

WHITE PAPER

09 2019

КАКИЕ КАБЕЛИ СЛЕДУЕТ УСТАНАВЛИВАТЬ В СКС — 5Е, 6 или 6_A?

АНДРЕЙ СЕМЁНОВ

ГОРДЕЙ БАБАЕВСКИЙ



Solution Eugolan Europe AB 2006—2019

КАКИЕ КАБЕЛИ СЛЕДУЕТ УСТАНАВЛИВАТЬ В СКС — 5Е, 6 или 6А?

Одной из характерных особенностей современного этапа развития систем автоматизации становится быстрый рост числа областей использования компьютерной техники и глубины ее проникновения в уже существующие. Традиционные офисные информационно-телекоммуникационные системы (ИТС) дополнились системами промышленного назначения, учебных и лечебных заведений, управления инженерным оборудованием объекта недвижимости и т. д. Немаловажное значение в этой связи приобретает быстро набирающая популярность концепция Интернета вещей (IoT), согласно которой в область действия техники автоматизации включаются практически все предметы и устройства, допускающие дистанционное управление или контроль их состояния. Результатом этих процессов стал закономерный качественный переход: объект недвижимости трансформировался в интеллектуальное здание, которое, в свою очередь, представляет собой часть «умного города».

Основу физического уровня ИТС интеллектуального здания образуют кабельные каналы связи, большинство из которых реализуется на кабелях из витых пар. Волоконно-оптические линии используются на магистральных уровнях ИТС, а их количество заметно уступает числу электропроводных линий. Коаксиальные и триаксиальные кабели встречаются только в определенных узких нишевых областях. Витопарные изделия задействуются

- в классической структурированной кабельной системе (СКС);
- на участке последнего метра последней мили сетей доступа;
- при реализации внутриобъектовых систем автоматизации инженерных систем.

В ближайшее время количество кабельных линий ИТС должно заметно увеличиться с началом широкомасштабной реализации Интернета вещей (IoT).

ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ВЫБОРА КАТЕГОРИИ

Проблема выбора категории кабельных изделий информационной проводки возникла из-за совокупности факторов:

- как инфраструктурный компонент современного объекта недвижимости проводка не должна морально устаревать на протяжении всего межремонтного срока службы здания;
- горизонтальный кабель современной ИТС должен выполнять не только свои основные функции, но и ряд дополнительных (наиболее востребована среди них поддержка дистанционного питания PoE);
- линейные кабели физического уровня ИТС представляют собой наиболее дорогостоящую его часть, что демонстрирует *Рис. 1*, т. е. правильный выбор их параметров заметно сказывается на суммарных затратах.



Рис. 1. Типичная структура затрат (элементная база + инсталляционные работы) на построение офисной СКС

Отметим, что при построении ИТС вне офиса структура затрат *Рис. 1* испытывает определенные изменения непринципиального характера. Например, в системах промышленного назначения

доля кабеля растет из-за увеличения средней протяженности линий, а в домашних СКС падает более чем в 1,5 раза из-за характерных для них линий небольшой длины.

Промышленность предлагает разнообразную серийную кабельную технику, которая полностью выполняет требования стандартов и отличается

- количеством витых пар, *Рис. 2*;
- диаметром токопроводящей жилы (ТПЖ), например, в кабелях V-Link для систем видеонаблюдения;
- категорией, определяемой частотными свойствами и (или) параметрами влияния (5, 5е, 6 и 6А);
- материалом ТПЖ – чисто медные и из омедненного алюминия;
- наличием различных видов экранирующих покрытий (пленки, оплетки, разрывные незаземленные – кабель Zebra).

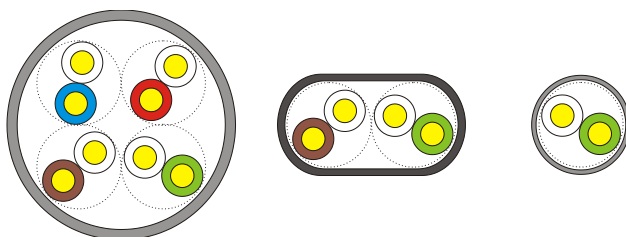


Рис. 2. Варианты U/UTP-кабелей из витых пар, используемых в современных и перспективных информационных системах

При столь широком разнообразии предложения в сочетании с необходимостью одновременно учитывать большое количество разноплановых и в то же время значимых факторов проблема выбора приобретает особую остроту.

