставки	321
7.4. Шнуровые и кабельные изделия для выполнения измерений	323
7.4.1. Нормализующие катушки	323
7.4.2. Устройства оперативного подключения	324
7.5. Выводы	325

ГЛАВА 8. ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	327
8.1. Системы пневматической прокладки	327
8.1.1. Общие положения	327
8.1.2. Техничко-экономические параметры систем пневматической прокладки	329
8.1.3. Система Blolite	330
8.1.4. Системы Sirocco и FutureFlex	334
8.1.5. Система RibboNet	338
8.1.6. Микрокабели пневматической прокладки производителей кабельной продукции	340
8.1.7. Система JetNet	342
8.2. Системы интерактивного управления и средства активной идентификации для оптической подсистемы	343
8.2.1. Системы интерактивного управления	343
8.2.2. Системы активной идентификации соединений	347
8.2.3. Системы идентификации активных портов	348
8.3. Решения модульно-кассетного типа	349
8.3.1. Концепция создания и преимущества модульно-кассетных решений	352
8.3.2. Кассеты и их разновидности	353
8.3.3. Конструктивные особенности претерминированных сборок	358
8.3.4. Области и особенности применения	361
8.4. Оборудование и элементы для восстановления защитных покрытий кабелей и оптических волокон	363
8.4.1. Промежуточные муфты для подсистемы внешних магистралей	363
8.4.2. Элементы восстановления вторичного защитного покрытия	367
8.4.3. Элементы защиты сварного сростка	368
8.5. Компоненты для организации кабельных изделий оптической подсистемы СКС	371
8.5.1. Организаторы шнуров	371
8.5.2. Системы кабельных каналов для прокладки волоконно-оптических кабелей и шнуров	371
8.6. Выводы	373

ГЛАВА 9. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ СВЕТОВОДОВ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ КАБЕЛЬНЫХ ТРАКТОВ СКС	375
9.1. Общие положения	376
9.1.1. Оптические и эксплуатационные характеристики полимерных световодов	376
9.1.2. Разновидности полимерных световодов	378
9.2. Элементная база техники связи по полимерным волокнам	380
9.2.1. Системные решения и коммутационное оборудование	380
9.2.2. Кабельные изделия	381
9.2.3. Оптические разъемы	383
9.3. Сетевое оборудование различных стандартов и тестирующие приборы	387
9.3.1. Дальность связи и скорость передачи информации	387
9.3.2. Активное оборудование и тестирующие приборы	388
9.4. Выводы	390
ГЛАВА 10. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СРАЩИВАНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ВОЛОКОН	392
10.1. Общие положения	392
10.2. Устройства скола волокна	393
10.2.1. Принцип действия механического скалывателя	393
10.2.2. Кинематические схемы механических скалывателей	394
10.2.3. Дополнительные сервисные возможности	396
10.3. Сварочные аппараты	398
10.3.1. Общие положения	398
10.3.2. Принцип действия	399
10.3.3. Разновидности сварочных аппаратов	400
10.3.4. Методы юстировки световодов и оценки потерь в срубке	401
10.3.5. Конструктивные особенности	405
10.3.6. Малогабаритные сварочные аппараты	409
10.4. Механические неразъемные соединители	410
10.4.1. Назначение, параметры и области применения	410

10.4.2. Конструктивные особенности	411
10.5. Выводы	415
ГЛАВА 11. ИЗМЕРЕНИЯ В ОПТИЧЕСКОЙ ПОДСИСТЕМЕ СКС	416
11.1. Общие положения	416
11.1.1. Назначение и виды измерений	416
11.1.2. Контролируемые параметры	417
11.1.3. Объекты тестирования	420
11.1.4. Оптические измерительные приборы и области их применения в СКС	422
11.1.5. Принципы выполнения измерений затухания оптических линий и компонентов СКС	425
11.1.6. Документирование результатов измерений	427
11.2. Определение затухания с помощью измерителей оптических потерь	428
11.2.1. Общие положения	428
11.2.2. Принцип вынесенного интерфейса	429
11.2.3. Метод вносимых потерь и его канонические разновидности	430
11.2.4. Метод сопряжения волокон	435
11.2.5. Метод обрыва	436
11.2.6. Дополнительные требования к измерителю оптических потерь	437
11.2.7. Принципы подключения измерителя к контролируемому объекту	440
11.3. Особенности применения метода вносимых потерь при измерениях комплексных объектов СКС и их компонентов	445
11.3.1. Работа со шнуровыми изделиями	445
11.3.2. Согласование типов разъемов	449
11.3.3. Особенности задания опорного значения при работе с двухканальными измерительными приборами	450
11.3.4. Тестирование объектов с оптическим интерфейсом MT-RJ двухканальными измерительными приборами	451
11.3.5. Тестирование объектов с оптическим интерфейсом MT-RJ одноканальным измерительным прибором	454
11.4. Приборы для верификации линий и компонентов оптической подсистемы СКС	455

