

EUROLAN

WHITE PAPER

05 2026

ТЕХНОЛОГИЯ Wi-Fi 7 и НОВЫЕ ВЫЗОВЫ для СКС

EUROLAN
— C O N N E C T I T —

Eurolan 2002–2026

Технология Wi-Fi 7 и новые вызовы для СКС

Характерной чертой текущего этапа нового строительства, реновации и переоборудования объектов недвижимости офисного назначения становится резкое увеличение количества устанавливаемых в них слаботочных систем различного назначения, которые предназначены для предоставления различных видов связного и информационного сервисов. Полную совокупность таких систем в дальнейшем обозначаем как внутриобъектовая информационно-телекоммуникационная система (ВИТС).



В реалиях сегодняшнего дня ВИТС следует считать таким же полноценным компонентом инженерного обеспечения офисного здания, как классические водопровод, вентиляция, канализация и т. д. Основная цель ее внедрения – создать условия для максимального наращивания производительности труда в сочетании с обеспечением наиболее полного комфорта и безопасности постоянным сотрудникам и посетителям офиса. Внедрение полномасштабной ВИТС на объекте недвижимости позволяет вывести объект недвижимости на принципиально новый уровень – он переходит в разряд «умного дома».

Входящие в ВИТС отдельные системы строятся с привлечением проверенной временем модели OSI взаимодействия открытых систем, а ее физический уровень в реалиях сегодняшнего дня реализуется главным образом в виде структурированной кабельной системы (СКС).

Беспроводная техника (преимущественно в виде Wi-Fi различных поколений; Li-Fi, несмотря на наличие стандарта IEEE 802.15.7, в реальных проектах встречается буквально в единичных случаях) применяется там, где использование кабельных решений невозможно или нецелесообразно по тем или иным причинам. При этом точки доступа подключаются к ВИТС с использованием кабельных трактов СКС.

Применяемые при реализации СКС структурные решения и элементная база должны соответствовать требованиям профильных стандартов, которые действуют на международном (ISO/IEC 11801), региональном (EN 50173) или национальном (ANSI/TIA/EIA 568, ГОСТ Р 53246-2025) уровнях. Актуальные редакции этих документов отличаются высокой степенью гармонизации. Данная особенность позволяет в дальнейшем оперировать обобщенным понятием «кабельный стандарт» без указания его конкретного идентификатора.

В практике реализации проектов нередко встречаются ситуации, когда по тем или иным причинам возникает потребность в отказе от жесткого соблюдения нормативных требований. В этом случае все равно из соображений наращивания результирующего технико-экономического эффекта максимально полно продолжает использоваться серийная элементная база СКС. В качестве примера практической реализации такого подхода допустимо сослаться на систему V-Link компании Eurolan с предельной дальностью действия 200 м. Для реализации линейной части этого продукта применяется кабель с токопроводящими жилами витых пар увеличенного диаметра, который подключается к типовому коммутационному оборудованию.

Технические требования к этой части информационной проводки хорошо отработаны и с достаточной для практики степенью полноты зафиксированы в стандартах. Необходимость в более или менее глубокой коррекции имеющихся принципов и приемов тактического уровня возникает только в случае внесения значимых изменений в саму СКС или в отдельные ее составляющие. При этом вводимые

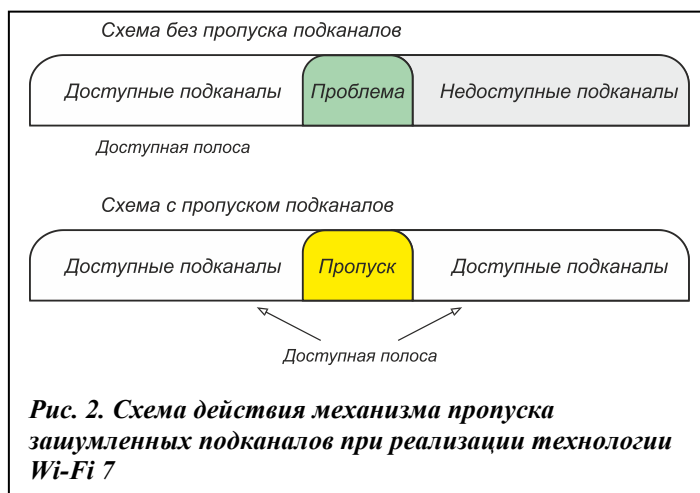
изменения как средство наращивания потребительской ценности создаваемой проводки в обязательном порядке должны улучшать если не все, то хотя бы часть критериев (Рис. 1).

