

## Защита от коррозии

Перед выбором нужных материалов для прокладки кабеля следует прежде всего определить коррозионные условия на месте применения этих материалов.

В обычных условиях хорошо зарекомендовала себя оцинкованная сталь. Правда, со временем защитный слой цинка эродирует, подвергаясь различным климатическим воздействиям. Представление о степени ежегодной эрозии и риске возможной коррозии даёт следующая таблица:

### Воздействия окружающей среды и подверженность коррозии

Категория коррозии	Ежегодная эрозия, мкм/год	Обычная среда	
		в помещении	на открытом воздухе
C1 незначительная	≤ 0,1	-	Отапливаемые здания, например офисные помещения, школы, гостиницы
C2 малая	> 0,1 до 0,7	Незначительное загрязнение, например в сельской местности	Неотапливаемые здания, с образованием конденсата, склады, спортзалы
C3 умеренная	> 0,7 до 2,1	Городские и промышленные значительные загрязнения	Производственные помещения с высокой влажностью воздуха например прачечные, пивоварни, молокозаводы
C4 большая	> 2,1 до 4,2	Промзоны и места умеренной солевой нагрузки	Химические установки, бассейны
C5-I очень большая (промышленность)	> 4,2 до 8,2	Промзоны с высокой влажностью и агрессивной средой	Здания и зоны с постоянной конденсацией и сильным загрязнением
C5-M очень большая (влияние моря)	> 4,2 до 8,2	Морские и прибрежные зоны с высокой солевой нагрузкой	Здания и зоны с постоянной конденсацией и сильным загрязнением

(Источник: EN ISO 12944-2).

Необходимая толщина цинкового покрытия вычисляется путём умножения скорости изнашивания защитного слоя на предполагаемый срок службы оборудования. Предлагаются три типа цинкового покрытия, отличающиеся по толщине, по адгезии к покрываемой поверхности и по внешнему виду.

#### • Гальваническое цинкование (DIN 50961)

Подлежащие цинкованию детали помещаются в электролизную ванну, в которой ионы цинка равномерно оседают на поверхность покрываемого изделия. Образуется цинковое покрытие толщиной примерно 5 мкм, светлого цвета, глянцевое, которое в результате последующей обработки бихроматом становится устойчивым к истиранию.

Все болты и гайки (без дополнительного обозначения), поставляемые фирмой PUK, обработаны методом гальванического цинкования. Они применяются при соединении элементов лотков, оцинкованных методом Сендзимира.

#### • Горячее цинкование методом Сендзимира (DIN EN 10142/10147 взамен прежнего DIN 17162)

Ещё в прокатном цехе полоса металла (толщиной ≤ 2,0 мм) покрывается цинком (непрерывный метод цинкования). Образуется равномерное и прочное на сцепление с основой цинковое покрытие со средней толщиной 19 мкм.

Повреждение цинкового покрытия в процессе резки, сверления отверстий и т. п. не приводит в дальнейшем к коррозии, поскольку граничащий с местом повреждения цинк под воздействием кислорода воздуха и влаги растворяется и образует на непокрытых поверхностях среза коричневатый слой гидроксида цинка. Хаотичное перемещение ионов цинка защищает оголившуюся поверхность слоем шириной 2,0 мм.

Материалы, оцинкованные методом Сендзимира, предназначены для применения главным образом в местах с преимущественно сухим климатом (классы коррозии C1 и C2). Такие изделия обозначаются символом **S**.

#### • Горячее цинкование погружением (DIN EN ISO 1461, бывший DIN 50976)

Подлежащие цинкованию детали после окончательной подготовки опускают в расплавленный цинк (прибл. 450°C). В результате химических реакций образуются различные прочно соединённые со стальной основой сплавы. Эти сплавы отделяются от слоя «чистого» цинка. В зависимости от скорости реакции, состава стали, продолжительности пребывания в ванне, процесса охлаждения и т. д. происходит «поднятие» образовавшегося сплава на поверхность.

Внешний вид поверхности варьируется от светлого глянцевого до тёмно-серого матового, и при этом толщина цинкового слоя и его стойкость к коррозии остаются неизменными. В дальнейшем небольшая коррозия может иметь место во влажной среде, прежде всего на свежесплавленных поверхностях, в виде отложений карбоната гидроксида цинка (так называемая «белая ржавчина»). Однако она не оказывает никакого негативного воздействия на антикоррозионное покрытие.