11.4.1. Оптические тестеры	455
11.4.2. Прочие разновидности верифицирующего измерительного оборудования	457
11.5. Приборы для сертификации линий оптической подсистемы СКС	458
11.5.1. Автоматические измерители	458
11.5.2. Приставки к кабельным сканерам	459
11.6. Рефлектометрические измерения	460
11.6.1. Метод обратного рассеяния	460
11.6.2. Оптические рефлектометры	461
11.6.3. Рефлектограмма и основные принципы ее анализа	463
11.6.4. Конструкция импульсных рэлеевских рефлектометров и их функциональные возможности	466
11.6.5. Особенности рефлектометров для применения в области СКС и ЛВС	469
11.7. Приборы и устройства для визуального контроля	470
11.7.1. Микроскопы	471
11.7.2. Контрольные оптические микроскопы	475
11.7.3. Телевизионные микроскопы	477
11.7.4. Визуализаторы дефектов	480
11.7.5. Дополнительные функциональные возможности визуализатора	486
11.8. Выводы	487
ГЛАВА 12. СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЕ АКТИВНОЕ СЕТЕВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ С ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИМ ИНТЕРФЕЙСОМ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ТЕХНИКЕ СКС	490
12.1. Оборудование ЛВС инсталляционного типа	492
12.1.1. Общие принципы построения инсталляционных устройств	492
12.1.2. Особенности реализации оптических портов	497
12.1.3. Инсталляционные микроконцентраторы и микрокоммутаторы	500
12.1.4. Особенности электропитания инсталляционных устройств	502
12.1.5. Экономические аспекты применения инсталляционных приборов	503
12.2. Оборудование ЛВС неинсталляционного типа	505
12.2.1. Общие положения	505
12.2.2. Устройства для применения на рабочих местах пользователей	508

12.2.3. Устройства для установки в технических помещениях	511
12.2.4. Дополнительные сервисные возможности	514
12.3. Прочие активные оптические сетевые устройства	516
12.3.1. Системы открытой оптической связи	516
12.3.2. Кабельные сборки активного типа	518
12.4. Выводы	519

ГЛАВА 13. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ТРАКТОВ РАЗЛИЧНЫХ ПОДСИСТЕМ СКС

520

13.1. Схемы соединения групповых устройств основных разновидностей сетевого оборудования и их потребности в ресурсах кабельных трактов СКС	521
13.1.1. Оборудование ЛВС	522
13.1.2. Оборудование УПАТС	524
13.1.3. Потребность в ресурсах кабельных трактов СКС сетевого оборудования с волоконно-оптическим интерфейсом	524
13.2. Принципы выбора типа и категории волокон магистральных кабелей	527
13.2.1. Общие положения	527
13.2.2. Область применения одномодовых оптических кабелей	528
13.2.3. Выбор типа волокна для организации коротких магистральных линий	529
13.2.4. Область применения волокон категории OM1	531
13.2.5. Рекомендованные области применения волокон различных типов	535
13.3. Принципы выбора проектных решений при построении магистральных оптических линий	536
13.3.1. Выбор трасс прокладки	536
13.3.2. Особенности проектирования линейной части подсистемы внешних магистралей	536
13.4. Расчет линейных оптических кабелей магистральных подсистем	538
13.4.1. Расчет емкости и количества кабелей подсистемы внутренних магистралей	538
13.4.2. Обоснование выбора емкости кабелей подсистемы внешних магистралей	540