Обращение к нормативным документам лишь частично сужает поле возможных решений. Так, при построении СКС допустимы только 4-парные конструкции с медными ТПЖ категорий 5е – 6А.

По стандарту ISO/IEC 11801-2 в редакции 2017 года линии офисных СКС должны обеспечивать характеристики класса E, что может быть достигнуто только на элементной базе категории не ниже 6. Еще более жесткие требования выдвигает ISO/IEC 11801-5 для ЦОД: только категория 6А. Нормативная информация о предпочтительных областях применения экранированной техники ограничена СТР-97. Согласно этому документу при построении сетей для передачи конфиденциальной информации допустимы только конструкции класса не ниже S/FTP.

Определенные рекомендации можно найти в спецификациях активного сетевого оборудования. Например, популярные в системах управления инженерным обеспечением объектов недвижимости интерфейсы RS используют 2-парные конструкции.

Серьезным подспорьем для проектировщика становится обобщение данных по реализованным проектам внутриобъектовых информационных кабельных систем, которые приведены в *табл. 1*. Тем не менее даже она оставляет без ответа многие практически важные вопросы.

Таблица 1. Области применения различных вариантов кабелей из витых пар

Область применения	Число пар			Категория *				Наличие экрана		Материал ТПЖ	
	4	2	1	<5е	5е	6	6А	U/UTP	x/xTP	Cu	ССА
СКС	x				x	x	x	x	x	x	
Сети доступа	x	x		x	x			x		x	x
Системы автоматизации	x	x		x	x			x	x	x	
IoT			x		x	x	x	x	x	x	

* Понятие «категория» в отношении 2- и 1-парных конструкций трактуется исключительно с точки зрения рабочего частотного диапазона

ПРЕИМУЩЕСТВА КАБЕЛЕЙ КАТЕГОРИИ 6 И 6_A

Основу современных СКС в соответствии с требованиями стандартов должны составлять продукты категорий 6 и 6_A. От кабелей категории 5e они отличаются преимущественно следующим:

- увеличенным до 0,55 (техника категории 6) и 0,57 мм (категория 6_A) диаметром ТПЖ;
- уменьшенным в 1,5–2 раза шагом скрутки для получения заданных значений параметров влияния NEXT и FEXT, а также их суммарных вариантов PS-NEXT и PS-FEXT;
- иным составом и структурой изоляции для гарантированного достижения необходимых характеристик в расширенном частотном диапазоне.

Несмотря на большее количество пластика в конструкции кабелей категорий 6 и 6_A модификация рецептуры оболочки позволяет ей полностью удовлетворять требованиям противопожарных норм.

Современные кабели категорий 6 и 6_A не только позволяют выполнить требования последних редакций стандартов, но и обеспечивают ряд свойств, важных для практики построения информационных систем.

На конструкциях категории 6_A с применением надлежащей коммутационной техники гарантированно обеспечиваются скорости передачи данных вплоть до 10 Гбит/с при длине тракта как минимум 100 м¹.

За счет увеличенного диаметра ТПЖ в трактах длиной до 100 м создаются наилучшие условия дистанционного питания терминальных устройств по технологии PoE+ и выше с доведением максимальной потребляемой мощности вплоть до 100 Вт².

Таблица 2. Максимальная длина шнуров уменьшенного диаметра в зависимости от категории линейного кабеля (стационарная линия 90 м)

Диаметр ТПЖ, мм (категория)	Допустимая длина шнуров, м
0,52 (5e)	8
0,55 (6)	12
0,57 (6 _A)	15

Запасы по затуханию, которые обеспечивает техника категории 6 и 6_A, позволяет эффективно использовать в кабельной системе тонкие (диаметром порядка 4,0 мм) коммутационные шнуры с повышенным затуханием (коэффициент электрического удлинения 1,9 вместо 1,2...1,5 для обычных шнуров), табл. 2.

Меньшее затухание техники категории 6_A позволяет в обоснованных случаях увеличить предельную протяженность тракта свыше 100 м без применения репитеров. При построении линии по схеме direct connection значение этого параметра тракта на основе кабеля Zebra достигает 150 м (специализированный кабель V-Link обеспечивает 200 м).