Поверхности срезов следует обработать цинковой краской (см. с. G4 Каталога).

Согласно DIN EN ISO 1461 средняя толщина покрытия составляет не менее:

45 мкм для материалов толщиной менее 1,5 мм  
55 мкм для материалов толщиной от 1,5 мм до 3 мм  
70 мкм для материалов толщиной от 3 до 6 мм

Нормы DIN EN ISO 1461 в основном соответствуют следующим нормам

в Великобритании	BS EN ISO 1461
во Франции	EN ISO 1461
в США	ASTM A123/A 123M

Все элементы кабельных линий и несущие конструкции средней и большой массы согласно условиям технологии поставляются обработанными методом горячего цинкования и

имеют обозначение **F**.

#### • Нержавеющая сталь

Принимая во внимание такие свойства, как высокая стойкость к коррозии, простота очистки поверхностей, возможность повторного использования и огнестойкость, предпочтение всё чаще отдаётся нержавеющей стали. В первую очередь она находит широкое применение в химической, бумажной, текстильной и пищевой промышленности, на очистных сооружениях, нефтеперерабатывающих заводах, в транспортных тоннелях и в морских условиях.

Часто с учётом полного срока службы нержавеющая сталь является более экономичной альтернативой, несмотря на значительные первоначальные капиталовложения. Ведь в случае недостаточной стойкости к коррозии к этим вложениям прибавятся гораздо более значительные затраты на ремонт (простои оборудования, перекладка кабеля, замена строительных конструкций).

По сравнению с различными синтетическими материалами нержавеющая сталь выгодно отличается высокой прочностью, стойкостью к температурным воздействиям и огнестойкостью, а отсутствием выделения вредных веществ в случае пожара и при механической обработке.

Как правило, применяемый материал № 1.4301 имеет согласно EN 10088-3 краткое обозначение X5 Cr Ni 18 10 и допуск к применению Z-30.3-6 Институтом строительной техники (Bautechnik) в Берлине.

Качество этой стали соответствует требованиям следующих стандартов:

EN 10088-3	: 1.4301 X5CrNi 18-10
AISI	: 304
UNS	: S 30400
BS	: 304 S15- 304 S31
AFNOR	: Z7CN 18-09
DIN	: 17440

Фирма PUK предлагает полный ассортимент элементов из нержавеющей стали: стойки консолей, консоли, кабельные лотки (лестничные лотки, вертикальные лестничные лотки), анкерные шины и кабельные хомуты. Крепежные принадлежности соответствуют группе стали A2 (согласно DIN ISO 3506). Эти материалы обозначаются символом **E**.

По запросу поставляются также и другие виды изделий из нержавеющей стали № 1.4571 с кратким обозначением X6 CrNiMoTi 17-12-2 (согласно EN 10088-3).

Крепежные принадлежности соответствуют группе стали A4 (согласно DIN ISO 3506).

Качество этой стали соответствует требованиям следующих стандартов:

EN 10088-3	: 1.4574 X6CrNiMoTi17-12-2
AISI	: 316 Ti
UNS	: S 31635
BS	: 320 S31
AFNOR	: Z6CNDT 14-12
DIN	: 17440

Эти материалы обозначаются символом **E4**.

Другие материалы с таким же классом стойкости к коррозии также поставляются по запросу.

Для специального применения (для светильников и несущих конструкций в транспортных тоннелях согласно ZTV-ING) по запросу поставляются изделия из легированной стали № 1.4529.

#### • Полимерные покрытия

Для применения в условиях агрессивного воздействия среды на цинковые покрытия ( $pH < 6$  или  $> 12,5$ ) или для цветного обозначения отдельных элементов по желанию заказчика возможна поставка этих оцинкованных элементов с полимерным покрытием (например, из эпоксидной или полиэфирной смолы).

## Выбор изделий

### Кабельные лотки

При выборе изделий следует учитывать:

1. число или объем кабелей, которые предстоит проложить по лотку  
→ вместимость или размеры кабельного лотка;
2. а) массу кабеля, которую должен принять на себя кабельный лоток;  
б) расстояние между опорными элементами лотка  
→ несущую способность кабельного лотка.

