

ВЛИЯНИЕ ДИСКРЕТНЫХ СРЕДСТВ ПОДДЕРЖКИ на механические свойства кабелей в СКС

И.Смирнов, RCDD, директор центра научных разработок компании АЕСП

Хорошо известное правило максимально допустимого полутораметрового расстояния между дискретными средствами поддержки кабелей присутствовало на страницах стандартов структурированных кабельных систем (СКС) на протяжении многих лет. Но ситуация в отрасли меняется – и с ней меняются подходы к построению систем, в том числе кабельных.

Правило в процессе эволюции

Впервые правило максимально допустимого расстояния между дискретными средствами поддержки кабелей появилось в ранних версиях стандарта телекоммуникационных кабельных трасс и пространств коммерческих зданий ANSI/EIA/TIA-569 в начале 90-х годов с довольно расплывчатой формулировкой: "В потолочных пространствах, там, где отсутствуют зонные трубопроводы и кабельные лотки и где телекоммуникационные кабели могут быть проложены открытым способом, должны быть установлены подходящие открытые средства поддержки кабелей с интервалами 1220–1525 мм между центрами. В потолочных пространствах с высокой плотностью кабельных потоков (например, в области ввода в телекоммуникационное помещение) при прокладке крупных кабельных жгутов, содержащих более 50–75 кабелей, должны быть предусмотрены специальные средства поддержки, способные нести дополнительный вес".

К дополнительным рекомендациям, которые можно найти в различных руководствах, можно отнести максимальную рекомендуемую длину стрелы провеса в 30 см (при условии максимальной длины пролета в 1,5 м). Окончательную форму правило приобрело в более поздних

вариантах того же стандарта: "Дискретные средства поддержки кабелей должны быть расположены с интервалами, не превышающими 1,5 м. Виды средств поддержки должны выбираться с учетом требований к текущим и планируемому количеству, весу и рабочим характеристикам передачи кабелей, размещаемых на них". Из стандарта TIA "правило полутора метров" автоматически перекочевало практически без изменений в руководства и стандарт BICSI (TDMM – Руководство по созданию телекоммуникационных распределительных систем, ITSIM – Руководство по монтажу ИТ-систем и ANSI/NECA/BICSI 568 – Стандарт монтажа телекоммуникационных кабельных систем коммерческих зданий).

Таким образом, сформировалось фундаментальное правило монтажа, которого придерживается, пожалуй, большинство монтажников СКС. Тем не менее, оба приведенных примера вызывают много вопросов типа "а если в жгуте кабелей меньше 50 – можно ли увеличить интервал между средствами поддержки?", "а если кабель экранированный или просто крупный (например, категории 6А) – не нужно ли уменьшить интервал?" и т.д. Проблема этого правила заключается в том, что создано оно было в те времена, когда других кабелей кроме витой пары категории 3

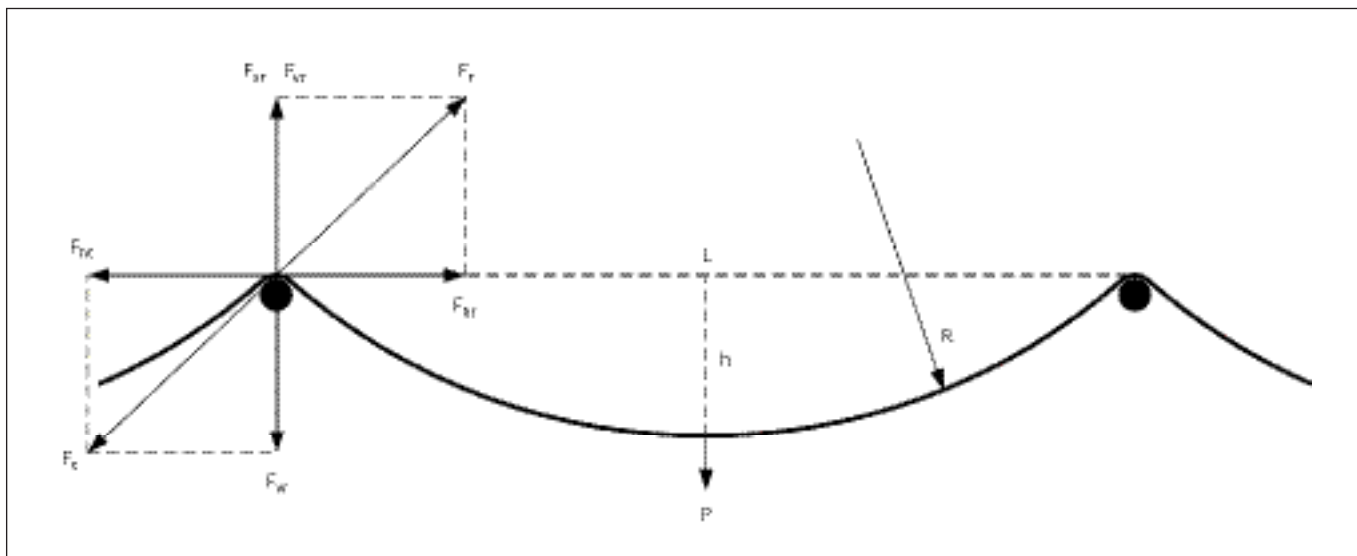


Рис.1. Модель кабельного пролета между двумя смежными дискретными средствами поддержки