Нагрузка на СКС

СКС представляет собой ресурс, а подключаемые к ней терминальные сетевые устройства оказывают на него определенную нагрузку. При этом характер нагрузки де-факто демонстрирует явно выраженный дуализм. С одной стороны, он определяется общим количеством портов, или, что более корректно с учетом устройств цифрового потолка, общим числом точек подключения, которые требуются для обслуживания различного сетевого терминального оборудования в процессе текущей эксплуатации и с учетом перспектив развития ВИТС. С другой стороны, любой кабельный тракт должен обеспечить такие скорость и качество передачи, которые необходимы для полноценной реализации всех без исключения функциональных возможностей конкретного терминального устройства.

Относительно первого из этих положений вплоть до конца первого десятилетия текущего века обоснованно считалось, что основным источником нагрузки на ресурсы информационной проводки выступает классическая настольная терминальная техника индивидуального пользования. Таковыми являются рабочие станции локальной сети и телефоны. Расход портов для обслуживания групповой техники нижней установки типа сетевых принтеров обычно крайне мал (не превышает небольших единиц процентов) и, как правило, отдельно учитывается только в процессе рабочего проектирования.

Устройства цифрового потолка (к которым относятся контроллеры инженерного обеспечения здания, камеры системы видеонаблюдения, терминалы системы контроля и управления доступом и аналогичные им) количественно заметно уступают настольной сетевой технике. Так, согласно оценкам специалистов компании Siemon, на начало текущего десятилетия количество точек подключения вновь вводимых в состав ВИТС систем не превышает 15 % от количества типовых абонентских портов даже в случае реализации пользовательских информационных розеток по нижнему допустимому стандартам двухпортовому пределу.



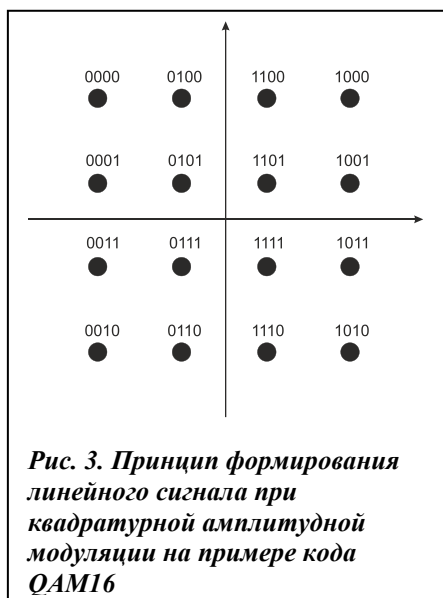
С точки зрения кабельной системы создание и последующая эксплуатация большинства вновь вводимых в состав ВИТС систем весьма удобны благодаря их умеренным требованиям к поддерживаемым скоростям передачи. Иначе говоря, учет их поддержки сводится к механическому наращиванию точек подключения терминального оборудования. Для большинства таких систем вполне достаточно техники даже категории 5е. Привлечение для этой цели оборудования категории 6 и выше обычно обосновывается соображениями удобства применения во всем проекте единой элементной базы при

минимальном росте капитальных затрат. Немаловажное значение приобретает также возможность охвата всей слаботочной кабельной системы полноценной гарантией производителя. Кроме того, техника категории 6 существенно лучше подходит для оборудования PoE, особенно при высоких мощностях потребления терминальной техники.

Из представленной достаточно однородной общей картины вновь вводимых в состав ВИТС информационных систем заметно выпадает сеть Wi-Fi, точки доступа которой используют проводные каналы связи для подключения к информационной системе. При этом указанное выпадение, которое целиком и полностью определяется конструктивными особенностями точек беспроводного доступа, примечательно тем, что происходит как по количественному, так и по скоростному параметрам одновременно.

