



## Справочник проектировщика

**СИЛОВЫЕ КАБЕЛИ HoldCav<sup>®</sup>**  
НА НАПРЯЖЕНИЕ 6-35 кВ



## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Введение</b> .....	<b>4</b>
<b>1. Конструкция силовых кабелей из сшитого полиэтилена и этиленпропиленовой резины</b> .....	<b>5</b>
1.1 Токопроводящая жила .....	6
1.2 Основная изоляция .....	8
1.3 Полупроводящие экраны .....	9
1.4 Металлический экран .....	10
1.5 Броня .....	10
1.6 Наружная оболочка .....	11
1.7 Дополнительные слои .....	12
1.8 Одножильные кабели и трехжильные кабели с круглыми и секторными жилами .....	12
<b>2. Электрические параметры кабелей</b> .....	<b>15</b>
2.1 Электрическое сопротивление ТПЖ и экрана .....	16
2.2 Емкостные характеристики .....	17
2.3 Потери в кабеле .....	19
<b>3. Виды прокладки КЛ</b> .....	<b>21</b>
<b>4. Расчет длительно допустимых токовых нагрузок</b> .....	<b>25</b>
<b>5. Расчет допустимых токов короткого замыкания для токопроводящих жил и экрана</b> .....	<b>31</b>
<b>6. Выбор номинального напряжения кабеля в зависимости от категории сети</b> .....	<b>35</b>
<b>7. Особенности монтажа кабеля которые влияют на его выбор</b> .....	<b>37</b>
7.1 Минимально допустимый радиус изгиба .....	38
7.2 Допустимое тяжение кабеля .....	38
7.3 Минимальная температура эксплуатации кабеля .....	40
7.4 Прокладка кабеля при низких температурах .....	40
<b>8. Заземление металлических экранов кабелей</b> .....	<b>41</b>
8.1 Заземление экрана с двух сторон .....	42
8.2 Заземление экрана с одной стороны .....	42
8.3 Транспозиция экранов .....	42
<b>9. Кабельная арматура</b> .....	<b>43</b>
<b>10. Рекомендуемые испытания после монтажа</b> .....	<b>45</b>
<b>11. Транспортировка и хранение кабелей</b> .....	<b>47</b>
<b>12. Кабели HoldCab EPR MV</b> .....	<b>51</b>
12.1 Маркообразование .....	52
12.2 Класс пожарной опасности .....	53
12.3 Применение .....	53
12.4 Номинальное сечение токопроводящих жил кабелей .....	54
12.5 Указания по эксплуатации .....	54
<b>13. Кабели HoldCab MV</b> .....	<b>57</b>
13.1 Маркообразование .....	58
13.2 Класс пожарной опасности .....	59
13.3 Применение .....	60
13.4 Номинальное сечение токопроводящих жил кабелей .....	61
13.5 Указания по эксплуатации .....	61

## ВВЕДЕНИЕ



“

**ООО “Холдинг Кабельный Альянс” является лидером кабельной отрасли РФ и СНГ. Компания представляет собой уникальный комплекс производственной и научно-технической базы, выпускающей высококачественную кабельную продукцию - номенклатура свыше 160 000 маркоразмеров.**

**Со дня основания ХКА удерживает 1-е место по объемам переработки меди среди производителей кабельной продукции РФ и СНГ.**

В настоящем справочнике изложены общие сведения о конструкции и материалах, применяемых в силовых кабелях на среднее напряжение 6-35 кВ и характеристиках на которые они оказывают влияние. Представлены электрические параметры кабелей и основные формулы по которым производится их расчет. Показано, как характеристики электрической сети, требования к нагрузочным характеристикам, условия прокладки и монтажа кабелей влияют на их выбор. Справочник содержит рекомендации по выбору, расчету и монтажу кабельных линий, однако невозможно показать в нем все возможные варианты, для всех случаев применений. Информацию, приведенную в данном справочнике необходимо использовать только в качестве общих рекомендаций.

В справочнике представлены параметры кабелей, выпускаемых под собственными торговыми марками, HoldCab MV с изоляцией из сшитого полиэтилена и HoldCab EPR MV с изоляцией из этиленпропиленовой резины.

Справочник рассчитан на проектировщиков, имеющих общие знания о силовых кабельных сетях и призван оказать помощь в обоснованном выборе типа кабеля и его характеристик, в зависимости от условий применения. За дополнительной информацией необходимо обращаться к соответствующим каталогам и руководствам на продукцию или специалистам ООО “ХКА”.

Проектирование кабельных линий и работы по их прокладке должны выполняться в соответствии с действующими “Правилами устройства электроустановок”, действующими отраслевыми строительными нормами и правилами, локальными стандартами организаций и инструкцией завода-изготовителя. Прокладка кабеля должна производиться только при наличии проекта производства работ. Прокладка кабеля должна выполняться монтажной организацией, имеющей соответствующее оборудование, инструмент, материалы и квалифицированных специалистов.



**1** КОНСТРУКЦИЯ  
СИЛОВЫХ КАБЕЛЕЙ  
ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА И  
ЭТИЛЕНПРОПИЛЕНОВОЙ РЕЗИНЫ

## 1.1 ТОКОПРОВОДЯЩАЯ ЖИЛА

Основным элементом силового кабеля является токопроводящая жила (ТПЖ). ТПЖ должна проводить номинальный ток нагрузки с минимальными потерями и выдерживать токи короткого замыкания (КЗ). На выбор ТПЖ могут влиять множество факторов, включая допустимый ток, падение напряжения, характеристики материала, гибкость, геометрическая форма и стоимость. Основной характеристикой ТПЖ в кабеле является ее сечение в мм<sup>2</sup>.

В качестве материала ТПЖ в силовых кабелях используются медь или алюминий. Медь обладает меньшим электрическим сопротивлением, в сравнении с алюминием (см. табл. 1), благодаря этому, для одной и той же величины номинального тока, сечение медной ТПЖ будет меньше.

Таблица 1

**Параметры различных металлов и сплавов**

Параметр	Ед.изм.	Отожженная медь	Медь	Алюминий	Алюминиевый сплав	Сталь
Плотность	кг/дм <sup>3</sup>	8,89	8,89	2,7	2,7	7,8
Сопротивление при 20 °С	Ом·мм <sup>2</sup> /м	0,017241	0,017586	0,028264	0,0325	0,190
Проводимость по отношению к отожженной меди	%	100	98	61	53	9
Теплопроводность	Вт/(см·К)	3,893	3,893	2,218	1,84	0,46
Разрывная нагрузка	даН/мм <sup>2</sup>	20-30	35-50	12-15	35-40	40-150
Удлинение при разрыве	%	25-30	0,5-3	1,5-3	4-6	2-6
Модуль эластичности	даН/мм <sup>2</sup>	10 500	12 000	5 600	6 000	18 500
Температура плавления	°С	1 083	1 083	657	657	1 400

Согласно уравнению, упрощенный расчет замены медного кабеля на алюминиевый и наоборот будет выглядеть следующим образом:

### Медный кабель сечением 240 мм<sup>2</sup>

$$\frac{240 \text{ мм}^2}{0,61} = 393,44 \text{ мм}^2,$$

соответственно ближайшее сечение алюминиевого кабеля будет 400 мм<sup>2</sup>.

### Алюминиевый кабель сечением 240 мм<sup>2</sup>

$$240 \text{ мм}^2 * 0,61 = 146,40 \text{ мм}^2,$$

соответственно ближайшее сечение медного кабеля будет 150 мм<sup>2</sup>.

### Уравнение

#### Отношение удельных сопротивлений меди и алюминия

$$\frac{\text{сопротивление меди } 0,017241 \text{ Ом·мм}^2/\text{м}}{\text{сопротивление алюминия } 0,028264 \text{ Ом·мм}^2/\text{м}} = 0,61$$

Кабель с алюминиевой ТПЖ при одном и том же длительно допустимом токе, даже имея большее сечение, будет обладать меньшей массой, благодаря чему упрощается его транспортировка и прокладка. При одном и том же сечении ТПЖ и наружном диаметре кабеля, допустимая токовая нагрузка для кабеля с алюминиевой ТПЖ будет примерно на 23% меньше, чем для кабеля с медной жилой.

ТПЖ для силовых кабелей на среднее напряжение выполняются однопроволочными или многопроволочными уплотненными. Преимуществом многопроволочных жил является повышенная гибкость. Классы гибкости ТПЖ нормируются в ГОСТ 22483, большему классу соответствует более гибкая жила.

Кабели с СПЭ изоляцией HoldCab MV производятся с многопроволочными жилами классов гибкости 2. Кабели с ЭПР изоляцией HoldCab EPR MV с многопроволочными жилами классов гибкости 2 и 5 (для медных ТПЖ).

ТПЖ в кабеле может быть круглой (для одножильных и трехжильных кабелей) или секторной (для трехжильных кабелей) формы.