в СКС не было и можно было дать однозначную директиву, удовлетворяющую 99% всех случаев монтажа. Так действительно ли "правило полутора метров" до сих пор является актуальным, а если нет - какие критерии могли бы его заметить? И зачем вообще нужно регламентировать расстояния между дискретными средствами поддержки кабелей?

Дело в том, что при определенных уровнях механических воздействий (в первую очередь, растягивающих усилий и нормального давления) как в витопарных, так и в волоконно-оптических кабелях возникают искажения их пространственных размеров, приводящие к разбалансировке витых пар и созданию напряжения в материале оптического волокна за счет трех факторов.

Во-первых, собственный вес сегмента кабеля между двумя смежными средствами поддержки создает механическое растяжение кабеля и давление опоры на кабель. Величина эффекта прямо пропорциональна весу сегмента кабеля, который, в свою очередь, зависит от погонного веса и расстояния между смежными опорами. Во-вторых, суммарный вес кабелей в жгуте, расположенных над рассматриваемым кабелем, создает максимальное давление на кабели, находящиеся в самом низу жгута и соприкасающиеся с опорой. Эффект прямо пропорционален весу сегмента кабеля и количеству кабелей в жгуте. И третий фактор - реакция опоры, которая создает давление на нижние кабели. Эффект прямо пропорционален весу сегмента кабеля, количеству

кабелей в жгуте и размеру (площади) зоны контакта кабеля с опорой.

Пространственные искажения формы витой пары ведут к нарушениям ее характеристического волнового сопротивления, которые, в свою очередь, вызывают нарушения во всех остальных электромагнитных параметрах передачи. В оптических волокнах горизонтальное давление, перегибы и продольное растяжение вызывают упругое и неупругое рассеяние света (и, как результат, потерю энергии сигнала) на макро- и микроизгибах. Все эти отрицательные явления могут быть устранены или уменьшены путем манипуляции трех параметров: расстояния (интервала) между смежными опорами; количеством кабелей в жгуте (с учетом погонного веса кабеля); площадью контакта между кабелем и опорой (выбор типа и размера средства поддержки кабеля).

Задача определения максимально допустимого кабельного пролета может быть разделена на две части: "А" - расчет допустимого растягивающего усилия, обусловленного собственным весом кабеля (в качестве критерия принято значение 110 Н, установленное стандартами СКС для максимально допустимого растягивающего усилия при прокладке кабеля способом затягивания); "Б" - расчет нормальной реакции опоры и давления, оказываемого опорой на кабели, находящиеся в нижней части жгута, создаваемые собственным весом жгута (в качестве критерия условно принимается максимальное количество кабелей в жгуте, рекомендованное стандартами СКС для четырехпарных