13.4.3. Выбор конструктивного исполнения кабелей подсистемы внешних магистралей	541
13.4.4. Определение величины расхода кабелей, затрачиваемого на реализацию подсистемы внешних магистралей	542
13.5. Особенности построения оптической проводки на пользовательском уровне	543
13.5.1. Выбор типа ОВ линейных кабелей	543
13.5.2. Определение величины расхода линейного кабеля	546
13.6. Расчет оптических параметров тракта передачи информации	546
13.6.1. Оценка ширины полосы пропускания многомодового оптического тракта	547
13.6.2. Оценка величины затухания оптического тракта	548
13.6.3. Расчет предельной длины многомодового тракта	549
13.7. Определение нагрузок, действующих на кабель в процессе его затягивания в каналы кабельной канализации, и способы их минимизации	557
13.7.1. Разновидности нагрузок	557
13.7.2. Расчет ожидаемого усилия тяжения	562
13.7.3. Методы уменьшения усилия тяжения	565
13.8. Проектирование коммутационного поля в технических помещениях	568
13.8.1. Общие положения	568
13.8.2. Расчет коммутационного оборудования	568
13.8.3. Расчет аксессуаров коммутационного оборудования и шнуровых изделий	573
13.9. Обеспечение надежности магистральных трактов передачи информации	574
13.9.1. Организационные и проектные мероприятия	574
13.9.2. Резервирование в СКС	575
13.10. Оценка целесообразности применения разветвительной муфты при построении оптических линий подсистемы внешних магистралей	579
13.11. Выводы	583

ГЛАВА 14. СРОИТЕЛЬСТВО ОПТИЧЕСКОЙ ПОДСИСТЕМЫ СКС	586
14.1. Общие положения	586
14.1.1. Задачи и особенности строительства	586
14.1.2. Подготовительные работы	587
14.1.3. Транспортировка и хранение оптических кабелей	587
14.1.4. Техника безопасности и охрана труда при проведении монтажных работ	588
14.2. Прокладка оптических кабелей подсистемы внешних магистралей	590
14.2.1. Общие положения	590
14.2.2. Прокладка оптических кабелей в кабельную канализацию	592
14.2.3. Прямая прокладка кабеля в грунт	593
14.3. Прокладка оптических кабелей внутри здания	597
14.3.1. Общие положения	597
14.3.2. Особенности прокладки по различным видам каналов	598
14.3.3. Крепление кабелей	598
14.4. Монтаж элементов оптических разъемов на линейных кабелях	599
14.4.1. Подготовительный этап монтажа	599
14.4.2. Основной этап монтажа	601
14.5. Выводы	602
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	603
ГЛОССАРИЙ	607
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	615

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

CWDM	Coarse wavelength division multiplexing	Неплотное спектральное разделение
DSF-волокно	dispersion shifted fiber	Волокно со смещенной дисперсией
DWDM	Dense wavelength division multiplexing	Плотное спектральное разделение
EIA	Electronic Industries Alliance	Ассоциация изготовителей электронного оборудования
ETSI	European Telecommunication Standard Institut	Европейский институт стандартизации в области электросвязи
FTTD	Fibre to the desk	Волокно до рабочего места
FTTH	Fibre to the home	Волокно до здания
FTTO	Fibre to the office	Волокно до офиса (комнаты)
ITU	International Telecommunication Union	Международный союз электросвязи
JIS	Japanise Industrial Standard	Японский промышленный стандарт
MCP-шнур	mode condition patch-cord	Волоконно-оптический шнур со смещением от оси волокна точки ввода оптического излучения
MM	Multimode	Многомодовый
NZDSF-волокно	non-zero dispersion shifted fiber	Оптическое волокно с нулевой смещенной дисперсией
SFF	Small Form Factor	Малогабаритный оптический разъем
SM	Singlemode	Одномодовый
TIA	Telecommunications Industry Assotiation	Ассоциация изготовителей телекоммуникационного оборудования

ГТС	Городская телефонная сеть
ЖК	Жидкокристаллический
ИВС	Информационно-вычислительная система
ИК	Инфракрасный
ИР	Информационная розетка
ИТ	Информационная технология
КДЗС	Комплект деталей защиты сращения (волоконных световодов)
ЛВС	Локальная вычислительная сеть
МЭК	Международная электротехническая комиссия
ОВ	Оптическое волокно
ОК	Оптический кабель
ОР	Оптический разъем
ПВХ	Поливинилхлорид
ПК	Персональный компьютер
ПО	Программное обеспечение
ПОВ	Полимерное оптическое волокно
ПЭ	Полиэтилен
СД	Светодиод
СКС	Структурированная кабельная система
ТУ	Технические условия
УЗК	Устройство заготовки каналов
УПАТС	Учрежденческо-производственная автоматическая телефонная станция
УФ	Ультрафиолетовый