Многопроволочные жилы имеют промежутки между проволоками. В случае проникновения влаги в кабель, из-за ошибок при хранении, монтаже или механическом повреждении кабеля, она может распространяться по нему вдоль жилы и приводить к разрушению материалов кабеля. Для исключения вероятности распространения влаги вдоль жилы, возможно изготовление кабелей с продольной герметизацией ТПЖ с применением водоблокирующих нитей. Нити содержат в своем составе специальный порошок, который при попадании влаги образует гель, препятствующий ее дальнейшему распространению.

Рисунок 1  
**Соотношение сечений медной и алюминиевой проволоки для передачи одинаковой мощности**

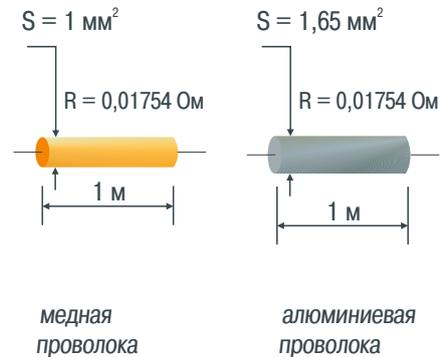


Рисунок 2  
**Жилы разных классов гибкости от 1 до 5**

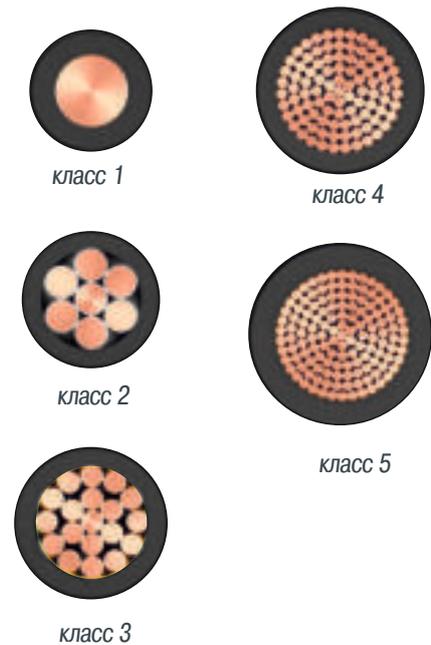


Рисунок 3  
**Многопроволочные жилы круглой и секторной формы**



## 1.2 ОСНОВНАЯ ИЗОЛЯЦИЯ

Основная изоляция кабеля отделяет части, находящиеся под рабочим напряжением, от частей, в общем случае, находящихся под потенциалом земли. Основная изоляция должна выдерживать номинальное напряжение сети и различные кратковременные перенапряжения. Разным уровням номинального напряжения сети соответствует разная толщина изоляции.

Изоляционные материалы, применяемые в современных силовых кабелях, делятся на 2 типа:

- термопластичные;
- терморезиновые.

Главное отличие между ними в том, что термопластичный материал плавится при воздействии высокой температуры или пламени, а терморезиновый не плавится и лучше противостоит размягчению.

Терморезиновые материалы выдерживают повышенную температуру токопроводящей жилы, перегрузки и поэтому находят широкое применение в распределительных сетях, где рабочие температуры проводников достаточно высоки. Терморезиновые материалы приобретают свои свойства во время необратимой химической реакции, которая заставляет молекулы связываться между собой (сшиваться), тем самым укрепляя структуру материала.

Самыми распространенными терморезиновыми материалами, применяемыми сегодня для изоляции в силовых кабелях на среднее напряжение, являются сшитый полиэтилен (СПЭ) и этиленпропиленовая резина (ЭПР).

### СШИТЫЙ ПОЛИЭТИЛЕН (СПЭ)

производится соединением полиэтилена и сшивающего агента. Индивидуальные молекулы полиэтилена соединяются вместе во время процесса сшивки, и создают взаимосвязанную пространственную структуру. Сшивка существенно улучшает физические свойства полиэтилена. В силовых кабелях на среднее напряжение используется пероксидная технология сшивки в среде азота при высоком давлении и температуре, позволяющая получать слой изоляции с однородными характеристиками.

Сшитый полиэтилен подвержен образованию водных триингов, повреждений полимера, развивающиеся при совместном действии электрического поля и влаги, проникающей из окружающей среды. Данный эффект может значительно снизить срок службы кабеля. Для того чтобы повысить устойчивость сшитого полиэтилена к образованию водных триингов используются специальные добавки. Такой СПЭ называется триингостойким. Добавки изменяют свойства изоляции, незначительно снижая диэлектрическую прочность и незначительно повышая  $\tan \delta$ .

Кабели HoldCab MV изготавливаются только из триингостойкого СПЭ и могут продолжительно работать при температуре ТПЖ 90 °С с кратковременными перегрузками до 130 °С.

### ЭТИЛЕНПРОПИЛЕНОВАЯ РЕЗИНА (ЭПР)

синтезируется из этилена, пропилена и нескольких других составляющих. В отличие от СПЭ, который является кристаллическим материалом, различные варианты ЭПР находятся в диапазоне от аморфного до полукристаллического.

Этим обеспечивается повышенная гибкость ЭПР в сравнении с СПЭ. В силовых кабелях на среднее напряжение используется пероксидная технология сшивки ЭПР изоляции. В то время как СПЭ используется в основном в чистом виде, ЭПР содержит около 50% наполнителей.

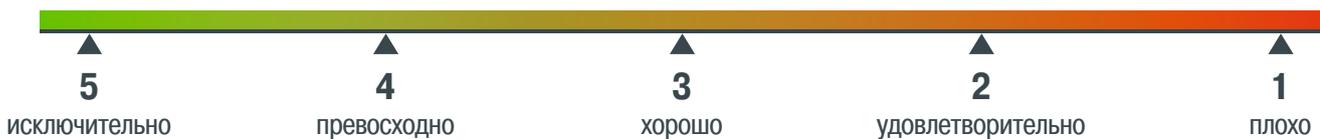
Преимуществами ЭПР изоляции являются высокая эластичность, способность выдерживать вибрационные нагрузки, стойкость к озону, хорошее сопротивление факторам окружающей среды и низким температурам, благодаря этому кабели с такой изоляцией находят широкое применение на промышленных объектах с тяжелыми условиями эксплуатации.

Кабели с изоляцией из ЭПР способны продолжительно работать при температуре ТПЖ 90 °С с кратковременными перегрузками до 130 °С. Некоторые исполнения кабелей с ЭПР изоляцией HoldCab EPR MV, допускают продолжительную работу при температуре ТПЖ 105 °С с кратковременными перегрузками до 140 °С.

Таблица 2

**Сравнение характеристик сшитого полиэтилена и этиленпропиленовой резины**

Параметр	СПЭ	ЭПР	Комментарий
<b>Термическая стабильность</b>	3	5	ЭПР лучше сохраняет свои физические свойства как при перегрузках, так и при минусовых температурах
<b>Влагостойкость</b>	4	5	ЭПР обладает хорошей устойчивостью к образованию водных триингов
<b>Прочность</b>	4	3	СПЭ является более жестким и прочным материалом
<b>Гибкость</b>	3	4	ЭПР позволяет изготавливать более гибкие кабели, подходящие для сложных условий прокладки
<b>Стойкость к маслу</b>	3	4	ЭПР обладает хорошей стойкостью к маслам
<b>Химическая стойкость</b>	3	4	ЭПР обладает хорошей способностью противостоять разрушающему действию различных химических веществ
<b>Огнестойкость</b>	1	3	Для повышения огнестойкости кабели с СПЭ требуют применения оболочек типа "нг" или огнезащитных покрытий
<b>Задымление</b>	2	3	
<b>Выделение коррозионно-активных газов при горении и тлении</b>	4	4	СПЭ и ЭПР изоляция обладают хорошими показателями по выделению коррозионно-активных газов
<b>Диэлектрическая прочность</b>	4	3	СПЭ обладает большей электрической прочностью, что важно для кабелей на высокие напряжения
<b>Импульсная прочность</b>	5	4	СПЭ обладает большей импульсной прочностью, что важно для кабелей на высокие напряжения
<b>Сопротивление короне</b>	4	5	ЭПР лучше противостоит воздействию озона
<b>Диэлектрические потери</b>	4	3	Благодаря наличию наполнителей ЭПР имеет большие диэлектрические потери



**1.3 ПОЛУПРОВОДЯЩИЕ ЭКРАНЫ**

Поверхность токопроводящей жилы не является абсолютно гладкой и ровной, особенно у многопроволочных жил. Неровности могут локально усиливать напряженность электрического поля, что негативно сказывается на основной изоляции кабелей на среднее напряжение. Чтобы устранить эти неровности, на поверхность ТПЖ, одновременно с основной изоляцией наносят полупроводящий экран из специального материала. Наружная поверхность полупроводящего экрана имеет абсолютно ровную цилиндрическую форму и обеспечивает равномерное распределение напряженности электрического поля.

Поверх слоя изоляции наносится еще один полупроводящий экран. Он имеет ровную внутреннюю цилиндрическую поверхность и обеспечивает плавный переход от слоя изоляции к заземленному металлическому экрану.