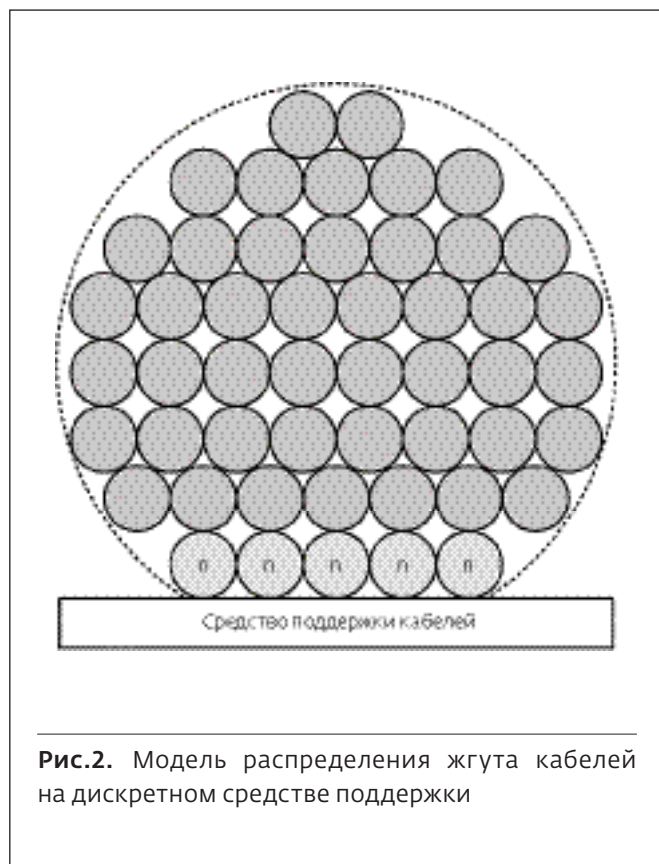


Рис.2. Модель распределения жгута кабелей на дискретном средстве поддержки

кабелей типа витая пара с калибром медных проводников 24 AWG [$\approx 0,455-0,511$ мм] – 50). Общий критерий должен определяться на основе наихудшего (минимального) значения пролета, рассчитанного с учетом приведенных выше критериев для растягивающего усилия и реакции опоры.

ДВА ВАРИАНТА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОПУСТИМОГО РАЗМЕРА КАБЕЛЬНОГО ПРОЛЕТА

Как вариант "А" можно принять расчет максимально допустимого пролета с учетом стандартного критерия максимально допустимого растягивающего усилия. Используемая для расчетов в данном варианте модель кабельного пролета, приведенная на рис.1 (P – сила тяжести жгута кабелей, L – длина пролета, h – длина стрелы провеса, R – радиус дуги кабельного сегмента; F_r – результирующая сила упругости; F_{vt} – вертикальная составляющая силы упругости, F_{hr} – горизонтальная составляющая силы упругости, F_t – результирующая сила растяжения, F_{vt} – вертикальная составляющая силы растяжения, F_{ht} – горизонтальная составляющая силы растяжения, F_{sr} – нормальная реакция опоры), представляет собой упрощенное отражение физических процессов, происходящих в кабелях, помещенных на дискретные средства поддержки. Равномерно

нагруженный собственным весом кабель, покоящийся на двух смежных опорах, имеет кривизну, близкую к цепной линии или параболе.

Она может быть аппроксимирована дугой окружности с радиусом R : длины пролетов и стрелы провеса кабелей в СКС достаточно малы для принятия такого упрощения. Также для упрощения расчетов были приняты следующие базовые допущения: модуль упругости кабелей не принимается во внимание вследствие небольшой длины кабельных сегментов; факторы окружающей среды, такие как колебания температуры, которые при небольших кабельных пролетах и в контролируемых условиях внутри зданий не играют какой-либо заметной роли, не принимаются во внимание; каждый кабель в жгуте в точке соприкосновения с опорой равномерно нагружен суммарным весом всех кабелей, находящихся выше (так как целью расчетов является установление параметров наихудшего сценария, расчет нормальной реакции опоры выполняются для кабелей, расположенных на самом нижнем уровне в жгуте); вследствие неидеальной геометрической формы реальных кабельных жгутов количество кабелей, находящихся в самом нижнем слое жгута определено как $n=0,1 N$, где N – полное количество кабелей в жгуте (пример модели показан на рис.2, кабельный жгут с $N=50$ and $n=5$). Таким образом, вес вышележащих кабелей и соответствующее давление опоры будут распределены на n самых нижних кабелей пропор-

ционально $\frac{N}{n} = 10$ (это соотношение принимает

во внимание собственный вес n самых нижних кабелей). Кроме того, в организованных кабельных жгутах (там, где кабели собраны в упорядоченную структуру с помощью кабельных хомутов и стяжек или других подобных им средств), вследствие сил трения между кабелями общий вес жгута кабелей может быть равномерно распределен между всеми кабелями. В этом случае задача упрощается до рассмотрения одного кабеля или, при реализации наихудшего сценария, вследствие неравномерного распределения веса и сил трения, один из кабелей может оказаться нагруженным суммарным весом всех кабелей в жгуте, таким образом выполняя роль несущего троса.

Используя хорошо известную формулу для расчета свободно-подвешенного кабеля, мы получаем горизонтальную и вертикальную составляющие сил растяжения и реакции опоры, которые равны по величине и противоположны по направлению:

$$F_{\text{тн}} = |F_{\text{тн}}| = \frac{WL^2}{8h},$$

$$F_{\text{ст}} = |F_{\text{ст}}| = \frac{WL}{2}.$$

Результирующая нагрузка на кабель в точке опоры при количестве опор более двух (последовательность нескольких опор) является скалярной суммой сил растяжения в обоих кабельных сегментах по обе стороны от опоры и результирующая реакция опоры также удваивается:

$$|F_{\text{тн}}| = |F_{\text{тн}}| = \frac{WL^2}{8h}, \text{ при } s > 2 - |F_{\text{тн}}| = |F_{\text{тн}}| = 2 \frac{WL^2}{8h} = \frac{WL^2}{4h},$$

$$F_{\text{ст}} = |F_{\text{ст}}| = |F_{\text{ст}}| = \frac{WL}{2}, \text{ при } s > 2 - F_{\text{ст}} = WL \quad (1)$$

где W – удельный вес кабеля, $\frac{\text{кг}}{\text{м}}$;

s – количество последовательных опор.