Современный этап развития индустриального общества характеризуется стремительным возрастанием степени автоматизации офисных зданий и промышленных предприятий различного назначения. Этот процесс влечет за собой появление новых информационных сервисов и совершенствование традиционных, что сопровождается бурным увеличением объемов информации самого разнообразного вида, передаваемой по каналам связи ИВС предприятия. В этих условиях традиционные линии, тракт которых реализован с использованием коаксиальных кабелей и кабелей на основе витых пар, быстро приходят к пределу своей пропускной способности. Естественным выходом из сложившейся ситуации является массовое использование волоконно-оптической техники, которая позволяет создать существенно более широкополосный канал связи с достаточной для рассматриваемой области протяженностью.

Начиная с 90-х гг. прошлого столетия стандартом «де-факто» стала реализация пассивной части физического уровня ИВС предприятия в форме структурированной кабельной проводки. Действующие редакции международного, европейского и американского стандартов СКС допускают на равных правах использование при реализации конкретного проекта витопарной и оптической элементной базы. В настоящее время главенствующую роль в подавляющем большинстве проектов закономерным образом играют решения, реализуемые на базе кабелей из витых пар. Однако рост масштабов СКС, характерный для рубежа тысячелетий, а также массовое внедрение приложений с гигабитными и мультигигабитными скоростями передачи информации стимулируют ускоренные темпы внедрения волоконно-оптической техники в эту область информационных технологий. Результаты маркетинговых исследований показывают, что в общем объеме элементной базы, затрачиваемой на реализацию типового проекта, доля оптических компонентов достигает в денежном выражении в некоторых случаях 20% и на протяжении последних нескольких лет имеет в среднем устойчивую тенденцию к росту.

Закономерным результатом перечисленных выше тенденций является то, что оптическая техника связи перестала быть уделом немногочисленной группы элитарных специалистов и становится продукцией массового использова-

ния. Однако, несмотря на все достижения техники, волоконно-оптическая элементная база остается продуктом высоких технологий, и работа с ней требует от инженерно-технического персонала соответствующего уровня квалификации. Подготовка таких специалистов немыслима без наличия специальной технической литературы.

К настоящему времени из печати вышло значительное количество работ на русском языке, в которых рассмотрены различные теоретические и практические проблемы, возникающие в процессе разработки элементной базы, выполнения расчетов ожидаемых параметров, строительства и последующей эксплуатации волоконно-оптических систем связи в широком смысле этого термина и их линейных сооружений в частности. Однако известные автору книги и статьи в подавляющей своей массе посвящены вопросам, касающимся волоконно-оптических линий, которые строятся в процессе развития сети связи общего пользования или же эксплуатируются в составе ведомственных и крупных корпоративных сетей. Информация, относящаяся к проблемам, возникающим и решаемым в процессе проектирования, построения и последующей реализации оптической части структурированной проводки, представлена в форме разделов книг по СКС (в подавляющем большинстве небольших, исключением на фоне основной массы монографий выглядит работа [313]) и разбросана по немногочисленным журнальным публикациям. Такое положение дел представляется вполне естественным и является адекватным той доле, которая волоконно-оптическая подсистема занимает сейчас в проекте СКС, однако совершенно не соответствует темпам роста популярности оптических решений и тому месту, которое волоконно-оптическая техника имеет уже сейчас и тем более будет играть в самом ближайшем будущем.

Совокупность описанных обстоятельств приводит к тому, что потребность в литературе, в систематизированном виде раскрывающей основные принципы построения волоконно-оптической части структурированной проводки и сопутствующей ей инфраструктуры, начинает ощущаться достаточно остро.