Полупроводящие экраны дополнительно обеспечивают отсутствие зазоров и пустот, которые могут возникнуть из-за механических напряжений, изгиба кабеля или температурных расширений материалов. Постоянная и прочная связь между полупроводящими слоями и изоляцией обеспечивает отсутствие частичных разрядов.

## 1.4 МЕТАЛЛИЧЕСКИЙ ЭКРАН

Металлический экран проводит зарядный ток кабеля, наведенные токи и токи короткого замыкания. Зарядные и наведенные токи стекают по экрану на землю. Он блокирует распространение электрического поля за пределы кабеля, выступая совместно с полупроводящим экраном как второй электрод в цилиндрическом конденсаторе.

Экран защищает кабель от наведенных напряжений, снижает радиопомехи, снижает опасность поражения электрическим током. Для выполнения всех этих функций металлический экран должен быть заземлен.

Конструктивно металлический экран состоит из медных проволок, поверх которых наложена медная лента.

Сечение экрана в кабелях HoldCab MV и EPR MV выбирается таким, чтобы при протекании тока двухфазного короткого замыкания температура экрана не превышала 350 °С. Для одножильных кабелей - это сечение экрана каждой жилы, для трехжильных кабелей – это суммарное сечение экранов всех жил.

## 1.5 БРОНЯ

Броня представляет собой дополнительную защиту кабеля, которая придает ему механическую прочность там, где есть вероятность повреждения вследствие действия внешних факторов. Броня из проволок применяется при воздействии растягивающих усилий, броня из лент защищает кабель от прямого механического воздействия.

В кабелях HoldCab MV и EPR MV броня выполняется в виде лент или круглых проволок из оцинкованной стали, алюминия или алюминиевого сплава, плоских стальных проволок.

Таблица 3

### Область применения бронированных кабелей

Тип брони	Область применения кабеля
Оцинкованные стальные проволоки для трехжильных кабелей или проволоки из алюминия или алюминиевого сплава для одножильных кабелей	Для прокладки на трассах где возможны значительные растягивающие усилия при эксплуатации, в том числе сейсмически активных районах, условиях вечной мерзлоты и районах подверженных смещению почв
Оцинкованные стальные ленты для трехжильных кабелей или ленты из алюминия или алюминиевого сплава для одножильных кабелей	Для прокладки в земле, где возможно внешнее негативное воздействие на кабель

## 1.6 НАРУЖНАЯ ОБОЛОЧКА

Наружная оболочка кабеля обеспечивает механическую, термическую и химическую защиту внутренних слоев кабеля от факторов внешней среды во время эксплуатации, прокладки и хранения. Наружная оболочка изолирует металлический экран или броню от заземленных частей вокруг кабеля. Также оболочка служит для объединения многожильных кабелей в единую конструкцию. Различные условия прокладки накладывают на оболочку дополнительные требования, например, кабели для наружной прокладки должны иметь оболочку стойкую к ультрафиолету из солнечного излучения, а при сложных условиях прокладки кабеля оболочка может быть усиленной.

Наружная оболочка служит местом, куда наносится маркировка кабеля.

В кабелях HoldCab MV используются наружные оболочки из ПВХ, полиэтилена (для СПЭ), резины не распространяющей горение (для ЭПР) или полимерных композиций с характеристиками нг, нг-LS, нг-HF.

Таблица 4  
Сравнение различных типов наружных оболочек

Тип наружной оболочки	Обозначение в маркировке HoldCab MV и EPR MV	Сопротивление истиранию	Теплостойкость	Гибкость	Сопротивление проникновению влаги	Сопротивление маслу	Сопротивление UV-радиации	Химическая стойкость	Сопротивление низким температурам	Огнестойкость	Дымовыделение	Выделение коррозионно-активных газов при горении и тлении	Коэффициент трения
ПВХ	PV	3	2	3	3	3	3	4	2	3	2	1	3
Резина не распространяющая горение	P(C)	3	4	4	5	4	4	4	5	4	3	4	2
ПВХ пониженной горючести	SF(A), SF(B), SF(C)	3	2	3	3	3	3	4	4	4	2	1	3
ПВХ пониженной пожарной опасности	LS(A), LS(B)	3	2	3	3	3	3	4	2	4	5	1	3
Полимерная композиция, не содержащая галогенов	HF(A), HF(B)	3	4	3	3	3	3	4	2	4	4	4	3
Терморезистивный безгалогенный негорючий компаунд	HF(A), HF(B)	3	4	3	3	3	3	4	5	4	4	4	3
Полиэтилен	PE	3	1	2	5	1	4	4	5	2	1	4	5



## 1.7 ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛОИ

В зависимости от конструкции, в кабелях могут содержаться различные дополнительные слои:

### МЕЖФАЗНОЕ ЗАПОЛНЕНИЕ

обеспечивает трехжильным кабелям круглую форму для облегчения их протяжки. Также этот слой защищает экраны жил от механических воздействий и продлевает срок службы кабелей. Заполнение может выполнять роль изолирующего слоя между экраном и броней. Как правило оно выполняется из невулканизированной резиновой смеси или ПВХ пластиката.

### РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫЕ СЛОИ

располагаются под и над металлическим экраном и предотвращают механическое повреждение полупроводящего экрана по изоляции и наружной оболочке проволок экрана. Также они предотвращают залипание проволок экрана в накладываемых поверх экрана полимерных слоях. Разделительные слои выполняются из различных материалов, определяемых требованиями к кабелю.

### ВНУТРЕННЯЯ ОБОЛОЧКА

изолирует металлический экран от брони.

### ГЕРМЕТИЗИРУЮЩИЕ СЛОИ

обеспечивают продольную и поперечную герметизацию кабеля в случае повреждения наружной оболочки. Так как при повреждении наружной оболочки кабеля, внутрь может проникнуть значительное количество воды, то электрические параметры кабеля выйдут за пределы норм, а материалы начнут разрушаться. Продольная герметизация выполняется в виде водоблокирующих лент, способных менее чем за одну минуту впитать количество воды в 30-60 раз большее, чем их собственная масса. При этом образуется гель, препятствующий дальнейшему распространению воды вдоль кабеля. Поперечная герметизация выполняется при помощи алюмополимерной ленты, которая накладывается под оболочкой и препятствует проникновению воды внутрь кабеля.

## 1.8 ОДНОЖИЛЬНЫЕ, ТРЕХЖИЛЬНЫЕ И СЕКТОРНЫЕ КАБЕЛИ

В зависимости от требований, силовые кабели на среднее напряжение могут быть выполнены одножильными или трехжильными с жилами круглой или секторной формы (Рис. 3).

Таблица 7

### Одножильные кабели

+ Плюсы	- Минусы
<ul style="list-style-type: none"> <li>- максимальная строительная длина на одном барабане</li> <li>- лучшее охлаждение</li> <li>- большой длительно допустимый ток</li> <li>- минимальный риск межфазного замыкания</li> <li>- меньший диаметр и радиус изгиба</li> <li>- меньше удельная повреждаемость</li> <li>- ремонт не затрагивает соседние фазы</li> <li>- кабель меньшего наружного диаметра проще прокладывать</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- необходимость прокладывать 3 одножильных кабеля вместо одного трехжильного</li> <li>- как правило, на кабельную линию необходимо большее количество барабанов</li> <li>- нельзя прокладывать в металлических трубах по одному кабелю</li> <li>- сложности при прокладке трех кабелей в одной трубе</li> <li>- необходимо фиксировать кабели друг относительно друга для сохранения конфигурации фаз</li> <li>- относительно большие потери, в сравнении с трехжильным кабелем</li> <li>- суммарное сечение экранов 3-х одножильных кабелей в 3 раза больше, чем у трехжильного, что требует большего количества материала и приводит к удорожанию</li> <li>- большие наведенные токи в экранах при двустороннем заземлении</li> <li>- в случае повреждения наружной оболочки возможно заземление экрана в месте повреждения, изменение схемы заземления экрана, высокие наведенные токи, перегрев и разрушение кабеля</li> </ul>

Таблица 8

**Многожильные кабели с круглыми жилами**

+	Плюсы	-	Минусы
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- три жилы зафиксированы друг относительно друга оболочкой кабеля</li> <li>- прокладка одного кабеля вместо трех одножильных</li> <li>- облегчение вертикальной прокладки</li> <li>- в случае повреждения наружной оболочки и возможного заземления экрана в месте повреждения, наведенные токи не возникают кабель не перегревается</li> <li>- можно прокладывать в металлических трубах</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- меньшая длина на барабане в сравнении с одножильными и трехжильными кабелями с секторными жилами</li> <li>- больший вес, за счет слоя заполнения внутреннего пространства между жилами</li> <li>- больший диаметр и радиус изгиба, в сравнении с другими вариантами кабелей</li> <li>- при ремонте кабеля необходимо проводить работы с соседними жилами</li> </ul>