Результирующая сила растяжения в точке опоры:

$$T = |F_{\text{т}}| = \sqrt{\left(\frac{WL^2}{4h}\right)^2 + (WL)^2} = WL \sqrt{1 + \frac{L^2}{16h^2}}. \quad (2)$$

Теперь, имея уравнение для сил растяжения кабеля, можно определить максимально допустимую длину кабельного пролета при заданном критерии силы растяжения в качестве предела. Максимально допустимая длина пролета может быть получена из уравнения (2) с помощью простого преобразования:

$$\frac{W^2}{16h^2} L^4 + W^2 L^2 - T^2 = 0, T = \text{const.}$$

Полученное биквадратное уравнение имеет четыре решения для L :

$$L_{1,2,3,4} = \pm \sqrt{\frac{-W^2 \pm \sqrt{W^4 + \frac{W^2 T^2}{4h^2}}}{\frac{W^2}{8h^2}}} = \pm \frac{h}{W_0} \sqrt{8W \left(-W \pm \sqrt{W^2 + \frac{T^2}{4h^2}} \right)}. \quad (3)$$

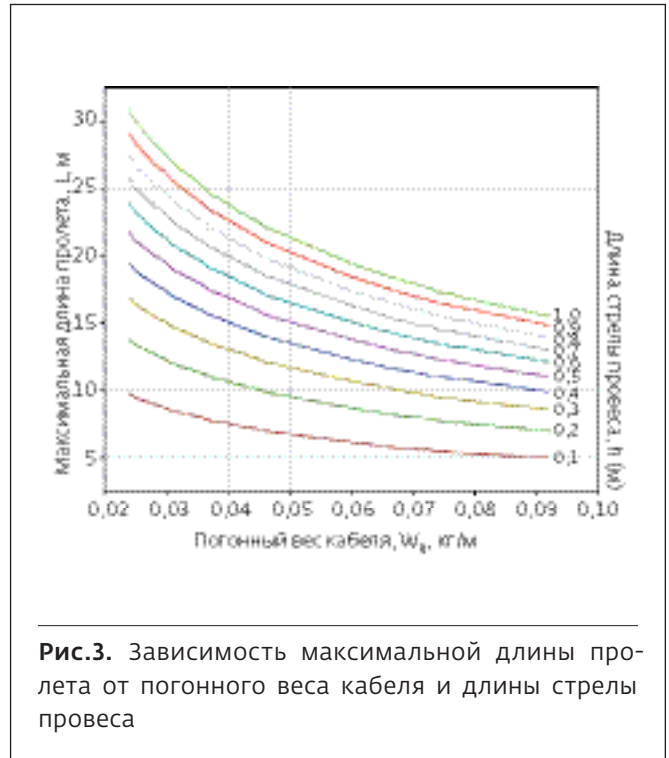


Рис.3. Зависимость максимальной длины пролета от погонного веса кабеля и длины стрелы провеса

Все четыре решения имеют одинаковые абсолютные значения, два из них мнимые и могут быть отброшены, два других представляют собой длины пролетов по обе стороны от опоры.

В табл.1 приведены результаты расчетов L , полученные с помощью формулы (3). Типичные данные размеров проводников, погонного веса и номинальных диаметров получены из опубликованных спецификаций производителей кабельной продукции.

Результаты расчетов показывают, что длины пролетов до 7 м с длинами стрелы провеса в диапазоне 0,1-1,0 м не должны создавать растягивающие усилия, превосходящие определенные стандарты (110 Н) для любого типа и конструкции витопарных кабелей,

Таблица 1. Максимальная длина пролета между двумя смежными дискретными средствами поддержки при фиксированном значении максимальной силы натяжения (стандартный предел во время монтажа, 110 Н) для кабельного жгута размером 50