### Примечание к п. 1. Вместимость/полезное поперечное сечение

Если объем кабеля (тип кабеля, размеры, количество) неизвествен, для оценки указанного параметра можно воспользоваться таблицей 1: для кабеля каждого конкретного размера величина занимаемой им площади умножается на число кабелей и таким образом определяется общая сумма. Полученный результат характеризует минимальную площадь поперечного сечения (A) кабельного лотка, которую в определенных случаях следует увеличивать на коэффициент резерва. В каждом конкретном случае следует руководствоваться предписаниями стандарта VDE 0100 по прокладке кабельных лотков.

Таблица 1: Площадь, занимаемая силовым кабелем типа NYU

Кабель NYU	Диаметр (мм)	Площадь, занимаемая каждым кабелем (прибл.)	X	Число кабелей
4 x 1,5	12,5	1,5 см <sup>2</sup>	X	=
4 x 2,5	14	1,8 см <sup>2</sup>	X	=
4 x 6	16,5	3,0 см <sup>2</sup>	X	=
4 x 16	22	5,0 см <sup>2</sup>	X	=
4 x 35	31	12,0 см <sup>2</sup>	X	=
4 x 70	41	16,0 см <sup>2</sup>	X	=
				$A \geq \Sigma \text{ см}^2$

Полезное сечение (A) каждого кабельного лотка приводится в каталоге. Также возможна прокладка нескольких параллельных лотков.

Примечание к п. 2. Несущая способность



Все расчеты по несущей способности в каталоге относятся к соответствующему продукту. Несущая способность монтажных систем зависит от соответствующей конфигурации и в особенности от направления усилий.

а. Масса кабеля

Если нет данных об общей массе кабеля, следует руководствоваться данными таблицы 2.

Для кабеля каждого размера масса кабеля умножается на число кабелей и таким образом определяется общее суммарное значение. Результат представляет собой расчётную кабельную нагрузку (Q).

Таблица 2: Масса кабелей типа NYU

Кабель NYU	Масса кабеля (прибл.)	X	Число кабелей
4 x 1,5	2,3 Н/м	X	=
4 x 2,5	3,0 Н/м	X	=
4 x 6	5,2 Н/м	X	=
4 x 16	11,0 Н/м	X	=
4 x 35	22,0 Н/м	X	=
4 x 70	41,0 Н/м	X	=
			$Q = \sum \text{Н/м}$

При определении надежности решающей, однако, является максимально возможная нагрузка от кабеля. Она определяется путём умножения вместимости на удельный вес кабеля\*. Результат (Q<sub>лк</sub>) для каждого кабельного лотка приводится в каталоге.

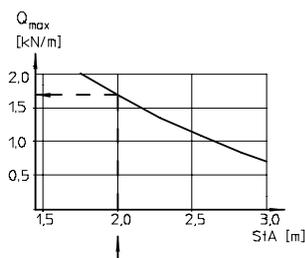
б. Расстояние между опорами

Рекомендуемое расстояние между консольными опорами составляет 1,5 м. Однако фактически возможное расстояние между опорными точками с учётом приведённых вариантов крепления (колонн, прогонов и т. п.) может значительно превышать указанную величину и составлять до 10 м.

Ниже приведены диаграммы нагрузок, которые должны восприниматься кабельными лотками;

- максимальная нагрузка (Q<sub>max</sub>), которую может надёжно воспринимать кабельный лоток при приведённом расстоянии между опорными точками.

Пример: Лестничный лоток, тип L 60-634,  
Расстояние между опорными точками = 2,0 м.

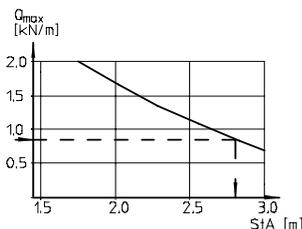


Разница между макс. величиной нагружения и возможной кабельной нагрузкой равна макс. допустимой дополнительной нагрузке:  
 $Q_{\text{max}} = 1,70 \text{ кН/м}$   
 $Q_{\text{лк}} = -0,58 \text{ кН/м}$   
 дополн. нагр.  $\leq 1,12 \text{ кН/м}$

*Тип кабельного лотка	Кабель	Удельный вес кабеля
Лестничный лоток	Силовой кабель (Q <sub>лк</sub> )	2,8 Н/м x см <sup>2</sup> (согласно DIN VDE 0639)
Кабельный лоток, Проволочный лоток	Управляющий Кабель (Q <sub>ск</sub> )	1,5 Н/м x см <sup>2</sup>

- максимально допустимое расстояние между опорными точками при известном нагружении.