Целью передаваемой в руки читателей работы является попытка комплексного решения с единых позиций по крайней мере части проблем, с которыми сталкиваются инженерно-технический персонал, сотрудники проектных отделов и отделов продаж в процессе своей повседневной деятельности в области оптической подсистемы структурированной проводки. Автор не впервые обращается к данной теме. На протяжении последних пяти лет им был написан цикл статей в журналах «LAN», «Вестник связи» и «Фотон-Экспресс». В систематизированном виде проблемы техники оптической связи на уровне ИВС предприятия рассматривались в опубликованной в 1998 г. монографии [1], в которой целенаправленно затрагивался ряд вопросов, относящихся к технике СКС. Фокусной аудиторией этой работы были выбраны специалисты по ЛВС. Книга была хорошо встречена читателями, а ее тираж был достаточно быстро распродан. Однако потребность в такой узкоспециализированной тех-

нической литературе сохранилась, о чем свидетельствуют постоянные запросы о приобретении указанной книги. Одновременно обсуждение монографии с читателями и поступающие по различным каналам отзывы показали, что стремительное развитие как самой волоконно-оптической техники, так и компьютерных технологий требует адекватного достигнутому техническому уровню отражения в новом издании. Принимая во внимание эти обстоятельства и с учетом новых реалий имеющийся материал был радикально переработан и дополнен. Можно констатировать, что объем внесенных изменений оказался настолько велик, что привел к появлению фактически новой книги. Большой объем внесенных изменений учтен, в частности, при выборе названия работы. Кроме того, с учетом ясно обозначившейся в отрасли специализации была несколько скорректирована целевая аудитория читателей, которыми считаются преимущественно специалисты по структурированным кабельным системам.

Основой материала, выносимого на суд читателей, является опыт, накопленный автором:

- в процессе выполнения опытно-конструкторских и проектных работ в отраслевых НИИ Министерства связи и Министерства радиопромышленности (в период с 1977 по 1995 г.);
- во время работы с СКС SYSTIMAX (в 1995—1997 гг.);
- при выполнении ряда проектов построения информационно-вычислительных систем, реализованных департаментом сетевых технологий компании АйТи;
- в процессе создания, развития и продвижения первой российской структурированной кабельной системы АйТи-СКС (начиная с 1996 г.);
- при чтении курсов подготовки сертифицированных инженеров АйТи-СКС (в 1996—1998 гг.) и проектирования кабельных систем (начиная с 2001 г.) в Академии АйТи.

Использовалась также информация, почерпнутая из монографий отечественных и иностранных авторов, русскоязычных и зарубежных периодических изданий, материалы семинаров и Интернет-ресурсы производителей СКС и волоконно-оптической техники. Часть положений была выработана в результате многочисленных официальных и неофициальных дискуссий о проблемах оптической техники преимущественно к ЛВС и структурированной проводке.

Монография в своей содержательной части состоит из четырнадцати глав.

В первой главе, которая носит вспомогательный характер, даны основные сведения о структуре СКС и базовых ограничениях стандартов на длины кабельных трактов различных подсистем. Определены принципы администрирования проводки и правила коммутации отдельных стационарных линий. Показано, что на допустимую длину тракта наряду с областью применения

заметное влияние оказывает также тип поддерживаемого приложения. Обозначена основная область применения оптической техники в СКС.

Вторая глава посвящена процессам, происходящим во время передачи оптического излучения по волоконному световоду, и основным особенностям оптического волокна как направляющей системы электромагнитных колебаний. Учет данных особенностей позволяет оптимизировать конструкцию сетевой аппаратуры и увеличить эффективность реализации структурированной проводки как технического объекта.

В третьей главе представлены система международной стандартизации оптических волокон и ее связь со стандартами СКС. Рассмотрены конструктивные особенности широкополосных многомодовых волокон для работы с лазерными передатчиками. Обсуждаются первичные и вторичные защитные покрытия световодов, которые обеспечивают им необходимый уровень эксплуатационной надежности.

В четвертой главе рассмотрены оптические кабели, применяемые для построения линейной части отдельных подсистем структурированной проводки и изготовления различных шнуровых изделий, в том числе их конструктивные особенности, области применения, принципы кодировки и маркировки.

В пятой главе выполнен анализ параметров и особенностей технической реализации оптических разъемов как второго, наряду с оптическими кабелями, важнейшего составного компонента оптического тракта передачи. Наряду с классическими разъемами SC и ST рассмотрены перспективные разработки малогабаритных изделий. Отдельно приведены данные по компонентам специального назначения, которые существенно расширяют функциональные возможности структурированной проводки и конструктивно оформлены в виде элементов разъемного соединителя волокон.

Темой шестой главы является оптическое коммутационное оборудование, предназначенное для установки в технических помещениях различного уровня и на рабочих местах пользователей.