Ключевые особенности оборудования Wi-Fi стандарта Wi-Fi 7

Техника беспроводного доступа внедряется в массовую практику строительства внутриобъектовых информационных систем с конца 90-х годов прошлого столетия. Новейшим представителем этой разновидности оборудования является Wi-Fi 7. Его параметры фиксируются стандартом IEEE 802.11be (Extremely High Throughput, EHT), который был официально утвержден 22 июля 2024 года. Применение техники Wi-Fi 7 обеспечивает ряд значимых практических преимуществ.



Главное потребительское достоинство оборудования Wi-Fi 7 по сравнению с его предшественником, Wi-Fi 6, сводится к 4-кратному росту быстродействия. В спецификации заявляется о максимальной теоретической скорости в радиоканале 46 Гбит/с, хотя в реальных условиях техника работает на скоростях не более 10 Гбит/с, остальное де-факто выполняет функции резерва на случай резкого всплеска трафика. Для достижения столь впечатляющего результата разработчики были вынуждены использовать целый комплекс технических приемов. Основные из них заключаются в следующем:

- формирование пользовательского канала в полосе 320 МГц за счет объединения нескольких узкополосных (технология Multi-RU), причем по мере наращивания центральной частоты рабочего диапазона количество таких каналов увеличивается (см. Табл. 1);
- применение механизма пропуска подканалов с помехами через их блокировку с подключением следующих

подканалов в процессе формирования широкополосного канала (схему действия этого механизма демонстрирует Рис. 2);

- использование дискретной квадратурной амплитудной модуляции типа QAM 4096, которая позволяет передавать 12 бит информации за один тактовый интервал (принцип формирования линейного сигнала при квадратурной амплитудной модуляции на примере кода QAM16 представлен на Рис. 3);

- адаптация к новой области известной из техники радиорелейных систем сетей связи общего

Табл. 1. Количество 320-мегагерцовых каналов для рабочих диапазонов оборудования Wi-Fi 7

Диапазон, ГГц	Количество каналов
2,4	13
5	33
6	59

пользования одновременной многоствольной передачи, которая в данном случае реализована в форме технологии Multi Link Operations (MLO).

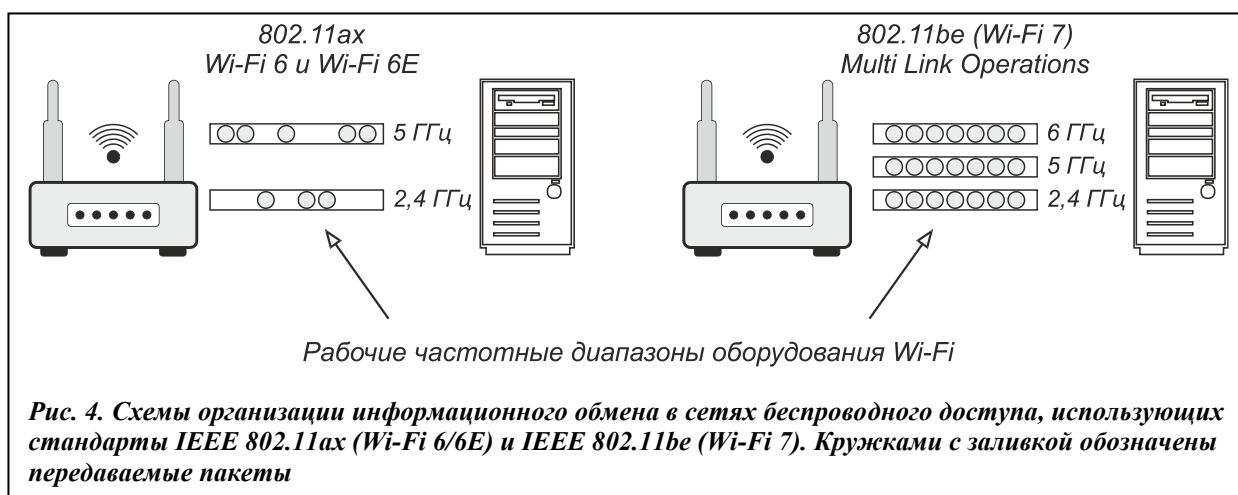
Суть технологии MLO заключается в том, что, аналогично прототипу, точка доступа стандарта Wi-Fi 7 в процессе формирования высокоскоростного канала беспроводной связи осуществляет одновременную передачу в диапазонах 6; 5 и 2,4 ГГц. При этом каждый из