ЕСТЬ ЛИ ПЕРСПЕКТИВА У ТЕХНИКИ У КАБЕЛЕЙ КАТЕГОРИЙ 7, 7_A И 8?

По своим параметрам кабели категорий 7, 7_A и 8 в 1,5–2 раза превосходят свои менее широкополосные аналоги, что демонстрирует Рис. 3. На нем показана зависимость произведения $N = L \times f_v$, МГц × 100 м, где L – максимальная гарантированная протяженность тракта, а f_v – верхняя

¹ При выполнении некоторых простых дополнительных условий кабель категории 6_A м. б. пересертифицирован на категорию 8.1 и в состоянии поддерживать скорость 40 Гбит/с в трактах длиной до 32 м.

² Последние исследования показывают, что в случае изменения рецептуры изоляции, что является необходимым условием увеличения максимальной рабочей температуры кабеля до 70 °С из-за роста передаваемого им тока, мощность терминального устройства может достигать 130 Вт.

граничная частота от номера категории. В данном случае H представляет собой численную меру технической эффективности техники конкретной категории.

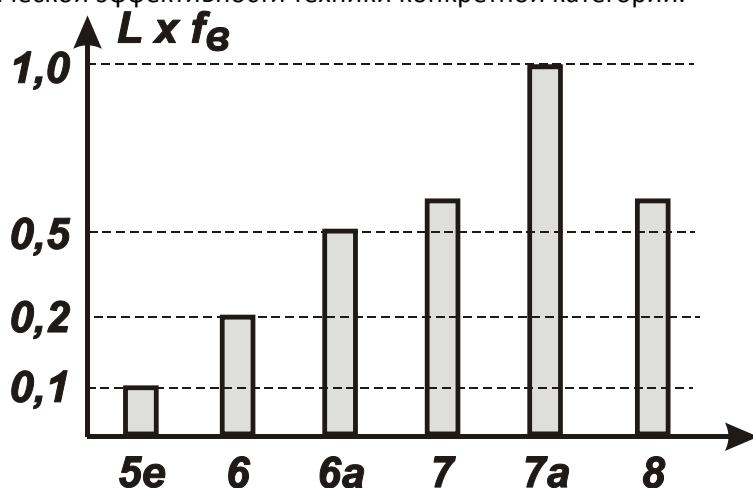


Рис. 3. Параметр технической эффективности кабелей в зависимости от номера категории

Из этой диаграммы наглядно следует увеличение технической эффективности горизонтальных кабелей СКС по мере увеличения их категории.

Снижение H до 0,6 при переходе к категории 8 не должно вводить в заблуждение:

- тракты категории 8 (класса G) поддерживают скорость 40 Гбит/с, чего не обеспечивает техника иных разновидностей;
- еще в 2009 году была экспериментально продемонстрирована возможность передачи по прототипу кабеля категории 8 информационного потока со скоростью 100 Гбит/с на расстояние в 100 м, что соответствует $H = 2,0$.

Тем не менее эти высокочастотные кабели в массовой практике реализации проектов востребованы незначительно по следующим причинам:

- изделия категорий выше 6a могут быть выполнены только в экранированном варианте, что существенно ухудшает их массогабаритные параметры и требует качественного телекоммуникационного заземления;
- высокая пропускная способность трактов может быть достигнута только в случае применения разъемов Tera, GG-45 и ARJ-45, розетки которых механически несовместимы с вилками модульных разъемов RJ45;
- для оборудования категории 8 в настоящее время отсутствуют сетевые адаптеры, коммутаторы и иные активные сетевые устройства.

Результат совместного действия этих факторов – потенциал техники категорий 7, 7a и 8 не может быть реально использован в полной мере, а неизбежные дополнительные затраты на более качественную продукцию ложатся мертвым грузом на бюджет проекта. Отсюда необходимость применения данных изделий должна обосновываться отдельно.

ТЕХНОЛОГИЯ PoE И КАТЕГОРИЯ КАБЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Технология PoE дистанционного питания маломощных терминальных устройств по кабельным трактам на основе симметричного кабеля быстро набирает популярность.