Типичная конструкция кабелей	Размер проводника	Погонный вес кабеля, WU	Номинальный внешний диаметр кабеля	Максимально допустимая длина пролета при фиксированной максимальной допустимой силе натяжения (110 Н), L, м									
				Длина стрелы провеса, h, м									
	AWG (мм)	кг/м	Мм	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Категория 5e U/UTP	24 (0,511)	0,024	4,6	13,7	19,4	23,8	27,4	30,7	33,6	36,3	38,8	41,1	43,3
	24 (0,511)	0,025	4,6	13,3	18,8	23,1	26,6	29,7	32,6	35,2	37,6	39,9	42,0
	24 (0,511)	0,028	4,8	12,6	17,8	21,8	25,2	28,1	30,8	33,3	35,6	37,7	39,7
	24 (0,511)	0,030	4,8	12,3	17,4	21,3	24,5	27,4	30,0	32,4	34,7	36,8	38,7
	24 (0,511)	0,031	5,3	12,0	16,9	20,7	23,9	26,8	29,3	31,6	33,8	35,9	37,8
Категория 6 U/UTP	23 (0,573)	0,036	5,8	11,2	15,8	19,4	22,4	25,0	27,4	29,6	31,6	33,5	35,3
			5,6										
	23 (0,573)	0,037	5,1	11,0	15,5	19,0	21,9	24,5	26,8	29,0	31,0	32,9	34,6
			5,6										
			6,1										
23 (0,573)	0,039	5,6	10,8	15,2	18,6	21,5	24,0	26,3	28,4	30,4	32,2	33,9	
23 (0,573)	0,042	5,8	10,4	14,7	18,0	20,7	23,2	25,4	27,4	29,3	31,0	32,7	
Категория 5e F/UTP	24 (0,511)	0,045	6,4	10,0	14,2	17,3	20,0	22,4	24,5	26,5	28,3	30,0	31,6
	24 (0,511)	0,046	7,1	9,9	13,9	17,1	19,7	22,0	24,1	26,0	27,8	29,5	31,1
Категория 6A U/UTP U/FTP F/UTP	23 (0,573)	0,060	7,4	8,7	12,3	15,0	17,3	19,4	21,2	22,9	24,5	25,9	27,3
	23 (0,573)	0,067	7,0	8,2	11,6	14,2	16,3	18,3	20,0	21,6	23,0	24,4	25,7
	23 (0,573)	0,070	7,0	8,0	11,3	13,8	16,0	17,9	19,5	21,1	22,5	23,9	25,2
	22 (0,644)	0,071	8,9	7,9	11,2	13,7	15,9	17,7	19,4	20,9	22,4	23,7	25,0
	23 (0,573)	0,073	8,1	7,8	11,1	13,6	15,6	17,5	19,1	20,7	22,1	23,4	24,6
	23 (0,573)	0,074	7,9	7,8	11,0	13,4	15,5	17,3	18,9	20,5	21,9	23,2	24,4
	23 (0,573)	0,076	8,9	7,7	10,9	13,3	15,3	17,1	18,8	20,2	21,6	22,9	24,2
	23 (0,573)	0,077	7,4	7,6	10,8	13,2	15,2	17,0	18,6	20,1	21,4	22,7	23,9
Категория 7A S/FTP SF/FTP	22 (0,644)	0,078	7,7	7,6	10,7	13,1	15,1	16,9	18,5	20,0	21,3	22,6	23,8
	22 (0,644)	0,092	8,5	7,0	9,8	12,1	13,9	15,5	17,0	18,3	19,6	20,8	21,9

используемых в СКС. Наихудший случай – полностью экранированный кабель (SF/FTP) категории 7_A, установленный с длиной стрелы провеса 0,1 м, требует ограничения максимальной длины пролета в 7 м между двумя смежными дискретными средствами поддержки для удовлетворения критерия 110 Н.

Общая картина зависимости максимальной длины пролета от погонного веса кабеля и длины стрелы провеса (рис.3) позволяет сделать два

важных вывода. Первый: чем выше погонный вес кабеля, тем большее влияние длина стрелы провеса оказывает на ограничение максимально допустимой длины пролета. Второй: для более тяжелых кабелей увеличение длины стрелы провеса с целью уменьшения силы растяжения эффективно в значительно более узком диапазоне значений по сравнению с более легкими кабелями.

Вариант "Б" – расчет нормальной реакции опоры и давления, оказываемого опорой на кабели, находящиеся в нижней части жгута. Для этого случая информация очень скудна. Семейство международных кабельных стандартов IEC 61156 (Wires and Symmetric Cables) предоставляет некоторую "информацию для размышления": "3.4.6 Испытание кабелей на раздавливание. Испытание кабелей на раздавливание не определено данным стандартом, но может быть указано в соответствующих частных технических условиях. В случае указания, минимальная сила должна составлять 1000 Н." Что следует из этой статьи стандарта? Во-первых, понятно, что предельно допустимое давление на кабель не является стандартизируемым параметром и оставляется на усмотрение производителей или любых регулирующих агентств. Во-вторых, неясен критерий достижения силы давления 1000 Н – что должно или что не должно произойти при достижении этого порога? Какие параметры при этом должны контролироваться – механические или электрические? И, в-третьих, возникает вопрос: какие испытательные методы и оборудование используются при этом? Для данной работы наиболее важным является вопрос, на какую длину кабеля распределяется сила давления.