этих диапазонов может использоваться одновременно с остальными и независимо от них, Рис. 4. В процессе разработки технологии также:

- дополнительно усилена защита от несанкционированного доступа, что крайне важно для радиосетей, введением протокола WPA3, который устраняет ряд уязвимых мест его предшественников;
- снижена задержка до значения порядка 1 мс, в т. ч. за счет приоритизации чувствительного к задержке трафика и динамического выделения ресурсов пропускной способности, требуемых для передачи скоростных информационных потоков.

Основные области и перспективы применения оборудования Wi-Fi 7

Высокое быстродействие оборудования стандарта Wi-Fi 7 открывает перспективы его применения



для беспроводного подключения различных терминальных устройств, нормальное функционирование которых требует, как минимум, гигабитных скоростей информационного обмена. В качестве подобных можно указать:

- отдельные рабочие станции;
- игровые консоли реального времени;
- телевизионные экраны высокого разрешения;
- все типы оборудования виртуальной, смешанной и дополненной реальности;
- некоторые разновидности медицинской техники.

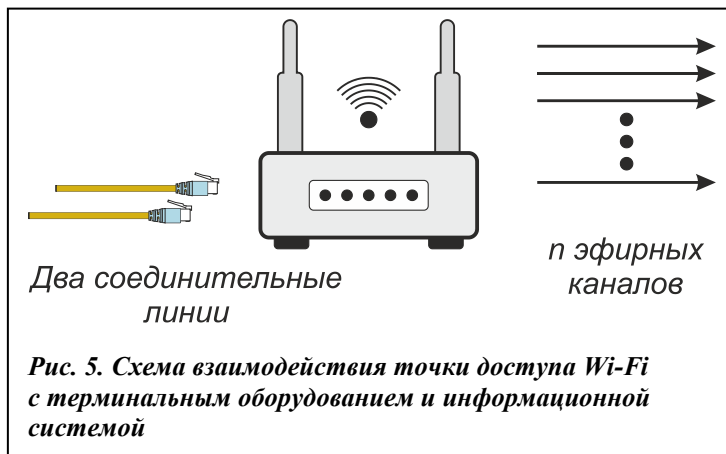
Точки доступа стандарта Wi-Fi 7 по комплексу своих параметров вполне пригодны для применения в составе:

- сетей интеллектуальных датчиков и интернета вещей, в т. ч. промышленного назначения;
- систем управления автоматизированными складами;
- систем управления беспилотными автомобилями.

О рыночном потенциале внутриобъектовых беспроводных сетей стандарта Wi-Fi 7 свидетельствуют доступные материалы маркетинговых исследований. В частности, после ожидаемого в 2027 году начала массового внедрения соответствующих адаптеров в технику среднего и отчасти бюджетного ценового сегментов ожидается быстрый рост потребности в необходимой сетевой инфраструктуре. Оценки, выполненные BICSI, показывают, что к 2030 году объем этой части общемирового ИТ-рынка вырастет практически на порядок и достигнет 24 миллиардов долларов. Лидером станет Северная Америка с долей порядка 40 %, за ней с небольшим отрывом (доля 32 %) следует Азия.

Быстрые темпы роста объемов внедрения техники стандарта Wi-Fi 7 означают, что кабельную систему, для которой характерны длительные сроки штатной эксплуатации, надо готовить к ее массовому применению уже в настоящее время.

Особенности подключения точки беспроводного доступа Wi-Fi 7 к информационной системе



При планировании процедур подключения точки к ВИТС в обязательном порядке необходимо учитывать два обстоятельства. Во-первых, для частотного диапазона 6 ГГц характерны заметное ухудшение условий распространения радиоволн и рост затухания, вносимого различными препятствиями. Во-вторых, наращивание скорости передачи данных в радиоканале во многом было достигнуто применением модуляции QAM-4096. Два этих действующих совместно фактора резко ужесточают требования к

допустимому отношению сигнала к шуму на входе приемника радиоканала. Для улучшения качества связи точка доступа должна быть поднята над уровнем пола, т. е. может размещаться:

- непосредственно на потолке или в потолочном люке;
- на стене.