Таблица 9

**Многожильные кабели с секторными жилами**

+	Плюсы	-	Минусы
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- три жилы зафиксированы друг относительно друга оболочкой кабеля</li> <li>- прокладка одного кабеля вместо трех одножильных</li> <li>- облегчение вертикальной прокладки</li> <li>- в случае повреждения наружной оболочки и возможного заземления экрана в месте повреждения, наведенные токи не возникают, кабель не перегревается</li> <li>- меньший вес и радиус изгиба в сравнении с трехжильным кабелем с круглыми жилами</li> <li>- можно прокладывать в металлических трубах</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- экономически оправданы только до напряжения 20 кВ</li> <li>- при ремонте кабеля необходимо проводить работы с соседними жилами</li> </ul>

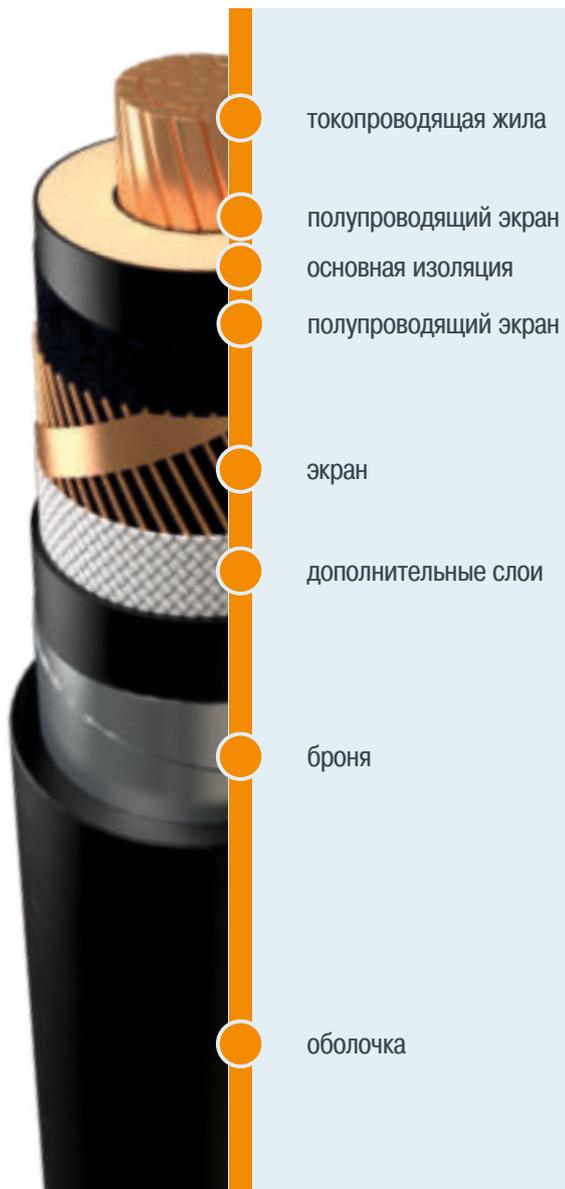
В таблице 10 представлено сравнение трехжильных кабелей HoldCab MV APE 3x240/25-6/10 кВ с круглыми и секторными алюминиевыми жилами, с изоляцией из сшитого полиэтилена в оболочке из полиэтилена.

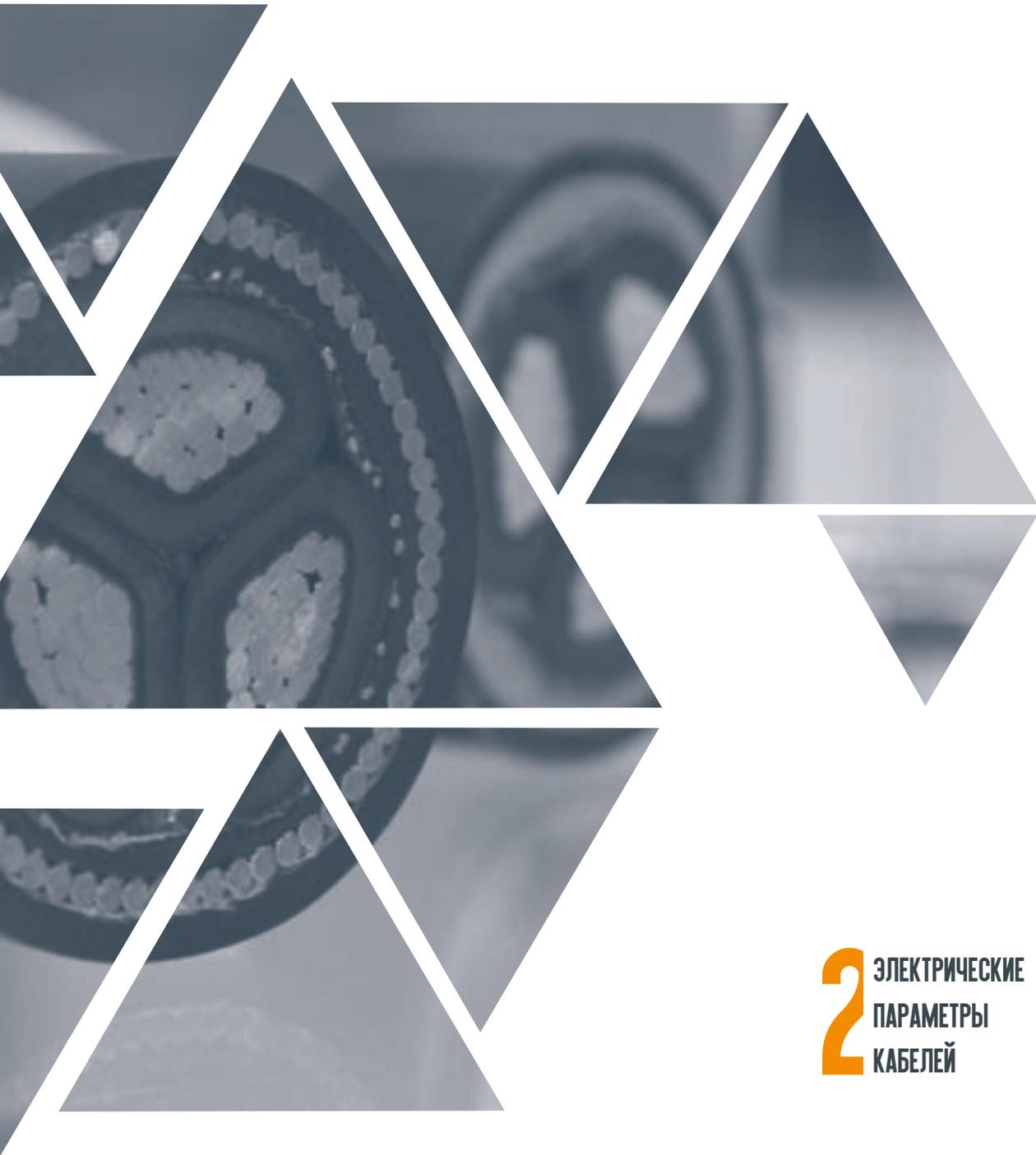
Таблица 10

**Сравнение трехжильных кабелей с круглыми и секторными жилами**

Характеристика	Круглая форма жилы	Секторная форма жилы	Изменение характеристики
<b>Диаметр кабеля, мм</b>	75,9	61,8	Диаметр кабеля на 19% меньше
<b>Масса кабеля, кг/км</b>	6 591	4 205	Масса кабеля на 36% меньше
<b>Максимальная длина на барабане, м</b>			
тип барабана 25	560	860	Длина кабеля на 54% больше
тип барабана 26	840	1220	Длина кабеля на 45% больше
<b>Радиус изгиба, мм</b>	911	742	Радиус изгиба на 19% меньше
<b>Количество соединительных муфт при длине КЛ (для кабеля на 26 барабане), шт.</b>			
900 метров	1	0	Соединительных муфт не требуется
3 500 метров	4	2	Соединительных муфт на 50% меньше

## КОНСТРУКЦИЯ КАБЕЛЕЙ





**2** ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ  
ПАРАМЕТРЫ  
КАБЕЛЕЙ

## 2.1 ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ТПЖ И ЭКРАНА

Электрическое сопротивление ТПЖ по постоянному току зависит от ее материала, сечения и класса гибкости, и должно соответствовать требованиям ГОСТ 22483. Электрическое сопротивление по постоянному току многопроволочных медных и алюминиевых жил класса 2 различного сечения представлены в табл. 11.

Таблица 11

### Электрическое сопротивление по постоянному току многопроволочных жил кабелей класса 2 при температуре 20 °С

Номинальное сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Сопротивление жилы, Ом/км		Номинальное сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Сопротивление жилы, Ом/км	
	медной	алюминиевой		медной	алюминиевой
35	0,524	0,868	240	0,0754	0,125
50	0,387	0,641	300	0,0601	0,100
70	0,268	0,443	400	0,0470	0,0778
95	0,193	0,320	500	0,0366	0,0605
120	0,153	0,253	630	0,0280	0,0464
150	0,124	0,206	800	0,0221	0,0367
185	0,0991	0,164			

При изменении температуры ТПЖ и металлического экрана их сопротивление так же будет меняться. Сопротивление при определенной температуре рассчитывается следующим образом - см. формулы 2 и 3.