Пример: Лестничный лоток, тип L 60-634



Кабельная нагрузка = 0,60 кН/м  
 Дополн. нагрузка = 0,25 кН/м  
 $Q_{\text{max}} = 0,85 \text{ кН/м}$

→ максимальное расстояние между опорами = 2,7 м

Диаграммы нагрузок учитывают как минимум 70%-ный запас надёжности до деформации (согласно DIN VDE 0639, см. с. J8). Тем не менее, ходить по кабельным лоткам нельзя!

Если максимальная нагрузка (Q<sub>max</sub>) или максимальные расстояния между опорными точками какого-либо лотка не удовлетворяют требованиям, то следует подобрать конструкции с более высокой несущей способностью. Если и эти конструкции не будут удовлетворять предъявляемым требованиям, следует выбрать более подходящие типы кабельных лотков:

проволочные лотки → кабельные лотки → лестничные лотки (со вставными днищами из листового металла) → кабельросты (со вставными днищами из листового металла).

Кабельросты

Эти конструкции предназначены для перекрытия больших расстояний между опорными точками. Несущая способность таких «кабельных мостиков» зависит главным образом от жёсткости, а также от высоты бокового профиля. Наличие более высоких бортиков означает, однако, большую вместимость, а значит, и более высокую максимальную кабельную нагрузку. Кабельросты фирмы PUK исключают возможность случайного перегруза или перенаполняемости посредством:

- приподнятого днища лотка;
- приваренного с помощью электросварки соединительного элемента из бокового профиля и поперечного профиля;
- почти симметричного бокового профиля, не подверженного кручению;
- не менее чем 70%-ного запаса прочности при нагружении\* (см. конструкции согласно DIN VDE 0639, стр. 9).



**Внимание! Несмотря на высокую несущую способность кабельростов, их не следует использовать для ходьбы или в качестве лестниц.**

**При прокладке кабеля необходимо учитывать возникающие дополнительные нагрузки. Эти нагрузки нельзя передавать на кабельные трассы.**

\* Это касается только типа WL 200 в том случае, если бортовые элементы WLHS монтируются в точках опор (консолей).

### Несущие конструкции

Как правило, несущие конструкции для прокладки кабелей под потолками включают стойку и потолочную стойку, а в случае прокладки по стенам — стеновую консоль или стойку консоли и стойку.

Для выбора элементов с достаточной несущей способностью следует прежде всего рассчитать нагрузку от каждого кабельного лотка в точке его опоры.

Нагрузка на консоль  $P$  = (кабельная нагрузка  $Q$  + масса кабельного лотка  $w$  + дополнительная нагрузка)  $\times$  расстояние между опорными точками  $StA$

#### 1. Консоль (кронштейн)

Несущая способность консоли ( $P_{max}$ ) должна быть больше указанной выше нагрузки на консоль ( $P$ ).

Следует учитывать, что несущая способность консоли зависит от ширины несущего кабельного лотка ( $B$ ). В таблицах расчёта несущей способности постоянно делается акцент на соответствующие размеры несущих конструкций и консолей ( $L \approx B$ ).

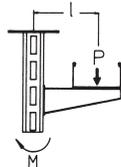
Однако если консоли значительно длиннее и кабельная несущая конструкция лежит на краю конструкции, действует следующая формула:

$$P_{ZUL} \approx P_{max} \left( \frac{L}{2L - B} \right)$$

Значения несущей способности соответствуют испытанным и сертифицированным данным DIN VDE 0639 (см. с. J7).

#### 2. Потолочная стойка

Потолочная стойка при смещении несущих кабельных лотков к одной стороне испытывает главным образом изгибающую нагрузку. Каждая отдельная консоль создаёт так называемый изгибающий момент ( $M_i$ ) в стойке. Этот момент определяется исходя из нагрузки на консоль ( $P_i$ ) и длины рычага ( $l_i$ ) ( $M = P \times l$ ). При этом длина рычага зависит от длины консоли ( $L$ ) и ширины несущего кабельного лотка ( $B$ ).



Сумма отдельных изгибающих моментов ( $M_i$ ) не должна превышать величину допустимого момента ( $M_{max}$ ). Момент  $M_{max}$  приводится в каталоге для каждого отдельного случая.