Верхнее расположение точки доступа означает ее организационное отнесение к оборудованию цифрового потолка и одновременно дополнительно защищает ее саму, а также кабели соединительной линии от различных механических воздействий. Кроме того, появляются довольно многочисленные варианты организации соединительных линий (см. далее).

Одновременно при планировании радиосети со сплошным покрытием обслуживаемой зоны придется сокращать расстояние между отдельными точками доступа.

Проблема достаточно высокой электрической мощности, которая необходима для поддержания функционирования точки доступа в режиме полной загрузки, как минимум PoE++ на нижнем пределе, решается переходом на двухпортовую конфигурацию проводного интерфейса, Рис. 5. При этом основным назначением второго порта может быть доставка на точку доступа тока дистанционного питания по витым парам дополнительного кабеля, что освобождает от этой нагрузки основной кабельный порт.

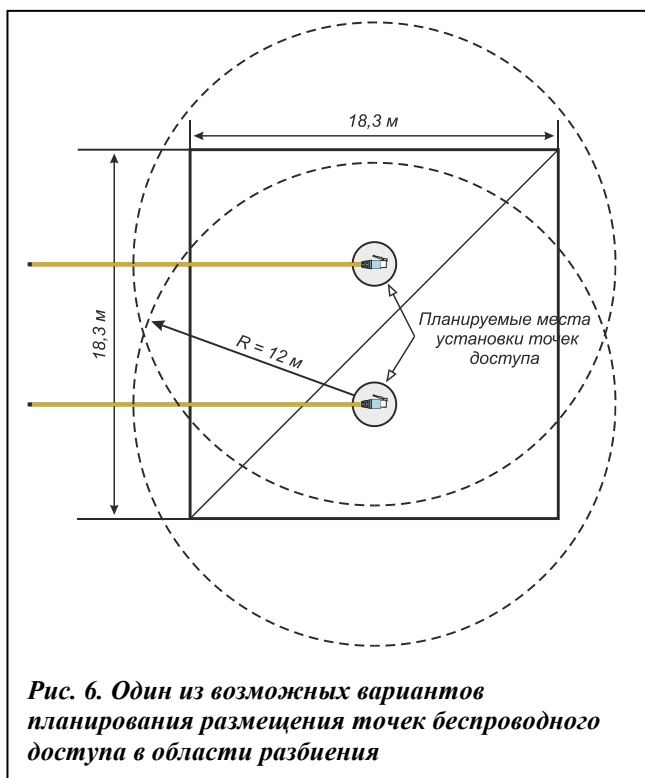
Сами проводные интерфейсы поддерживают скорость 10 Гбит/с, т. е. даже в случае их включения по транкинговой схеме суммарная информационная пропускная способность пары кабельных каналов оказывается вдвое меньше 40 Гбит/с. Таким образом, точку доступа допустимо рассматривать как блокирующий коммутатор. Это не вызывает серьезного ограничения общего быстродействия данной части ВИТС. Сказывается то, что эффект блокировки начинает проявляться только при загрузке точки доступа по радиоканалу порядка 80 % и выше, что в реальной практике эксплуатации беспроводных сетей встречается крайне редко.

Особенности планирования сети точек доступа

Техника Wi-Fi вне зависимости от ее версии дает наибольший эффект на открытых пространствах: в рабочих залах открытого офиса, коридорах и холлах. Типичным подходом к проектированию информационной инфраструктуры на таких объектах является:

- разбиение открытых пространств на непосредственно примыкающие друг к другу отдельные области с размером ячейки 18,3 × 18,3 м (60 × 60 футов);
- установка отдельной точки доступа в каждом помещении, в котором гарантированно требуется подключение к беспроводной сети (например, комната переговоров).

Последняя рекомендация представляет собой прямое следствие непредсказуемости затухания



радиосигнала в различных перегородках, которое зависит преимущественно от используемого для их устройства материала и толщины, т. е. может быть оценено весьма приблизительно.