При протекании переменного тока сопротивление проводника будет увеличиваться за счет:

- 1) поверхностного эффекта, то есть смещение тока к поверхности проводника;
- 2) эффекта близости, смещения тока в жиле и оболочке кабеля, вызванного магнитными полями параллельных проводников через вихревые токи.

Сопротивление жилы по переменному току рассчитывается согласно формуле 4.

Формулы для расчета коэффициентов  $\gamma_s$  и  $\gamma_p$  даны в ГОСТ Р МЭК 60287-1-1-2009.

Поверхностный эффект и эффект близости оказывают видимое влияние при близком расположении жил кабелей больших сечений, например, при расположении одножильных кабелей треугольником.

Расчетное сопротивление ТПЖ на переменном токе при температуре 90 °С для одножильных кабелей HoldCab MV при расположении треугольником приведено в табл. 12.

#### Формула

**Медь**  $R_s = R_{20} * \frac{234,5 + \delta}{254,5}$  [Ом/км] (2)

**Алюминий**  $R_s = R_{20} * \frac{228 + \delta}{248}$  [Ом/км] (3)

где

$\delta$  – текущая температура токопроводящей жилы, °С

$R_{20}$  – сопротивление проводника при 20 °С, Ом/км

$R_s$  – сопротивление проводника при  $\delta$  °С, Ом/км

#### Формула

$R = R' * (1 + \gamma_s + \gamma_p)$  [Ом/км] (4)

где

$R'$  - сопротивление жилы по постоянному току при максимальной рабочей температуре, Ом/км

$\gamma_s$  – коэффициент поверхностного эффекта

$\gamma_p$  – коэффициент эффекта близости

Таблица 12

**Электрическое сопротивление жил кабелей по переменному току при температуре 90°C**

Номинальное сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Электрическое сопротивление переменному току при 90°C, Ом/км, не более	
	медные ТПЖ	алюминиевая ТПЖ
35	0,668	1,113
50	0,494	0,822
70	0,342	0,568
95	0,247	0,411
120	0,196	0,325
150	0,159	0,265
185	0,128	0,211

Номинальное сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Электрическое сопротивление переменному току при 90°C, Ом/км, не более	
	медные ТПЖ	алюминиевая ТПЖ
240	0,098	0,161
300	0,079	0,130
400	0,063	0,102
500	0,051	0,0804
630	0,041	0,0639
800	0,032	0,0505

Расчетное сопротивление медного экрана на переменном токе при температуре 20 °C приведено в табл. 13.

Таблица 13

**Электрическое сопротивление медного экрана**

Номинальное сечение экрана, мм <sup>2</sup>	Электрическое сопротивление экрана, Ом, не более
16	1,190
25	0,759
35	0,542
50	0,379
70	0,271

Номинальное сечение экрана, мм <sup>2</sup>	Электрическое сопротивление экрана, Ом, не более
95	0,200
120	0,158
150	0,127
185	0,103
240	0,079

## 2.2 ЕМКОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Емкость кабеля зависит от типа изоляции и ее геометрии. Формула удельной емкости кабеля (мкФ/км) применима для всех кабелей с круглыми сечениями ТПЖ - см. формулу 5.

### Формула

$$C = \frac{\varepsilon}{18 * \ln * \left( \frac{D_i}{d_c} \right)} * 10^6 \text{ [мкФ/км]} \quad (5)$$

где

$\varepsilon$  – относительная диэлектрическая проницаемость изоляции (см. табл. 14)  
 $D_i$  – наружный диаметр изоляции (исключая экран), мм  
 $d_c$  – наружный диаметр жилы, включая экран, мм

Таблица 14

**Параметры материала изоляции, применяемой в кабелях HoldCab MV и EPR MV**

Тип кабеля	$\varepsilon$	$\text{tg } \delta$
Этиленпропиленовая резина	2,5	0,020
Сшитый полиэтилен	2,5	0,004

В связи с существующими допусками на геометрические размеры ТПЖ, полупроводящего экрана и слоя изоляции фактическая емкость кабеля может отличаться от расчетной.

Удельное реактивное емкостное сопротивление кабеля - см. формулу 6.

#### Формула

$$X_c = \frac{1}{\omega * C * 10^6} \text{ [Ом/км]} \quad (6)$$

где

$$\omega = 2 \pi f$$

C – удельная емкость кабеля, мкФ/км

Емкостный ток замыкания на землю - см. формулу 7.

#### Формула

$$I_c = 3 * U_0 * \omega * C * 10^6 \text{ [А/км]} \quad (7)$$

где

$U_0$  – рабочее фазное напряжение, В

$$\omega = 2 \pi f$$

C – удельная емкость кабеля, мкФ/км

В таблицах 15 и 16 для справки приведены расчётные емкости, реактивные емкостные сопротивления и емкостные токи замыкания на землю для кабелей HoldCab MV и EPR MV с жилами круглого сечения.

Таблица 15

#### Емкостные характеристики кабелей

Номинальное сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Емкость 1 км кабеля, мкФ					Реактивное емкостное сопротивление 1 км кабеля, кОм/км				
	Номинальное напряжение кабеля, кВ									
	3,6/6	6/10	8,7/15	12/20	20,3/35	3,6/6	6/10	8,7/15	12/20	20,3/35
35	0,29	0,22	-	-	-	10,98	14,48	-	-	-
50	0,32	0,25	0,21	0,17	0,14	9,95	12,74	15,17	18,73	22,75
70	0,37	0,29	0,23	0,19	0,16	8,61	10,98	13,85	16,76	19,90
95	0,41	0,32	0,26	0,21	0,18	7,77	9,95	12,25	15,17	17,69
120	0,45	0,35	0,28	0,23	0,19	7,08	9,10	11,37	13,85	16,76
150	0,50	0,38	0,30	0,26	0,20	6,37	8,38	10,62	12,25	15,92
185	0,54	0,42	0,33	0,27	0,22	5,90	7,58	9,65	11,80	14,48
240	0,59	0,46	0,37	0,29	0,24	5,40	6,92	8,61	10,98	13,27
300	0,60	0,51	0,41	0,32	0,26	5,31	6,24	7,77	9,95	12,25
400	0,64	0,57	0,46	0,35	0,29	4,98	5,59	6,92	9,10	10,98
500	0,66	0,63	0,50	0,39	0,32	4,83	5,06	6,37	8,17	9,95
630	0,73	0,70	0,55	0,43	0,35	4,36	4,55	5,79	7,41	9,10
800	0,82	0,77	0,61	0,49	0,40	3,88	4,14	5,22	6,50	7,96

Таблица 16

#### Емкостные токи замыкания на землю кабелей

Номинальное сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Емкостный ток замыкания на землю 1 км кабеля, А/км					Номинальное сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Емкостный ток замыкания на землю 1 км кабеля, А/км				
	Номинальное напряжение кабеля, кВ						Номинальное напряжение кабеля, кВ				
	3,6/6	6/10	8,7/15	12/20	20,3/35		3,6/6	6/10	8,7/15	12/20	20,3/35
35	0,95	1,20	-	-	-	240	1,93	2,50	3,02	3,15	4,57
50	1,04	1,36	1,71	1,85	2,66	300	1,96	2,77	3,34	3,48	4,95
70	1,21	1,58	1,88	2,07	3,05	400	2,09	3,10	3,75	3,81	5,52
95	1,34	1,74	2,12	2,28	3,43	500	2,15	3,43	4,08	4,24	6,09
120	1,47	1,90	2,28	2,50	3,62	630	2,38	3,81	4,49	4,68	6,66
150	1,63	2,07	2,45	2,83	3,81	800	2,68	4,19	4,98	5,33	7,61
185	1,76	2,28	2,69	2,94	4,19						

## 2.3 ПОТЕРИ В КАБЕЛЕ

В кабеле наблюдаются диэлектрические потери в изоляции (зависят от напряжения) и потери в проводниках (зависят от тока).

### 1. Диэлектрические потери обусловлены эффектом поляризации в главной изоляции.

Удельные диэлектрические потери в каждой фазе - см. формулу 9.

Потери в изоляции растут пропорционально квадрату напряжения. Для кабелей на среднее напряжение диэлектрические потери являются незначительными и их учет обычно пренебрегают.

### 2. Потери в проводниках зависят от следующих составляющих:

- активные потери в ТПЖ при протекании тока;
- потери в металлических оболочках.

Активные потери в ТПЖ зависят от материала жилы и ее температуры, и рассчитываются по формуле - см. формулу 10.

Потери в металлическом экране и броне кабеля среднего напряжения происходят за счет:

- протекания наведенного тока в металлическом экране;
- вихревых токов в броне кабеля из магнитных материалов и при расположении кабелей в стальных трубах.

Подробный расчет этих потерь показан в ГОСТ Р МЭК 60287-1-1-2009.

Потери в металлических оболочках, особенно от высоких наведенных токов в одножильных кабелях, могут значительно снизить нагрузочную способность кабеля. Они могут быть уменьшены за счет выбора оптимальной схемы заземления экранов.