Если несущие кабельные лотки крепятся к стойке с обеих сторон, то всё вышеуказанное относится к каждой из сторон, поскольку в большинстве случаев возможна односторонняя прокладка кабеля.

Пример для потолочной стойки KDI:

	B	L <sub>k</sub>	P <sub>max</sub>		F <sub>D</sub> P
			L > 1000	L < 1000	
	мм	мм	кН	кН	
	100	120	20,0	14,5	1,3
	200	220	13,8	10,0	1,6
	300	320	10,5	7,6	1,9
	400	420	8,5	6,2	2,3
	500	520	7,1	5,2	2,6
	600	620	6,1	4,4	3,0

L ≤ 1000: M<sub>max</sub> = 1600 Nm  
L > 1000: M<sub>max</sub> = 2200 Nm

В целях упрощения выбора стойки для каждой ширины несущего кабельного лотка ( $B$ ) при соответствующей длине консоли ( $L$ ) приводится максимальная нагрузка на консоль ( $P_{max}$ ).

Если несущий кабельный лоток крепится к стойке только с одной стороны (или к участку, равному по ширине несущему кабельному лотку), то таблица непосредственно указывает на справедливость уравнения:  $P \leq P_{max}$  (или  $\sum P_i \leq P_{max}$ ).

В случае крепления несущих кабельных лотков различной ширины к одной стороне стойки следует для каждой ширины лотка определить её долю в максимальной нагрузке:

$$\frac{P_B}{P_{B_{max}}}$$

Для указанной стойки сумма нагрузок должна составлять ≤ 1,0:

$$\sum \frac{P_B}{P_{B_{max}}} < 1$$

#### Пример:

2 лестничных лотка, тип L 60,

шириной:

B<sub>1</sub> = 400 мм

B<sub>2</sub> = 600 мм

на консолях

L<sub>1</sub> = 420 мм

L<sub>2</sub> = 620 мм

длиной:

прикреплены к потолочной стойке с одной стороны.

Расстояние между опорными точками составляет 1,5 м.

Нагрузка от кабеля

(согласно Каталогу):

Q<sub>Lk</sub> = 580 Н/м

Q<sub>2</sub> = 880 Н/м

Включ. массу лестничного лотка:

30 Н/м

33 Н/м

получаем общую нагрузку:

610 Н/м

913 Н/м

Общая нагрузка,

610 Н/м

913 Н/м

помноженная на расст. между опорами

$\times 1,5$  м

$\times 1,5$  м

получаем нагрузку на консоль:

P<sub>1</sub> = 915 Н

P<sub>2</sub> = 1,370 Н

Для стойки консоли KDU 52

(согласно Каталогу):

P<sub>max 400</sub> = 2,7 кН

P<sub>max 600</sub> = 1,9 кН

Отсюда получаем сумму

составных частей:

$$\sum \frac{P_B}{P_{B_{max}}} = \frac{915H}{2,700H} = 1,06$$

$$+ \frac{1,370H}{1,900H}$$

(> 1)

т. е. следует выбрать стойку консоли с соответствующей несущей способностью или уменьшить расстояния между опорами.

Значения несущей способности соответствуют проверенным и сертифицированным данным DIN VDE 0639 (см. с. J7).



**При прокладке кабеля необходимо учитывать возникающие дополнительные нагрузки. Эти нагрузки нельзя передавать на кабельные трассы.**

## Передача нагрузок на строительные конструкции



Все расчеты по несущей способности в каталоге относятся к соответствующему продукту. Несущая способность монтажных систем зависит от соответствующей конфигурации и в особенности от направления усилий.

При прокладке кабеля необходимо учитывать возникающие дополнительные нагрузки. Эти нагрузки нельзя передавать на кабельные трассы.

Нижеследующие пояснения могут оказать помощь при применении допусков на дюбели, однако эти данные являются обязательными:

### Допустимые нагрузки на дюбели $F_{zul}$

Векторное наложение различных действующих в точках крепления компонентов сил (например, срезающее усилие и вертикальное вытягивающее усилие) дает возможность определить нагрузку на дюбель, которая не должна превышать допустимые нагрузки, приводимые в допусках (как правило, касающиеся всех растягивающих усилий, действующих под углом). Допустимая нагрузка на дюбель зависит от основы анкеровки (марки бетона, типа кирпичной или каменной кладки и т. п.), а также от нагрузок растяжения и сжатия:

- зона растяжения трещиноватого бетона;
- зоны сжатия в бетоне (например, в бетонных стенах, колоннах, верхней половине бетонного связующего).