В тех ситуациях, когда в составе ВИТС предусматривается сеть беспроводного доступа стандарта Wi-Fi 7 или предполагается переход на такой стандарт в обозримой перспективе, для каждой области разбиения проектируется несколько спаренных линий. Далее будем исходить из того, что радиус уверенного действия точки доступа стандарта Wi-Fi 7 составляет 12 м против 18,3 м для оборудования Wi-Fi 6 предыдущего поколения. Составим простое неравенство:
 $2 \times \pi \times 12^2 > \pi \times 18,3^2$.

Из него непосредственно вытекает, что предусмотренную ранее область беспроводного доступа потенциально могут обслуживать две точки доступа стандарта Wi-Fi 7. Каждая такая

точка доступа обслуживает свою половину области разбиения и требует для подключения двух полноценных соединительных линий.

Один из вариантов планирования размещения точек беспроводного доступа при реализации предлагаемой стратегии представлен на Рис. 6. Данное решение позволяет обеспечить:

- обратную совместимость с оборудованием прежних поколений с учетом гарантированной дальности действия в диапазоне 6 ГГц порядка 11...13 м при отсутствии перегородок;
- полное покрытие области радиодоступом по стандарту Wi-Fi 7;
- качественный бесшовный роуминг при переходе из одной области разбиения в другую без кратковременных перерывов связи и уменьшения скорости передачи данных.

Последнее свойство вытекает из того факта, что каждая из точек доступа полноценно поддерживает связь с терминальным устройством за пределами штатно обслуживаемой ими области – достигнуто примерно 20-процентное перекрытие зон подключения к точкам доступа.

Необходимость применения сдвоенных линий связано с тем, что из-за отсутствия 25- и 40-гигабитных сетевых интерфейсов, работающих по кабелям из витых пар, для реализации проводного подключения к ВИТС каждая точка доступа стандарта Wi-Fi 7 комплектуется двумя штатными 10-гигабитными интерфейсами.

С эксплуатационной точки зрения выполнение правила проектирования двух спаренных линий на

Табл. 2. Плотность точек доступа в зависимости от ожидаемого количества пользователей

Ожидаемое количество пользователей	Количество пользователей на одну точку доступа
Не свыше 125	25
126...200	9

область разбиения выгодно тем, что заметно облегчает текущую модернизацию сети простой заменой оборудования Wi-Fi одного стандарта на другой, более скоростной, с добавлением в случае необходимости еще одной точки доступа на область разбиения.

Сеть точек беспроводного доступа в образовательных учреждениях

Потенциально емкой областью применения техники Wi-Fi 7 являются образовательные учреждения, аудитории которых вполне соответствуют критериям, описывающим места массового скопления

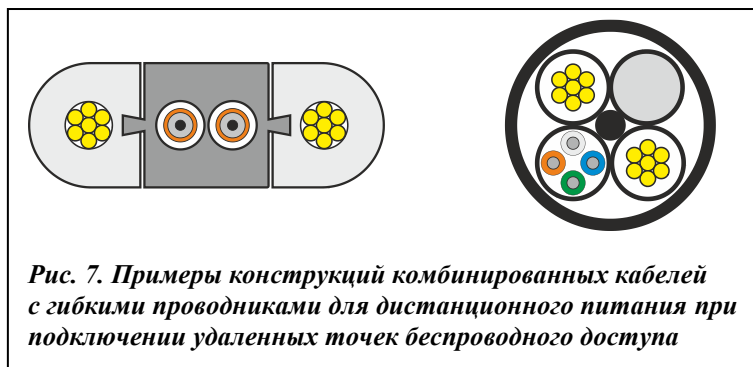


Рис. 7. Примеры конструкций комбинированных кабелей с гибкими проводниками для дистанционного питания при подключении удаленных точек беспроводного доступа

людей. С учетом специфики образовательных учреждений, в т. ч. широкого применения в учебном процессе различной компьютерной и мультимедийной техники, заметно возрастает вероятность возникновения необходимости обеспечения нормального функционирования беспроводной сети при высоких скоростях передачи данных и значительной плотности мобильных пользователей.