#### Формула

$$W_d = \omega * C * U_0^2 * \text{tg} \delta * 10^{-6} \quad [\text{Вт/км}] \quad (9)$$

где

$$\omega = 2 \pi f$$

C – удельная емкость кабеля, мкФ/км

$U_0$  – фазное напряжение, В

$\text{tg} \delta$  – коэффициент диэлектрических потерь (см. табл. 14)

#### Формула

$$W_c = I^2 * R \quad [\text{Вт/км}] \quad (10)$$

где

I – номинальный ток в линии, А

R – удельное сопротивление кабеля при определенной температуре, Ом/км





**3** ВИДЫ  
ПРОКЛАДКИ  
КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

Условия прокладки влияют на длительно допустимый ток кабельной линии с определенным сечением ТПЖ. Он будет зависеть от наихудшей комбинации условий прокладки по всей длине КЛ, которая приводит к самой высокой рабочей температуре. Выбор места худшего

сочетания условий прокладки на протяжении кабельной трассы может быть сложен, поэтому целесообразно выполнить расчеты для нескольких участков. При выборе способов прокладки кабельных линий необходимо руководствоваться ПУЭ.

### Кабельные линии на среднее напряжение могут прокладываться следующими способами:

#### 1. В земле:

– траншее непосредственно в грунте.

Наружная поверхность кабеля находится в прямом контакте с почвой, либо со специальной подсыпкой и засыпкой;

– траншее в бетонных лотках.

Кабельный лоток представляет собой сборный U-образный элемент. Сверху лоток закрывается крышкой. Для лучшего теплоотвода кабеля засыпаются грунтом;

– в трубах, уложенных в траншею.

Кабель протягивается через предварительно установленную трубу. Материалы из которых изготавливаются трубы могут иметь различные характеристики теплопередачи и оказывать влияние на охлаждение кабеля. При прокладке в трубах обычно имеются сегменты кабеля, напрямую проложенные в земле вблизи выхода из труб. В трубах тепловой поток от кабеля должен сначала преодолеть тепловое сопротивление воздуха в трубе, а затем тепловое сопротивление между трубой и землей. Это приводит к снижению допустимого тока нагрузки в сравнении с кабелем, проложенным в земле. Использование труб из магнитных материалов (стали, чугуна) для прокладки одножильных кабелей запрещается;

- с применением технологии бестраншейной прокладки (горизонтальное направленное бурение, управляемый прокол, продавливание).

Кабели прокладываются без траншеи, вырытой с поверхности. Бестраншейные методы могут так же включать установку трубы из стали или полиэтилена высокой плотности.

Для защиты кабелей, проложенных в земле при пересечении дорог, инженерных сооружений и естественных препятствий должны применяться трубы.

#### 2. В кабельных сооружениях, в том числе:

– наземных (в галереях, эстакадах).

Кабели могут быть проложены горизонтально или вертикально в воздухе. При открытой прокладке должно учитываться непосредственное воздействие солнечного излучения, а также возможных излучений от других источников тепла;

– подземных проходных (в коллекторах, туннелях, шахтах, этажах или подвалах зданий, кабельных камерах).

Тоннели используются в городах, когда несколько кабельных линий или несколько коммунальных служб используют один и тот же маршрут и свободного места для прокладки в земле не хватает. Прокладка в туннелях требует дополнительных мер по предотвращению распространения огня;

– подземных непроходных (в блоках, каналах, трубных переходах).

#### 3. В зданиях энергетических объектов и производственных помещениях:

- с применением кабеленесущих систем;
- по кабельным конструкциям (лоткам, коробам);
- в трубах.

#### 4. По мостам и путепроводам для пересечения дорог, железных дорог, водных преград.

При проектировании таких переходов должны быть учтены вибрация, растяжение, изгиб в местах соединения, у температурных деформационных швов, тепловое излучение и ветровое давление.

#### 5. По дну водоемов.

Для некоторых видов кабелей допустима подводная прокладка, при условии обеспечения мер, исключающих механическое повреждение кабеля.

### Факторы, влияющие на кабели, проложенные в земле, или трубах и каналах в земле:

#### 1. Глубина залегания.

Путь, который проходит тепло от кабеля до земной поверхности увеличивается при увеличении глубины залегания. Более долгий путь тепла от кабеля, при постоянстве остальных факторов, снижает допустимый ток кабеля.

#### 2. Соседние фазы и кабели.

Взаимный нагрев кабелей из-за близкого расположения снижает допустимый ток.

#### 3. Взаимный нагрев от соседних цепей, идущих параллельно или пересекающих кабельную линию.

Помимо кабелей той же самой кабельной линии, соседние кабельные линии или другие подземные источники тепла (например, трубы с горячей водой) могут вызывать взаимный нагрев при параллельном расположении или пересечении кабельной линии.

#### 4. Тепловое сопротивление грунта.

Участки с повышенным тепловым сопротивлением грунта препятствуют прохождению тепла от кабеля. Поэтому важно определить эти участки на пути следования КЛ.

#### 5. Материал для засыпки кабеля.

Как и в случае с окружающим грунтом характеристики засыпки кабеля влияют на его охлаждение.

#### 6. Температура окружающей почвы.

Более высокая температура окружающей почвы снижает допустимый номинальный ток кабеля. Температура почвы на глубине залегания кабеля должна учитываться при проектировании. Участки под дорогами могут иметь более высокую температуру из-за повышенного поглощения солнечной энергии. Летние температуры выше зимних, что может быть важно для кабельных линий, где имеются сезонные колебания передаваемой мощности.

### Факторы, влияющие на кабели, проложенные в кабельных сооружениях и зданиях:

#### 1. Температура воздуха и наличие вентиляции.

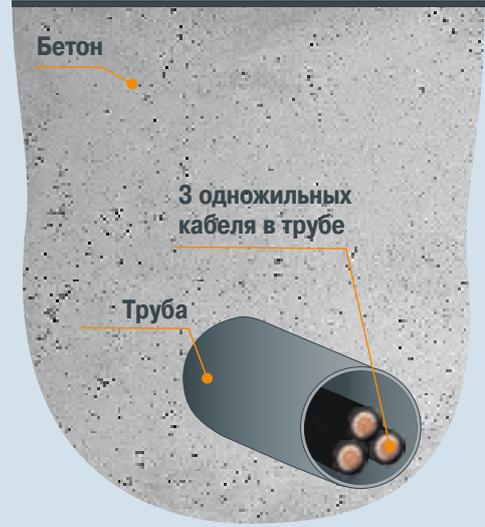
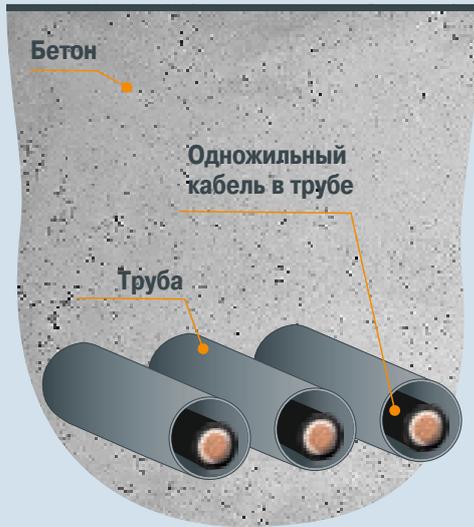
#### 2. Нагрев под действием солнечного излучения.

#### 3. Соседние фазы и кабели.

Взаимный нагрев кабелей из-за близкого расположения снижает допустимый ток.

#### 4. Взаимный нагрев от соседних цепей, идущих параллельно или пересекающих кабельную линию.

### Некоторые варианты прокладки кабелей в земле





## **4** РАСЧЕТ ДЛИТЕЛЬНО ДОПУСТИМЫХ ТОКОВЫХ НАГРУЗОК

Длительно допустимые токи кабелей HoldCab MV и EPR MV (в табл. 17-27) рассчитаны при коэффициенте нагрузки  $K=1$ , для температуры окружающей среды: 15 °С – при прокладке в земле; 25 °С – при прокладке на воздухе. При прокладке в земле токи рассчитаны при глубине прокладки 0,7 м и удельном термическом сопротивлении почвы 1,2 К·м/Вт.

Температура ТПЖ - 90°С. Токи кабелей рассчитаны для случая заземления медных экранов с двух концов кабеля. Для одножильных кабелей токи рассчитаны при прокладке треугольником – вплотную, при прокладке в плоскости – при расстоянии между кабелями в свету, равном диаметру кабеля.