В седьмой главе рассмотрены шнуровые и претерминированные изделия общего и специального назначения, используемые в процессе построения и эксплуатации оптической подсистемы СКС.

Восьмая глава посвящена дополнительному оборудованию, применение которого ускоряет отдельные этапы строительства оптической подсистемы структурированной проводки, делает процесс ее эксплуатации более удобным, а саму систему — более надежной.

В девятой главе рассмотрены технические характеристики полимерного оптического волокна и его особенности как среды передачи. Обсуждаются перспективы применения полимерных световодов для построения оптических подсистем СКС.

Технологическому оборудованию, используемому в процессе построения оптических подсистем СКС, посвящена десятая глава. В ней рассматриваются

инструменты и приспособления, применяемые в процессе оконцевания световодов вилками оптических разъемов и сращивания волокон в промежуточных муфтах.

Темой одиннадцатой главы является измерение параметров оптических трактов СКС и отдельных их компонентов на разных стадиях строительства и эксплуатации кабельной системы. Обсуждаются методы тестирования и технические особенности реализующих их измерительных приборов.

В двенадцатой главе рассмотрено активное сетевое оборудование с оптическим интерфейсом, включаемое некоторыми производителями СКС в состав поставляемого ими продукта.

Темой тринадцатой главы являются вопросы проектирования оптических кабельных трактов и коммутационного оборудования СКС на уровне горизонтальной и магистральных подсистем на телекоммуникационной стадии. В перечень рассматриваемых вопросов включены сведения о выборе конструктивного оформления отдельных компонентов тракта передачи.

Некоторые аспекты монтажа оптической подсистемы СКС рассмотрены в четырнадцатой главе.

Для облегчения работы над текстом книги в нее введен глоссарий с толкованием основных терминов, использованных в процессе изложения материала.

Автор приводит также достаточно обширный перечень специальной литературы, относящейся к теме данной монографии. Это позволит читателю углубить свои знания, обратившись к оригиналам использованных в работе первоисточников.

Книга адресуется широкому кругу специалистов, деятельность которых тем или иным образом связана с проектированием, реализацией и эксплуатацией волоконно-оптических подсистем структурированной проводки.

Работа ориентирована преимущественно на сотрудников проектных и инсталляционных отделов системных интеграторов, которые по роду своей деятельности тем или иным образом связаны с проектированием и практической реализацией проектов кабельной проводки. Автор надеется, что приводимая в монографии информация может представить интерес для сотрудников технических отделов организаций, занимающихся эксплуатацией СКС. Возможно, она окажется полезной для широкого круга специалистов, интересующихся принципами построения структурированной проводки и ее оптической подсистемы, а также различными аспектами применения волоконно-оптической техники для решения задач передачи информации.

Автор книги надеется, что ее содержание поможет читателям как в плане приобретения новых специальных знаний, так и в плане расширения кругозора. Студенты профильных высших и средних специальных учебных заведений, а также слушатели факультетов повышения квалификации высшей школы и учебных центров негосударственного послевузовского образования смогут использовать книгу в качестве учебного пособия в процессе изучения курсов ли-

ний связи, компьютерных сетей и аналогичных им дисциплин, а также выполнения зачетных работ вплоть до написания курсовых и дипломных проектов.

Уровень сложности при изложении материала рассчитан на специалиста, который:

- имеет высшее или среднее специальное профильное образование и владеет базовыми знаниями в области передачи и обработки информации;
- знаком с элементной базой, правилами построения кабельных трактов различного вида и стандартами СКС;
- прошел обучение основам техники структурированных кабельных систем в объеме краткосрочных фирменных курсов производителя СКС.

Одной из проблем, с которой неизбежно сталкивается любой автор, пишущий практически на любую тему построения и эксплуатации структурированной проводки (за исключением, может быть, маркетинговых аспектов этой области техники), является выбор подходящей терминологии. На момент завершения работы над монографией такая терминология еще далеко не установилась, а правила использования и толкования отдельных терминов вызывают многочисленные дискуссии среди специалистов, доходящие иногда до бурных дебатов. В таких условиях опасность внедрения в технический язык неудачных терминов достаточно велика. В данной работе для минимизации рисков использования терминологически неудачных обозначений был применен следующий подход. В тексте книги исходя из принципа соблюдения преемственности с ранними работами автора, которые в целом были положительно восприняты читателями, применялись в основном технические термины, использованные в монографиях [2, 3]. При рассмотрении многих вопросов была задействована терминология, содержащаяся в известных отечественных нормативно-технических документах, в частности ГОСТ 25462-82 [4] и ГОСТ 26814-86 [5]. Количество новых терминов целенаправленно сведено до минимума, и вводились они только в тех ситуациях, когда это было безусловно необходимо. Кроме того, при первом упоминании нового термина по возможности приводится его эквивалент, принятый в иностранной научно-технической литературе.