В случае развертывания беспроводной сети в образовательном учреждении целесообразно пользоваться положениями стандарта TIA-4966, первая версия которого была опубликована еще в марте 2022 года. Согласно этому документу, одна точка доступа обслуживает не более 25 пользователей при площади 230 м² в случае нормальной радиообстановки, что соответствует размеру ячейки 15,2 × 15,2 м. Во всех остальных случаях рекомендуется пользоваться данными, которые приведены в Табл. 2.

При повышенном уровне радиочастотных помех обслуживаемая рабочая площадь сокращается до 150 м² с размером ячейки 12,2 × 12,2 м. При этом TIA-4966 рекомендует проектировать на каждую точку доступа по две соединительные линии на кабелях категории 6A или выше для их подключения к ВИТС.

Кроме того, с учетом специфики образовательного учреждения целесообразно обеспечивать радиопокрытие всей его территории, а не отдельных выбранных зон.

Кабельные тракты для подключения точек доступа

Подключение точек доступа стандарта Wi-Fi 7 к ВИТС осуществляется по всем видам кабельных трактов, которые допустимы стандартами. Для электропроводных линий такие тракты:

- могут быть реализованы на экранированной или неэкранированной элементной базе категории 6A и выше;

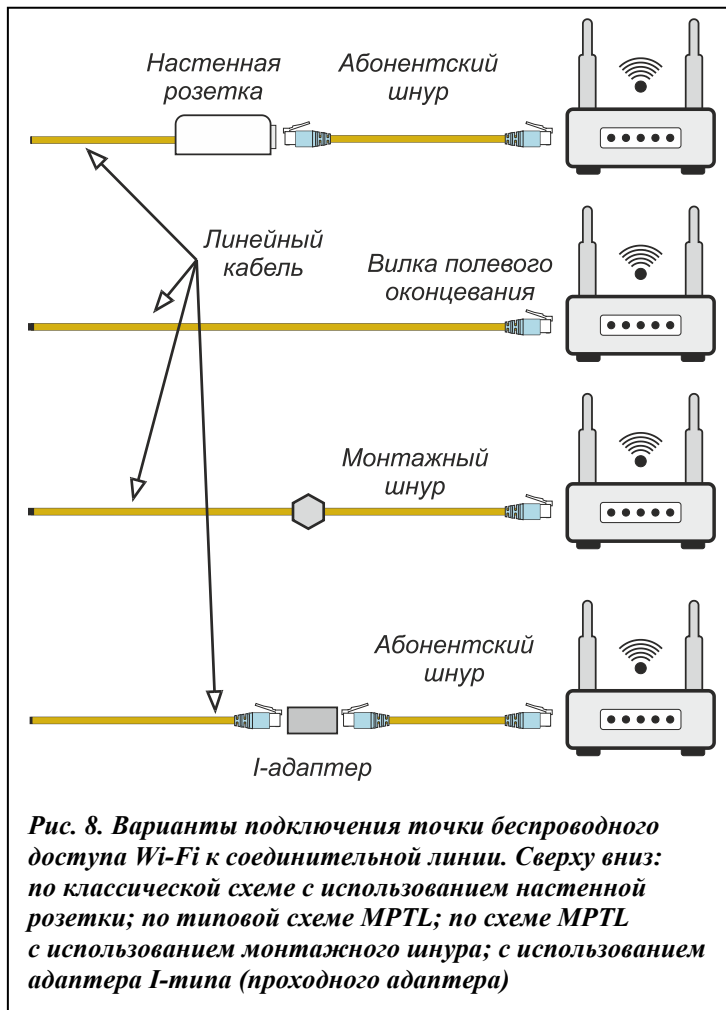


Рис. 8. Варианты подключения точки беспроводного доступа Wi-Fi к соединительной линии. Сверху вниз: по классической схеме с использованием настенной розетки; по типовой схеме MPTL; по схеме MPTL с использованием монтажного шнура; с использованием адаптера I-типа (проходного адаптера)

- допустимы для применения в максимально сложной 4-коннекторной структуре;
- могут иметь предельную 100-метровую физическую длину.