Таблица 17

**Допустимые токовые нагрузки одножильных кабелей при прокладке в земле**

Номинальное сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Допустимые токовые нагрузки кабелей, А											
	на напряжение 3,6/6 кВ				на напряжение 6/10 и 8,7/15 кВ				на напряжение 12/20 и 20,3/35 кВ			
	ТПЖ Cu		ТПЖ Al		ТПЖ Cu		ТПЖ Al		ТПЖ Cu		ТПЖ Al	
	расположение кабеля											
	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●
35	221	193	172	147	220	193	172	147	189	184	147	143
50	250	225	195	170	250	225	195	170	230	225	185	175
70	310	275	240	210	310	275	240	210	290	270	225	215
95	336	326	263	253	336	326	263	253	336	326	263	253
120	380	370	298	288	380	370	298	288	380	371	298	288
150	422	413	329	322	422	413	329	322	422	413	330	322
185	477	466	372	364	477	466	372	364	477	466	372	365
240	560	540	436	422	560	540	436	422	560	540	436	422
300	630	608	492	476	630	608	492	476	630	608	492	476
400	714	690	563	544	714	690	563	544	714	690	563	544
500	809	779	623	614	809	779	623	614	809	779	623	615
630	900	875	693	695	900	875	693	695	900	875	693	699
800	1 020	986	785	780	1 020	986	785	780	1 020	986	785	782

Таблица 18

**Допустимые токовые нагрузки одножильных кабелей при прокладке на воздухе**

Номинальное сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Допустимые токовые нагрузки кабелей, А											
	на напряжение 3,6/6 кВ				на напряжение 6/10 и 8,7/15 кВ				на напряжение 12/20 и 20,3/35 кВ			
	ТПЖ Cu		ТПЖ Al		ТПЖ Cu		ТПЖ Al		ТПЖ Cu		ТПЖ Al	
	расположение кабеля											
	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●
35	250	203	188	155	230	193	189	150	230	193	178	150
50	290	240	225	185	290	240	225	185	290	250	225	190
70	360	300	280	230	360	300	280	230	365	310	280	240
95	448	387	349	300	448	387	349	300	446	389	348	301
120	515	445	403	346	515	445	403	346	513	448	402	348
150	574	503	452	392	574	503	452	392	573	507	451	394
185	654	577	518	450	654	577	518	450	652	580	516	452
240	765	677	607	531	765	677	607	531	765	680	605	533
300	877	776	693	609	877	776	693	609	877	779	690	611
400	1 016	891	801	710	1 016	891	801	710	1 016	895	801	712
500	1 171	1 025	924	822	1 171	1 025	924	822	1 171	1 027	924	824
630	1 350	1 166	1 067	954	1 350	1 166	1 067	954	1 350	1 172	1 067	953
800	1 562	1 319	1 237	1 094	1 562	1 319	1 237	1 094	1 562	1 325	1 237	1 096

●●● - расположение кабеля в плоскости      ●●● - расположение кабеля треугольником

Таблица 19

**Допустимые токовые нагрузки трёхжильных кабелей с круглыми жилами при прокладке в земле**

Номинальное сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Допустимые токовые нагрузки кабелей, А					
	на напряжение 3,6/6 кВ		на напряжение 6/10 и 8,7/15 кВ		на напряжение 12/20 и 20,3/35 кВ	
	ТПЖ Cu	ТПЖ Al	ТПЖ Cu	ТПЖ Al	ТПЖ Cu	ТПЖ Al
50	199	155	207	156	207	161
70	244	186	253	193	248	199
95	291	226	300	233	300	233
120	330	256	340	265	341	265
150	372	289	384	300	384	300
185	421	328	433	338	433	339
240	487	380	500	392	500	392
300	547	429	563	456	563	456
400	580	470	635	515	635	515

Таблица 20

**Допустимые токовые нагрузки трёхжильных кабелей с круглыми жилами при прокладке на воздухе**

Номинальное сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Допустимые токовые нагрузки кабелей, А					
	на напряжение 3,6/6 кВ		на напряжение 6/10 и 8,7/15 кВ		на напряжение 12/20 и 20,3/35 кВ	
	ТПЖ Cu	ТПЖ Al	ТПЖ Cu	ТПЖ Al	ТПЖ Cu	ТПЖ Al
50	213	165	206	159	215	163
70	263	204	255	197	264	204
95	319	248	329	255	331	256
120	366	285	374	291	376	292
150	413	321	423	329	426	331
185	471	368	499	374	481	375
240	550	432	562	441	564	442
300	617	480	630	490	630	490
400	695	543	710	554	710	554

Таблица 21

**Допустимые токовые нагрузки кабелей с секторными жилами при прокладке в земле**

Номинальное сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Допустимые токовые нагрузки кабелей, А					
	на напряжение 3,6/6 кВ		на напряжение 6/10 и 8,7/15 кВ		на напряжение 12/20 и 20,3/35 кВ	
	ТПЖ Cu	ТПЖ Al	ТПЖ Cu	ТПЖ Al	ТПЖ Cu	ТПЖ Al
95	295	228	321	250	-	-
120	334	260	365	285	362	283
150	373	291	411	322	408	319
185	419	329	460	360	456	357
240	484	379	528	415	523	412
300	545	441	593	469	588	465
400	615	498	681	544	-	541

Таблица 22

**Допустимые токовые нагрузки кабелей с секторными жилами при прокладке на воздухе**

Номинальное сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Допустимые токовые нагрузки кабелей, А					
	на напряжение 3,6/6 кВ		на напряжение 6/10 и 8,7/15 кВ		на напряжение 12/20 и 20,3/35 кВ	
	ТПЖ Cu	ТПЖ Al	ТПЖ Cu	ТПЖ Al	ТПЖ Cu	ТПЖ Al
95	338	262	334	260	-	-
120	387	302	384	299	390	304
150	437	340	437	342	443	347
185	499	390	495	388	500	392
240	583	457	578	454	582	458
300	653	508	659	520	663	524
400	736	575	772	616	-	621

При условиях эксплуатации, отличных от расчетных, длительно допустимый ток должен быть скорректирован при помощи коэффициентов из таблиц 23-28.

Таблица 23

**Поправочный коэффициент для температуры окружающей среды K<sub>1</sub>**

Условия прокладки	Поправочные коэффициенты для тока при расчетной температуре окружающей среды, °С											
	-5 и ниже	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Земля	1,13	1,10	1,06	1,03	1,00	0,97	0,93	0,89	0,86	0,82	0,77	0,73
Воздух	1,21	1,18	1,14	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78

Таблица 24

**Поправочный коэффициент для глубины прокладки K<sub>2</sub>**

Условия прокладки	Поправочные коэффициенты для глубины прокладки, м										
	0,5	0,6	0,7	1	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3	
Земля	1,04	1,03	1,00	0,98	0,96	0,95	0,94	0,93	0,91	0,90	
Труба в земле	1,03	1,02	1,00	0,99	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	

Таблица 25

**Поправочный коэффициент для нескольких кабельных линий, проложенных в земле K<sub>3</sub>**

Расстояние между кабелями по свету, мм	Поправочные коэффициенты при количестве кабельных линий, шт.					
	1	2	3	4	5	6
100	1	0,90	0,85	0,80	0,78	0,75
200	1	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81
300	1	0,93	0,90	0,87	0,86	0,85

Таблица 26

**Поправочный коэффициент в зависимости от удельного теплового сопротивления грунта K<sub>4</sub>**

Удельное тепловое сопротивление грунта, К·м/Вт	2,5	2,0	1,5	1,2	1,0	0,8
Поправочный коэффициент	0,80	0,85	0,93	1,00	1,05	1,13

Таблица 27

**Поправочный коэффициент при прокладке в трубах K<sub>5</sub>\***

Вариант прокладки	Одножильные кабели в отдельных трубах	Три одножильных кабеля в одной трубе	Один трехжильный кабель в одной трубе
Поправочный коэффициент	0,94	0,9	0,9

\* Для кабелей, проложенных в земле в трубах длиной более 10 м.

Таблица 28

**Поправочные коэффициенты при прокладке в кабельных сооружениях**

Допустимые токи нескольких кабелей, проложенных на воздухе, должны быть уменьшены путем умножения значений токов на коэффициенты:

Способ прокладки	Количество горизонтальных рядов кабелей	Коэффициент снижения тока при количестве кабелей в горизонтальном ряду						
		1	2	3	4	6	9	
Прокладка на перфорированных полках с возможностью циркуляции воздуха		1	1,00	0,88	0,82	0,79	0,76	0,73
		2	1,00	0,87	0,80	0,77	0,73	0,68
		3	1,00	0,86	0,79	0,76	0,71	0,66
		1	1,00	1,00	0,98	0,95	0,91	-
		2	1,00	0,99	0,96	0,92	0,87	-
		3	1,00	0,98	0,95	0,91	0,85	-
Прокладка вертикальных перфорированных полках с возможностью циркуляции воздуха		1	1,00	0,88	0,82	0,78	0,73	0,72
		2	1,00	0,88	0,81	0,76	0,71	0,70
		1	1,00	0,91	0,89	0,88	0,87	-
		2	1,00	0,91	0,88	0,87	0,85	-
Прокладка на поддерживающих лестницах, рейках и т.д.		1	1,00	0,87	0,82	0,80	0,79	0,78
		2	1,00	0,86	0,80	0,78	0,78	0,73
		3	1,00	0,85	0,79	0,76	0,73	0,70
		1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-
		2	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	-
		3	1,00	0,98	0,97	0,96	0,93	-

**Пример выбора сечения кабеля по длительно допустимому току с использованием поправочных коэффициентов.**

Определить минимальное сечение кабеля с алюминиевой ТПЖ для кабельной линии из 2 групп из трех одножильных кабелей, проложенных треугольником вплотную в земле на глубине 1 метр, металлические экраны заземлены с двух сторон, рабочая температура жилы 90 °С, температура грунта 25 °С, тепловое сопротивление грунта 1,5 К·м/Вт. Расстояние между группами кабелей 300 мм. Номинальное напряжение сети 10 кВ. Максимальная передаваемая мощность для каждой трехфазной группы кабелей 2 500 кВа.