В спорных случаях определение этих факторов следует поручать соответствующим специалистам по статике.

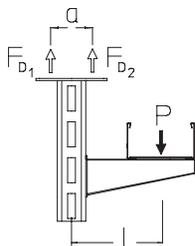
### Уменьшение нагрузок

Допустимая нагрузка на дюбель должна снижаться:

- если расстояние между несколькими дюбелями меньше величины  $a^*$ ;
- если расстояние от дюбеля до края или угла строительного элемента меньше величины  $a^*$ .

Для расчета нагрузки  $F_D$  на дюбель в каталоге приводится коэффициент  $F_D/P$  (касается сильно нагруженных дюбелей).

Пример: Потолочная стойка



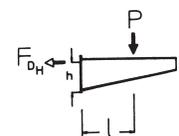
$$F_{D1} = \frac{P}{2}$$

$$F_{D2} = \frac{P}{2} + P \cdot \frac{l}{a}$$

$$\Rightarrow \frac{F_D}{P} = \frac{1}{2} + \frac{l}{a}$$

Благодаря использованию обеих сторон стоек излишняя нагрузка на дюбель снижается.

Пример: Стеновой кронштейн



$$F_{Dv} = P$$

$$F_{Dh} = P \cdot \frac{l}{h}$$

$$\Rightarrow \frac{F_D}{P} = \sqrt{1 + \left(\frac{l}{h}\right)^2}$$

\* $a$  = расстояние между осями

$a_g$  = расстояние от края

(см. допуски, которые мы охотно вышлем по запросу).

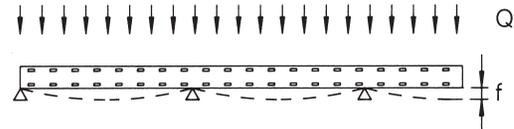
## VDE 0639

- Несущие кабельные конструкции.

Нормы VDE 0639 предписывают в том числе:

- Метод испытаний, согласно которому должны быть проверены механические свойства кабельных несущих элементов: Проверены:

- кабельные лотки, включая соединительные элементы (торцевая зона, средняя зона и кронштейн):



(полученные данные не соответствуют тем, при которых возможно применение испытанных неразрезных балок)

- закреплённые консолями кабельные лотки не обладают достаточной жёсткостью.

- Данные о несущей способности базируются на измеренных нагрузках при допустимой деформации ( $f_{доп.}$ ) контролируемого изделия. Проверены элементы несущей кабельной конструкции стандартного исполнения (оцинкованные методом Сендзимира)

Кабельные лотки

проверены на специально разработанном испытательном стенде; установлено, что упруго изгибающиеся под нагрузкой строительные элементы остаются равномерно нагруженными.

- $f_{доп.}$  (в продольном направлении) = 0,005 x расстояние между опорами
- $f_{доп.}$  (в поперечном направлении) = 0,05 x ширина лотка (однако  $\leq 20$  мм)

Кронштейны/консоли

Вершины кронштейнов могут при воздействии вертикальных нагрузок отклоняться книзу на следующую величину:

- $f_{доп.} = 0,05$  x длина кронштейна (однако  $\leq 20$  мм)

Настенный профиль-суппорт

изгибается под воздействием боковых сил. Допустимое отклонение составляет:

- $f_{доп.} = 0,01$  x длина суппорта

Проверены суппорты самых больших размеров.



- **Надежность**  
Испытанные строительные элементы должны выдерживать превышение допустимой нагрузки как минимум до 71%. В этом случае возможен выход из строя строительного элемента, но не полное его разрушение, поскольку происходит сильная деформация, при которой не отмечается дальнейшего роста нагрузки. По этой же причине несущие кабельные конструкции из металла, деформирующиеся в нагруженном состоянии (также при перегрузке), считаются более предпочтительными по сравнению со спонтанно разрушающимися несущими конструкциями из полимерных материалов.

### **Уравнивание потенциалов**

Лестничные и перфорированные кабельные лотки фирмы PUK монтируются с помощью болтовых соединений. Фланцевые гайки с фиксирующим зубчатым зацеплением обеспечивают электропроводное соединение кабельных лотков и уравнивание потенциалов.