При выборе категории линейных кабелей в связи с этим приходится принимать во внимание, что процесс подключения PoE-приемника происходит в автоматическом режиме в результате диалога с инжектором. Перед подключением проверяется ряд параметров, один из которых – шлейфовое сопротивление витой пары (необходимость контроля определяется тем, что каждая пара играет роль прямого или обратного направления фантомной цепи, которая берет на себя функции передачи тока от источника к нагрузке). Оно же непрерывно контролируется в процессе работы, а превышение этим параметром порогового значения используется как критерий отключения нагрузки.

В свою очередь шлейфовое сопротивление зависит

- от протяженности линии;
- диаметра токопроводящей жилы;
- температуры окружающей среды.

По мере роста класса PoE (максимально допустимой мощности нагрузки) требования к шлейфовому сопротивлению ужесточаются.

Особенность техники PoE – отключение по превышению шлейфового сопротивления происходит намного раньше по сравнению с прекращением связи из-за недопустимо большого количества сбойных пакетов.

С учетом этой особенности при наличии в ИТС ожидаемого в обозримой перспективе внедрения терминального оборудования класса PoE+ и PoE++ линейную часть трактов целесообразно строить на кабелях категории 6A, которые имеют увеличенный диаметр жил витых пар.

При выборе исполнения линейных кабелей необходимо дополнительно учитывать следующее:

- для некоторых ИТС характерны высокие риски нагрева кабелей до 30 °C и более. Они возникают из-за применения терминальной техники класса PoE+ и выше, когда мощность потребления питаемого устройства составляет несколько десятков ватт;
- кабельные трассы относятся к числу тех архитектурных элементов, в которых не поддерживается заданная температура.

В подобных случаях для реализации линейной части кабельных трактов целесообразно применять экранированную технику категории 6A. Если во всем рабочем температурном диапазоне шлейфовое сопротивление экранированного кабеля растет с темпом 0,2 %/°C, тогда как у U/UTP-конструкции этот коэффициент в диапазоне 20...40 °C вдвое выше и увеличивается до 0,6 %/°C в диапазоне 40...60 °C.

Таким образом, в наихудших условиях переход на экранированный кабель обеспечивает 12-процентный выигрыш по максимальной протяженности тракта.

Отметим, что особенности устройства кабельного тракта для систем дистанционного питания PoE, в том числе количество кабелей в жгуте и его предельная протяженность, должны соответствовать требованиям стандарта ISO/IEC 29125. Контроль соблюдения данного положения выполняется расчетным путем при проектировании ИТС. Дополнительные сведения об этом можно почерпнуть в <http://www.eurolan.com/upload/iblock/ca7/tekhnologiya-distantsionnogo-pitaniya-po-elektroprovodnym-kabelnym-traktam-iz-vitykh-par.pdf>.

СХЕМА ВЫБОРА КАТЕГОРИИ ДЛЯ ОФИСНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПРОВОДКИ

Изложенные выше соображения дают возможность конкретизировать процедуру выбора категории кабельных изделий для большинства проектов. С учетом достигнутого уровня техники и того, что

- большинство проектов ИТС на современном этапе развития реализуется в офисных системах;
- более жесткие по сравнению с типовыми требованиями в части технической безопасности ИТС выдвигаются довольно редко;
- в офисных помещениях обеспечена нормальная электромагнитная обстановка;
- отечественный рынок СКС ориентирован на неэкранированную технику,

задачу выбора можно свести к совместному учету двух основных факторов: скорости передачи данных и мощности терминальных PoE-устройств. В графической форме это представлено на *Рис. 4*.

4.

Из анализа *Рис. 4* следует:

- предпочтительная категория кабеля – 6A;
- технику категории 6 целесообразно использовать только в небольших сетях, предельная протяженность тракта которых не превышает 55 м.

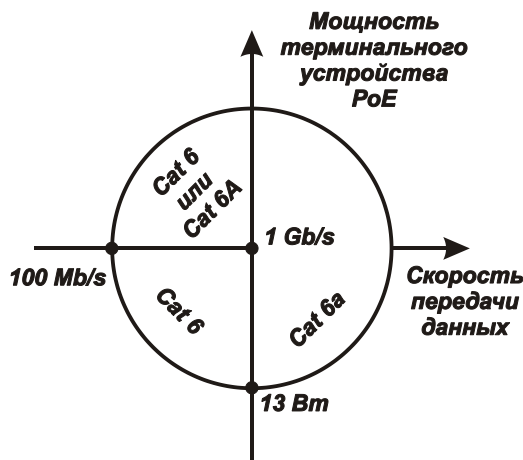


Рис. 4. Области применения кабелей высоких категорий по критерию «скорость передачи – мощность»

СПЕЦИФИКА ЭКРАНИРОВАННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Свыше 90 % всех проектов СКС в России реализуются на базе U/UTP-кабелей. Экранированная техника в различных вариантах, Рис. 5, применялась преимущественно там, где требовалось выполнить положения

- корпоративных стандартов (главным образом представительства, филиалы и совместные предприятия иностранных компаний);
- норм в части обеспечения конфиденциальности передаваемой информации.