Более конкретную информацию можно получить из весьма немногочисленных опубликованных и частных документов производителей. Так, например, в отчетах лабораторий об испытаниях кабелей

на раздавливание указываются методы, критерии, и результаты таких испытаний: испытательные стенды, как правило, используют прямоугольные пластины, между которыми помещается испытываемый объект, размерами 50×50 мм (2×2 in); критерием является наступление состояния, при котором кабель заметно теряет свои электрические характеристики передачи; утверждается, что для кабелей типа витая пара категории 6 предельным давлением является 180 кг (180 кгс или ~1765 Н). Из этого можно сделать следующие выводы: стандартные испытательные стенды, на которых проводятся испытания оптических кабелей на раздавливание, в метрической системе обычно используют пластины размерами 100 мм, поэтому критерий, указанный в стандартах IEC 61156 должен давать численный результат 100 Н/см; в частных испытаниях, упомянутых выше, численное значение критерия силы давления составило $353 \text{ Н/см} \left(\frac{1/65 \text{ Н}}{5 \text{ см}} \right)$, что более чем в три раза пре-

вышает критерий стандартов IEC 61156; информация, приведенная в частных исследованиях, относится к кабелям типа витая пара категории 6. Очевидно, что степень сопротивления кабелей зависит от типа конструкции (размеры, наличие/отсутствие экрана и других элементов конструкции, например, центрального разделителя) и размеров и шага повива

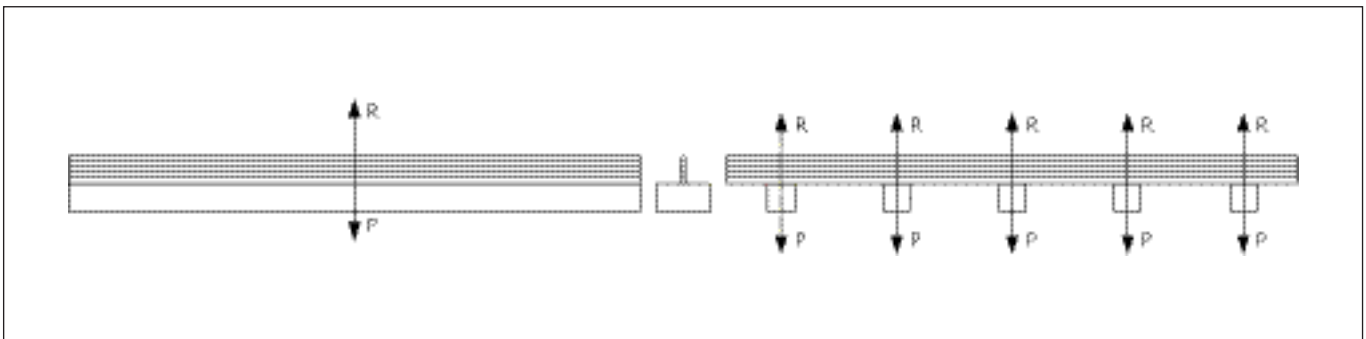


Рис.4. Сравнительная модель реакции опоры при расположении кабелей на непрерывном и дискретном средстве поддержки

Параметр	Непрерывное средство поддержки:	Дискретные средства поддержки:
$R = P = \frac{WL_c N}{s}$	$\frac{0,04 \frac{\text{кг}}{\text{м}} \times 5 \text{ м} \times 5}{1} = 1 \text{ кгс} (\approx 10 \text{ Н})$	$\frac{0,04 \frac{\text{кг}}{\text{м}} \times 5 \text{ м} \times 5}{5} = 0,2 \text{ кгс} (\approx 2 \text{ Н})$
$P = \frac{R}{l}$	$\frac{10 \text{ Н}}{500 \text{ см}} = 0,02 \frac{\text{Н}}{\text{см}}$	$\frac{2 \text{ Н}}{5 \text{ см}} = 0,4 \frac{\text{Н}}{\text{см}}$

проводников. Поэтому для адекватного определения критериев для кабелей других категорий рабочих характеристик передачи требуются дополнительные данные испытаний. В данной работе все расчеты силы давления и сопутствующих параметров приведены для кабелей категории 6. Критерий, приведенный в стандарте IEC 61156, является наиболее консервативным и будет использоваться для определения наихудшего случая для кабелей на основе витой пары проводников.

Влияние в сравнении

Насколько существенно влияние дискретных средств поддержки кабелей по сравнению с непрерывными кабельными трассами (например,

кабельные лотки) на кабели, видно из рис.4, где P – вес сегмента жгута кабелей, приходящийся на одну опору, H ; R – нормальная реакция опоры,

$H, R = P$; W – погонный вес одного кабеля, $\frac{кг}{м}$;

L_c – длина кабеля/жгута кабелей, см или м; N – количество вертикально расположенных кабелей; l – размер опоры параллельно оси кабеля в области соприкосновения, см; p – давление опоры

на нижний кабель, $\frac{H}{см}$; S – количество опор.