Автор полностью отдает себе отчет в том, что из-за обширности самого технического направления «Структурированные кабельные системы», высоких темпов научно-технического прогресса в области элементной базы и разнообразия задач, возникающих в процессе построения волоконно-оптической подсистемы СКС, часть проблем может быть затронута очень бегло или даже не упомянута вообще. Более того, большой объем материала, который был переработан в процессе подготовки монографии к печати, естественным образом увеличивает риск появления в ней различных неточностей или даже ошибок. Поэтому любые конструктивные предложения, замечания и пожелания будут восприняты с благодарностью, рассмотрены по существу и использованы для улучшения содержания книги.

Автор выражает свою искреннюю признательность всем специалистам, оказавшим помощь в создании данной монографии. Большим подспорьем в работе над некоторыми разделами книги оказалась техническая информация, которая была любезно предоставлена С. Г. Акоповым (представительство фирмы Corning по странам СНГ), Александром Савчуком (компания Reichle & De-Massari, Украина), И. Г. Смирновым (компания AESP, Москва), Екатериной Оганесян (компания ICS, Москва), Романом Китаевым (московское представительство компании Commscope), Андреем Акербергом (московское представительство компании Kegeren), Л. Г. Рысиным и О. А. Годуновой (компания Эликс-Кабель), Дариушем Зайонцем (московское представительство компании Molex PN), Анджеєм Загульским (компания Reichle & De-Massari, Polska S.A), Алексеем Гехтом (французская компания Acome), Томашем Кватерским и Томашем Неволиком (немецкая компания Microsens).

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О СКС И ЕЕ ОПТИЧЕСКОЙ ПОДСИСТЕМЕ

1.1. Структура СКС

1.1.1. Подсистемы СКС

В общем случае согласно международному стандарту ISO/IEC 11801:2002 [6] структурированная кабельная система включает в себя три подсистемы (см. рис. 1).

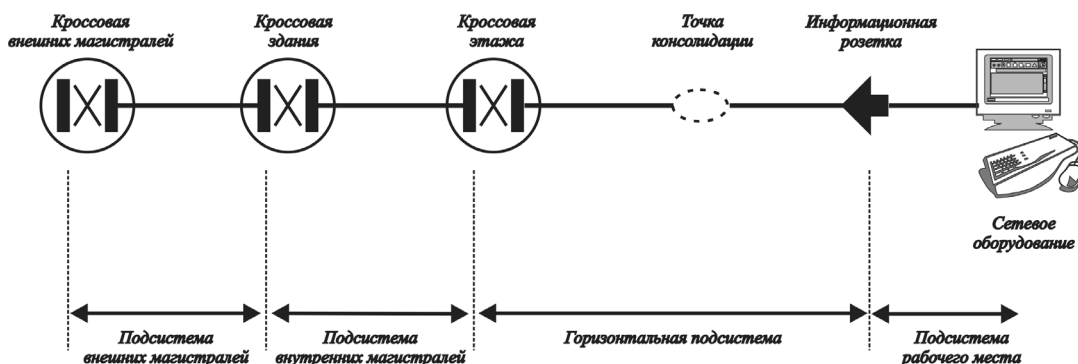


Рис. 1. Подсистемы СКС

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

ет. В строительных объектах с большими размерами в случае реализации СКС по американским стандартам к подсистеме внешних магистралей относятся те кабели, которые имеют длину свыше 300 м, хотя фактически не выходят за пределы здания.

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

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

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

В самом общем случае СКС согласно действующим редакциям нормативно-технических документов включает в себя следующие восемь основных укрупненных функциональных компонентов:

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

В зависимости от области использования и специфики реализуемого проекта конкретное конструктивное исполнение этих компонентов может меняться в достаточно широких пределах.