Известное преимущество экранов – высокая устойчивость к внешним электромагнитным помехам – было не востребовано, поскольку электромагнитная обстановка на объекте жестко контролировалась СанПиН.

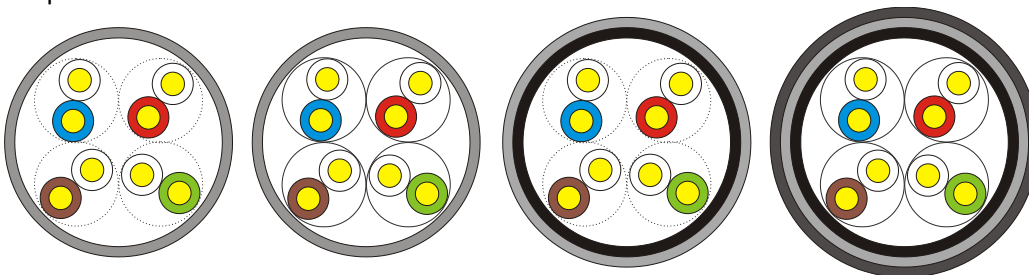


Рис. 5. Варианты исполнения горизонтальных кабелей

Полномасштабное использование запасов по защищенности от помехи затруднено по следующим причинам:

- экранированная техника требует качественного телекоммуникационного заземления и более сложна в инсталляции из-за необходимости выполнения большего количества монтажных процедур;
- из-за влияния экрана на распределение тока по сечению ТПЖ получение 100-омного волнового сопротивления при сохранении площади жилы требует обязательного увеличения диаметра изоляции, что неизбежно удорожает кабель.

В результате более высокая стоимость экранированной техники оборачивается неоправданным удорожанием бюджета проекта.

Переход на незаземленные конструкции с разрывным экраном (технология Zebra) лишь частично устраняет указанные недостатки.

Эффективность применения экранированных кабелей заметно увеличивается в следующих двух ситуациях, которые все чаще встречаются в современных офисах. Они задействуются при необходимости

- увеличения скорости передачи свыше 1 Гбит/с, что важно при создании сетей WiFi;
- обеспечения дистанционного питания маломощных терминальных устройств по технологии PoE.

Наращивание скорости, даже несмотря на применение многоуровневого линейного кодирования и схемы параллельной передачи, неизбежно сопровождается расширением спектра линейного сигнала до 500...700 МГц, что приводит к проблемам обеспечения выполнения норм по внутрикабельным переходным влияниям. Полноценное решение этой задачи с помощью сепараторов и наращивания эффективной толщины оболочки сопровождается резким ростом диаметра кабеля (вплоть до 8,0...8,5 мм) и соответствующим ухудшением его массогабаритных параметров. В такой ситуации хорошей альтернативой становится внедрение экранированных конструкций. Переход на экранированную технику позволяет ограничить внешний диаметр значением порядка 6,5 – максимум 7,0 мм, что снижает затраты, упрощает монтаж и позволяет более полно задействовать кабельные трассы.

Еще одна проблема возникает при совместной передаче по разным кабелям в одном канале сигналов 10G Ethernet и 1G Ethernet. Вследствие заметно менее широкого спектра линейного сигнала 1G Ethernet он оказывает существенно большее влияние на сигналы 10G Ethernet, причем оно не может быть подавлено цифровым сигнальным процессором интерфейса. В качественной форме причину возникновения этого явления демонстрирует *Рис. 6*. Разделение кабелей по разным секциям сложно организационно и снижает эффективность использования кабельных каналов.

Применение для поддержки функционирования 10-гигабитной техники экранированных кабелей даже в варианте F/UTP в таких ситуациях выгодно по двум причинам:

- полностью устраняется эффект межкабельного взаимного влияния;
- заметно снижается внешний диаметр одиночного изделия, что экономит дефицитную площадь кабельных трасс.