В примере участвуют пять кабелей с погонным весом 0,04 кг/м и внешним диаметром 6 мм

Таблица 2. Давление, оказываемое опорой шириной 5 см на кабели, находящиеся в нижней части жгута

Типичная конструкция кабелей	Размер проводника	Погонный вес кабеля, WU	Номинальный внешний диаметр кабеля	Давление опоры при фиксированном количестве кабелей в жгуте (N=50), p, H/см					
				Длина пролета, L, м					
				1,0	1,5	2,0	3,0	5,0	10,0
Категория 5e U/UTP	24 (0,511)	0,024	4,6	0,5	0,7	0,9	1,4	2,3	4,7
	24 (0,511)	0,025	4,6	0,5	0,7	1,0	1,5	2,5	5,0
	24 (0,511)	0,028	4,8	0,6	0,8	1,1	1,7	2,8	5,5
	24 (0,511)	0,030	4,8	0,6	0,9	1,2	1,8	2,9	5,8
	24 (0,511)	0,031	5,3	0,6	0,9	1,2	1,8	3,1	6,1
Категория 6 U/UTP	23 (0,573)	0,036	5,8	0,7	1,1	1,4	2,1	3,5	7,0
			5,6	0,7	1,1	1,4	2,1	3,5	7,0
	23 (0,573)	0,037	5,1	0,7	1,1	1,5	2,2	3,6	7,3
			5,6	0,7	1,1	1,5	2,2	3,6	7,3
			6,1	0,7	1,1	1,5	2,2	3,6	7,3
	23 (0,573)	0,039	5,6	0,8	1,1	1,5	2,3	3,8	7,6
23 (0,573)	0,042	5,8	0,8	1,2	1,6	2,5	4,1	8,2	
Категория 5e F/UTP	24 (0,511)	0,045	6,4	0,9	1,3	1,8	2,6	4,4	8,8
	24 (0,511)	0,046	7,1	0,9	1,4	1,8	2,7	4,5	9,1
Категория 6A U/UTP U/FTP F/UTP	23 (0,573)	0,060	7,4	1,2	1,8	2,3	3,5	5,8	11,7
	23 (0,573)	0,067	7,0	1,3	2,0	2,6	3,9	6,6	13,1
	23 (0,573)	0,070	7,0	1,4	2,1	2,7	4,1	6,9	13,7
	22 (0,644)	0,071	8,9	1,4	2,1	2,8	4,2	7,0	13,9
	23 (0,573)	0,073	8,1	1,4	2,1	2,9	4,3	7,2	14,3
	23 (0,573)	0,074	7,9	1,5	2,2	2,9	4,4	7,3	14,6
	23 (0,573)	0,076	8,9	1,5	2,2	3,0	4,5	7,4	14,9
	23 (0,573)	0,077	7,4	1,5	2,3	3,0	4,6	7,6	15,2
Категория 7A S/FTP SF/FTP	22 (0,644)	0,078	7,7	1,5	2,3	3,1	4,6	7,7	15,3
	22 (0,644)	0,092	8,5	1,8	2,7	3,6	5,4	9,1	18,1

(типичная неэкранированная витая пара с рабочими характеристиками передачи категории 6), расположенные вертикально друг над другом (упрощенная модель кабельного жгута), длина кабелей – 5 м, средства поддержки расположены на расстояниях 1 м между центрами, ширина опоры – 5 см. Как видно из приведенного примера, реакция опоры и давление, оказываемое на кабели, размещенные на дискретных средствах поддержки, даже при небольшой длине пролета существенно превосходят значения при размещении кабелей на непрерывных средствах поддержки (разница в давлении, например, составляет 20 крат).

Используя формулу (1) для нормальной реакции опоры, можно получить формулу для давления, оказываемого опорой на $n = 0,1 N$ кабелей, находящихся в нижней части жгута:

$$P = \frac{\sum_{i=1}^N F_{gr}}{nl} = \frac{NWL}{nl} = \frac{10WL}{l} \quad (4)$$

Как видно из расчетов (табл.2), в широком диапазоне конструкций витопарных кабелей при размере жгута 50 кабелей и длинах пролета, находящихся в пределах, типичных для СКС, давление на нижележащие кабели в жгуте на опоре шириной 5 см даже не приближается к значениям, определенным стандартами и полученным в результате лабораторных исследований.