Все три подсистемы СКС имеют одинаковую структуру и содержат линейный кабель, все проводники и световоды обоих концов которого в обязательном порядке подключаются к коммутационному оборудованию, и шнуровые изделия различных видов, находящиеся в техническом помещении более высокого уровня. При построении горизонтальной подсистемы могут использоваться дополнительные компоненты, не оказывающие принципиального влияния на данную структуру: точка консолидации в линейной части и панель отображения портов активного сетевого оборудования с соответствующими шнуровыми изделиями при построении коммутационного поля по схеме cross-connect (см. параграф 1.3.2).

Подсистема рабочего места согласно стандартам ISO/IEC 11801:2002 и TIA/EIA-568-B.1 [7] не входит в состав структурированной проводки. Основным назначением ее оборудования является подключение к СКС активных сетевых приборов на рабочих местах. Конструкция применяемой для ее реализации элементной базы сильно зависит от конкретного приложения. Тем не менее компоненты подсистемы рабочего места являются неотъемлемой составной частью тракта передачи сигнала. Поэтому нормативные документы накладывают на ее параметры и характеристики определенные ограничения.

В подавляющем большинстве случаев подключение к СКС сетевого оборудования и коммутация отдельных портов кабельной системы осуществляются с помощью шнуровых изделий самых разнообразных видов. Применение различных переключателей для решения задач коммутации, несмотря на их очевидные технические и эксплуатационные преимущества, не получило широкого распространения из-за существенно меньших функциональных возможностей. В некоторых ситуациях, обусловленных главным образом конструктивными особенностями портов активных сетевых приборов, кроме шнура, может понадобиться адаптер, обеспечивающий согласование сигнальных и механических параметров оптических или электрических интерфейсов СКС и сетевого оборудования.

1.1.2. Технические помещения

Технические помещения необходимы для построения СКС и ИВС предприятия в целом. Основным назначением этих архитектурных объектов с точки зрения СКС является обеспечение необходимых условий функционирования коммутационного оборудования, обслуживающего нескольких пользователей. В технических помещениях закладываются также каналы кабельных трасс. В общем случае они делятся на аппаратные, кроссовые и помещение входного кросса.

Аппаратной (equipment room) называется техническое помещение, в котором наряду с групповым коммутационным оборудованием СКС располагается сетевое оборудование коллективного пользования масштаба предприя-

тия (УПАТС, серверы, коммутаторы). Уровень устанавливаемых в аппаратной различных устройств и систем инженерного обеспечения должен соответствовать уровню монтируемого в ней компьютерного и телекоммуникационного оборудования.

Кроссовая (telecommunications room) представляет собой помещение, в котором размещается коммутационное оборудование СКС, сетевое и другое вспомогательное оборудование, в подавляющем большинстве случаев обслуживающее ограниченную группу пользователей. При этом уровень оснащения кроссовой оборудованием инженерного обеспечения ее функционирования в целом исходя из перечня выполняемых ею функций является более низким по сравнению с аппаратными. В зависимости от решаемой задачи в СКС различают несколько разновидностей кроссовых. В кроссовой внешних магистралей (КВМ) со стороны нижнего уровня сходятся кабели внешней магистрали, подключающие к ней отдельные кроссовые здания (КЗ). В КЗ со стороны нижнего уровня заводятся внутренние магистральные кабели, подключающие к ним кроссовые этажей (КЭ). КЭ, в свою очередь, горизонтальными кабелями подключены розеточные модули ИР рабочих мест.

Помещение входного кросса (building entrance facility) предназначено для монтажа интерфейсного оборудования, обеспечивающего передачу информационных сигналов между ИВС предприятия и различными телекоммуникационными операторами.

В практике выполнения конкретных проектов широко используется совмещение в одном техническом помещении нескольких функций. В рамках реализации данного принципа кабели внешних телекоммуникационных операторов могут заводиться непосредственно в аппаратную без организации выделенного помещения входного кросса. Сама аппаратная может быть совмещена с одной из кроссовых. В этом случае находящееся в ней 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 ИР, аналогичным розеткам рабочих мест.

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. Стандарты рекомендуют организовывать КЭ на каждом этаже.

Если плотность рабочих мест на этаже или его части мала, то их ИР допускается подключать горизонтальными кабелями к коммутационным панелям КЭ смежных этажей. Единственным требованием при этом является соблюдение ограничений по длине кабеля стационарной линии и общей протяженности тракта.