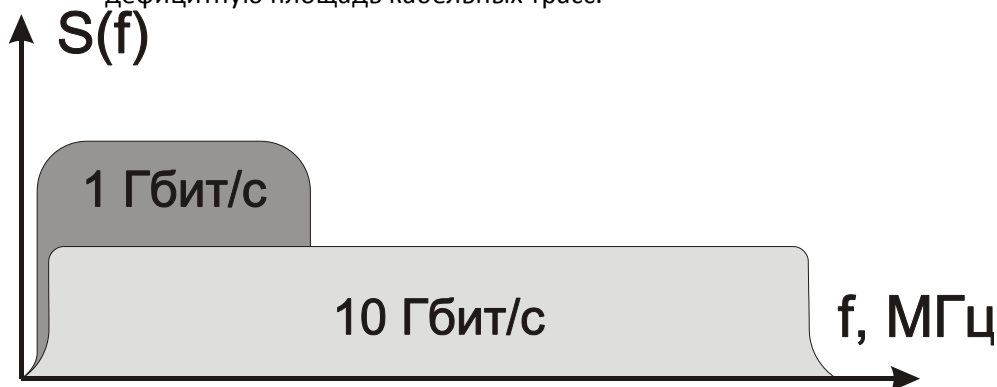


Рис. 6. Спектры выходных сигналов передатчиков сетевых интерфейсов 10G Ethernet и 1G Ethernet

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ БЕСПРОВОДНОГО ДОСТУПА НА ВЫБОР КАТЕГОРИИ КАБЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Как ни парадоксально, но массовое использование в ИТС популярной технологии WiFi беспроводного доступа к ресурсам сети не уменьшает количество потребляемого кабеля, а только увеличивает его. Это определяется

- необходимостью увеличения плотности расположения точек беспроводного доступа по мере роста скоростей передачи;

- реализацией WiFi-системы преимущественно в виде гостевой сети, что позволяет эффективно решить проблему скорости подключения к информационным ресурсам предприятия, облегчает построение антивирусной защиты, упрощает выполнение требований защиты от несанкционированного доступа к конфиденциальной информации и т. д.

При наличии на объекте недвижимости развитой системы WiFi для подключения ее точек доступа к ИТС рекомендуется применять кабельные тракты категории 6_A. В основу данной рекомендации положены следующие соображения:

- в первую очередь значительно менее жесткие ограничения по предельной протяженности тракта (до 100 м вместо 50...70 м на технике категории 6 с необходимостью проведения дополнительных измерений);
- возможность дистанционного питания таких точек, в том числе при их значительном удалении от ближайшего коммутатора;
- наблюдающийся в последнее время тренд на массовое внедрение сетей WiFi со скоростями передачи 2,5 и 5 Гбит/с, дополненный переходом в обозримой перспективе к 11-гигабитным сетям.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Затраты на кабели из витых пар различного назначения и процесс их прокладки образуют наиболее ресурсоемкую часть информационной кабельной системы гражданского и специального строительства. Эта особенность требует пристального внимания при выборе параметров подобной техники и в первую очередь категории. Представленные соображения позволяют сформулировать следующие базовые положения и рекомендации в этой области.

1. Рост категории линейных симметричных кабелей – объективный процесс, в основе которого лежит увеличение скоростей передачи данных и мощность питаемого по PoE терминального оборудования.
2. Горизонтальную подсистему современной СКС целесообразно создавать на кабелях как минимум категории 6 или 6_A, что позволяет не только выполнить требования стандартов, но и обеспечить достаточный «запас прочности» кабельной системы на все время ее эксплуатации без рисков морального устаревания.
3. Применение в проектах кабелей категорий 7, 7_A и 8 требует отдельного обоснования ввиду избыточности их характеристик, необходимости наличия качественного телекоммуникационного заземления и несовместимости техники, используемой для их оконцевания, с элементами модульных разъемов RJ45.
4. Экранированные кабели в комбинации с соответствующим коммутационным оборудованием должны привлекаться для построения физического уровня ИТС только при наличии дополнительных требований к защите информации от несанкционированного доступа и при невозможности обеспечения в линейной части трактов нормального температурного режима.