Интересно отметить, что из формулы (4) при принятой модели жгута кабелей на опоре (рис.2) на величину давления влияет непосредственно не количество кабелей в жгуте, а соотношение количества вышележащих и нижележащих кабелей $\frac{N}{n}$,

то есть профиль распределения кабелей на опоре. С этой точки зрения кронштейны, имеющие "U"-образный профиль, или гибкие петли, имеющие

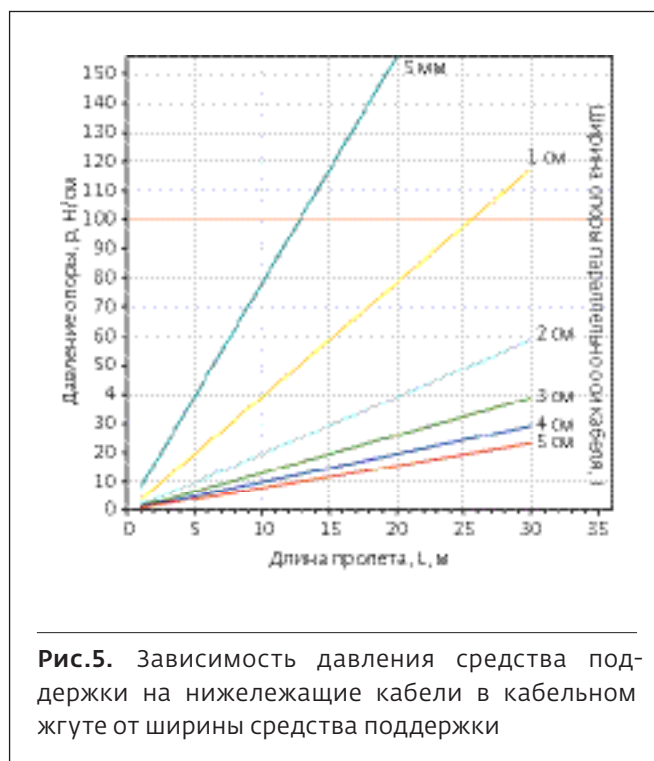


Рис.5. Зависимость давления средства поддержки на нижележащие кабели в кабельном жгуте от ширины средства поддержки

наибольшую площадь соприкосновения с кабелями, должны обеспечивать наиболее щадящий режим. При отсутствии жгутования (свободное/произвольное размещение кабелей на опорах), позволяющие максимальное уплотнение кабельного потока, более предпочтительны (в таких случаях показатель $\frac{N}{n}$ будет стремиться к своему максимальному значению 1).

Дополнительные расчеты показывают (на рис.5 приведена зависимость давления средства поддержки на нижележащие кабели в кабельном жгуте при соотношении $\frac{N}{n} = 10$, погонном весе кабеля 0,04 кг/м

категории 6 от ширины средства поддержки): для того чтобы воспроизвести условия, близкие к критерию 100 Н/см, размер опоры (ширина в направлении, параллельном оси кабеля) должен быть менее 1-2 см при длинах пролетов свыше 12 м. Подобные параметры монтажа при нормальных условиях СКС в зданиях совершенно не реальны.

ДЕЛАЕМ ВЫВОДЫ

Приведенные выше расчеты и анализ показывают, что ни для растягивающих (критерий 110 Н), ни для давящих (критерий 1000 Н) деформаций критерии, определенные стандартами для максимальных значений пролета между смежными средствами поддержки (1,2-1,5 м) и размера жгута кабелей (50), размещенных на них, не имеют практического значения с точки зрения ухудшения механических свойств кабелей и их рабочих характеристик передачи. Первоочередное внимание должно уделяться профилям и размерам используемых средств поддержки с целью уменьшения давления на кабели. Рекомендуются профили: "U"- или "J"-образные кронштейны; гибкие петли, изготовленные из пластика или тканого материала; кронштейны с широкой плоской ровной поверхностью.

Рекомендованные размеры: ширина параллельно оси жгута кабелей – не менее 2 см.

Кроме механических и электрических свойств, нужно учесть следующие факторы:

- количество кабелей в жгуте и длина пролета могут создавать нагрузку на средство поддержки, на которую оно не рассчитано (в таких случаях должны иметь преимущество спецификации производителя средства поддержки);
- длина стрелы провеса может быть ограничена пространством, доступным для монтажа;
- частое размещение средств поддержки уменьшает длину стрелы провеса, делая таким образом монтаж пространственно компактным и аккуратным;
- увеличение длины стрелы провеса с целью снижения растягивающей силы ведет к увеличению общей длины кабельного сегмента и дополнительным расходам (так, например, увеличение длины стрелы провеса при длине пролета в 1,5 м с 0,2 до 0,3 м увеличивает длину кабельного сегмента на 5%);
- количество кабелей в жгуте может быть преимущественно ограничено такими требованиями, как рассеяние тепла в системах PoE. ■