При этом в качестве средства обеспечения заданных качественных показателей функционирования соединительных линий и создания необходимых эксплуатационных запасов в большем или меньшем объеме привлекается следующий арсенал проектных и технических приемов:

- увеличение категории элементной базы до 8.2 включительно;
- переход на схему интерконнекта в техническом помещении и отказ от консолидационных точек для сокращения количества коннекторов в тракте;
- применение структуры MPTL (Modular Plug Terminated Link, линия с модульной вилкой. Метод, при котором горизонтальный кабель снабжается модульной вилкой с одной стороны и кроссируется на коммутационную панель с другой) при построении стационарной линии;
- сокращение протяженности стационарной линии до 80 м.

Использование волоконно-оптической техники выгодно в первую очередь тем, что фактически снимает ограничения на дальность связи, т. е. позволяет подключать к ВИТС точки доступа, удаленные на значительное расстояние от технического помещения. Главный недостаток такого решения заключается в необходимости наличия локального электропитания. Альтернативой является применение в линейной части соединительной линии комбинированного (гибридного) кабеля с выделенными жилами дистанционного питания, который пока включается в состав штатной элементной базы ограниченным количеством производителей СКС. Примеры таких конструкций показаны на Рис. 7.

В случае обращения к наиболее востребованной на практике электропроводной витопарной элементной базе, которая применяется для организации соединительных линий, подключение точки доступа потенциально может выполняться несколькими способами, схемы которых изображены на Рис. 8:

- коммутационным шнуром к монтируемой на стене или за фальшпотолком полноценной 2-портовой корпусной оконечной розетке, которая по крайней мере частично может быть унифицирована с обычной пользовательской розеткой нижней установки;
- вилкой полевого оконцевания в случае построения стационарной линии по классической схеме MPTL;
- электрическим монтажным шнуром;
- с помощью проходного адаптера и обычного коммутационного шнура, длина которого подбирается с учетом местных условий.

Электрический монтажный шнур представляет собой претерминированую сборку заводского изготовления на основе гибкого шнурового или жесткого инсталляционного кабеля с предустановленными вилкой и розеткой на разных его концах. По сравнению с вилкой полевого оконцевания обращение к монтажному шнуру может рассматриваться как вариант реализации схемы MPTL, однако де-факто является более гибким с проектной точки зрения благодаря возможности наращивания горизонтального кабеля. Сдерживать применение этого решения может отсутствие данного компонента в составе штатной элементной базы конкретной СКС.

Заключение

1. Точки доступа стандарта Wi-Fi 7 являются наиболее скоростными терминальными устройствами современных и перспективных внутриобъектовых информационных систем, т. е. информационная проводка для их подключения, организационно входящая в СКС, выделяется в самостоятельный сегмент.
2. Вновь создаваемые СКС целесообразно готовить к массовому применению точек доступа стандарта Wi-Fi 7 уже в настоящее время путем проектирования двух спаренных точек подключения на каждую область размеров 18,3 × 18,3 м.
3. С учетом перспектив развития техники беспроводного доступа соединительные линии к точке доступа Wi-Fi целесообразно проектировать на элементной базе категории не ниже 6А (предпочтительно категории 8).
4. Двухпортовая схема организации кабельных интерфейсов точки доступа обеспечивает снижение нагрузки на цепи дистанционного питания с пропорциональным ростом их эксплуатационной надежности и обеспечивает неблокируемый режим работы точки доступа как терминального оборудования при типичных нагрузках по радиоканалу.
5. Принципиально двухкабельный характер организации соединительной линии к точке доступа стандарта Wi-Fi 7 оказывает определенное стимулирующее действие на объемы использования в проектах спаренных («сиамских») горизонтальных кабелей.
6. При построении соединительной линии наиболее предпочтительна схема MPTL, которая обеспечивает дополнительные запасы по качеству связи.
7. Полная адаптация конкретной СКС к потребностям сетей беспроводного доступа стандарта Wi-Fi 7 может потребовать некоторого расширения ее штатного компонентного состава.
8. В распоряжении автора проекта имеется функционально полный набор оборудования СКС типа Eugolan высоких категорий (кабель, панели, шнуры и вилки полевой установки), достаточный для построения полноценного тракта по схеме MPTL.