Длительный номинальный ток в линии равен:

$$I_{\text{дл.ном.}} = \frac{S_{\text{ном}}}{\sqrt{3} * U_{\text{ном}}} = \frac{2\,500}{1,73 * 10} = 144,5 \text{ А}$$

Таблица 29

**Поправочные коэффициенты для условий прокладки**

Параметр	Величина	Коэффициент
Длительный номинальный ток, А	144,5	-
Глубина залегания, м	1	0,98
Температура грунта, С	25	0,93
Тепловое сопротивление грунта, К-м/Вт	1,5	0,93
Расстояние между группами кабелей, мм	300	0,93

Длительный допустимый ток кабеля равен:

$$I_{\text{дл. каб.}} = \frac{144,5}{0,98 * 0,93 * 0,93 * 0,93} = 183,3 \text{ А}$$

По таблице 17 выбираем сечение кабеля способного длительно пропускать данный ток – 70 мм<sup>2</sup>.

Допустимый ток кабеля при температуре отличной от расчетной (например в режиме перегрузки) рассчитывается по формуле - см. формулу 11.

Для кабелей с рабочей температурой 90 °С, в режиме перегрузки при температуре 130 °С допустимые токи при прокладке в земле и на воздухе могут быть рассчитаны путем умножения значений длительно допустимых токов в нормальном режиме эксплуатации на коэффициенты 1,17 и 1,20, соответственно.

**Формула**

$$I = I_n \sqrt{\frac{t_n - t_0}{t_n - t_0}} * \sqrt{\frac{R_n}{R_n}} \quad [\text{А}] \quad (11)$$

где

$I_n$  - допустимый ток в нормальном режиме эксплуатации, А

$t_n$  – температура нагрева жилы в нормальном режиме, °С,  $t_n = 90$  °С

$t_n$  – допустимая температура нагрева жилы в режиме перегрузки, °С

$t_0$  – температура окружающей среды, °С

$R_n$  – сопротивление ТПЖ в нормальном режиме, Ом/км

$R_n$  – сопротивление ТПЖ при допустимой температуре в режиме перегрузки, Ом/км



**5** РАСЧЕТ ДОПУСТИМЫХ ТОКОВ  
КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ  
ДЛЯ ТПЖ И ЭКРАНА

Способность кабеля выдерживать токи короткого замыкания определяется следующими факторами:

1. Температура перед коротким замыканием, обычно принимается равной максимальной температуре ТПЖ при нормальных условиях.
2. Энергия, выделяемая при коротком замыкании, зависящая как от величины, так и от длительности тока.
3. Температура после короткого замыкания, обычно зависящая от всех материалов, находящихся в контакте с токоведущими частями.

Формула для адиабатического характера нагрева при любой начальной температуре имеет следующий общий вид (ГОСТ Р МЭК 60949-2009) - см. формулу 12.

Из формулы 12 следует, что допустимый ток короткого замыкания для кабеля или металлического экрана определенного сечения будет равен - см. формулу 13.

#### Формула

$$I_{AD}^2 * t = K^2 * S^2 * \ln * \left( \frac{\Theta_f - \beta}{\Theta_i + \beta} \right) \quad (12)$$

где

$I_{AD}$  - ток короткого замыкания (среднеквадратичное значение), определенный на основе адиабатического нагрева (для ТПЖ - ток трехфазного замыкания, для металлического экрана - ток двухфазного замыкания), А  
 $t$  - длительность короткого замыкания (не более 5 с), с  
 $K$  - постоянная, зависящая от материала токопроводящего элемента,  $A \cdot c^{1/2} / \text{мм}^2$   
 $S$  - площадь поперечного сечения токопроводящего элемента,  $\text{мм}^2$   
 $\Theta_f$  - конечная температура, °С  
 $\Theta_i$  - начальная температура, °С

Для медной токопроводящей жилы

$K=226, \beta=234,5$

Для алюминиевой токопроводящей жилы

$K=148, \beta=238$

#### Формула

$$I_{AD} = K * S * \sqrt{\frac{\ln * \left( \frac{\Theta_f - \beta}{\Theta_i + \beta} \right)}{t}} \quad [A] \quad (13)$$

Предельные токи коротких замыканий, рассчитанные для медной и алюминиевой ТПЖ при температуре перед коротким замыканием 90 °С и после короткого замыкания 250 °С представлены в табл. 30.

Таблица 30

#### Допустимые токи односекундного короткого замыкания кабелей

Номинальное сечение жилы, $\text{мм}^2$	Допустимый ток односекундного короткого замыкания, кА	
	медная ТПЖ	алюминиевая ТПЖ
35	5,0	3,3
50	7,15	4,7
70	10,0	6,6
95	13,6	8,9
120	17,2	11,3
150	21,5	14,2
185	26,5	17,5

Номинальное сечение жилы, $\text{мм}^2$	Электрическое сопротивление переменному току при 90°С, Ом/км, не более	
	медная ТПЖ	алюминиевая ТПЖ
240	34,3	22,7
300	42,9	28,2
400	57,2	37,6
500	71,5	47,0
630	90,1	59,3
800	114,4	75,3

Предельные токи коротких замыканий, рассчитанные для медного экрана при температуре перед коротким замыканием 50 °С и после короткого замыкания 350 °С представлены в табл. 31.

Таблица 31

**Допустимые токи односекундного короткого замыкания в медных экранах**

Номинальное сечение медного экрана, мм <sup>2</sup>	Ток односекундного короткого замыкания, кА, не более
16	3,1
25	4,8
35	6,7
50	9,6
70	13,4

Номинальное сечение медного экрана, мм <sup>2</sup>	Ток односекундного короткого замыкания, кА, не более
95	18,1
120	22,9
150	28,7
185	35,3
240	45,8

Проверка сечения ТПЖ или металлического экрана кабеля на стойкость к току КЗ выполняется по формуле 14.

**Формула**

$$S_{\text{мин}} = \frac{I_{\text{ад}}}{K * \sqrt{\frac{\ln * \left( \frac{\Theta + \beta}{\Theta + \beta} \right)}{t}}} \quad [\text{мм}^2] \quad (14)$$



**Пример расчета сечения токоведущего элемента по условию стойкости к токам КЗ.**

Расчетный ток трехфазного КЗ равен 12 кА. Длительность КЗ с учетом времени срабатывания защит и отключения выключателя – 0,365 сек. Определить минимальное сечение алюминиевой ТПЖ и медного металлического экран кабеля с изоляцией из СПЭ.

$$S_{\text{мин.ТПЖ}} = \frac{12\,000}{148 * \sqrt{\frac{\ln * \left( \frac{250 + 238}{90 + 238} \right)}{0,365}}} = 77,7 \text{ мм}^2$$

$$I_{\text{кз(2)}} = \frac{\sqrt{3}}{2} * I_{\text{кз(3)}} = 0,87 * 12\,000 = 10\,440 \text{ А}$$

$$S_{\text{мин.э}} = \frac{10\,440}{226 * \sqrt{\frac{\ln * \left( \frac{350 + 234,5}{50 + 234,5} \right)}{0,365}}} = 32,9 \text{ мм}^2$$

Графики  
Ток КЗ кабеля в зависимости от сечения и длительности

Рисунок 7  
Токи коротких замыканий для медной ТПЖ

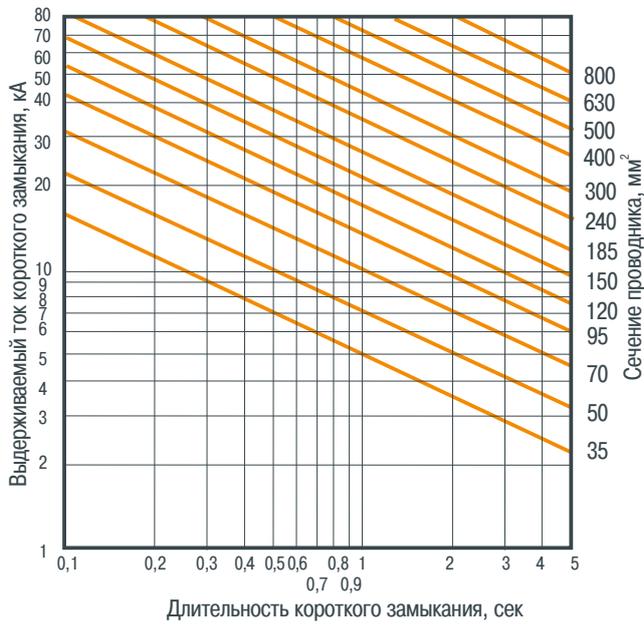


Рисунок 8  
Токи коротких замыканий для алюминиевой ТПЖ

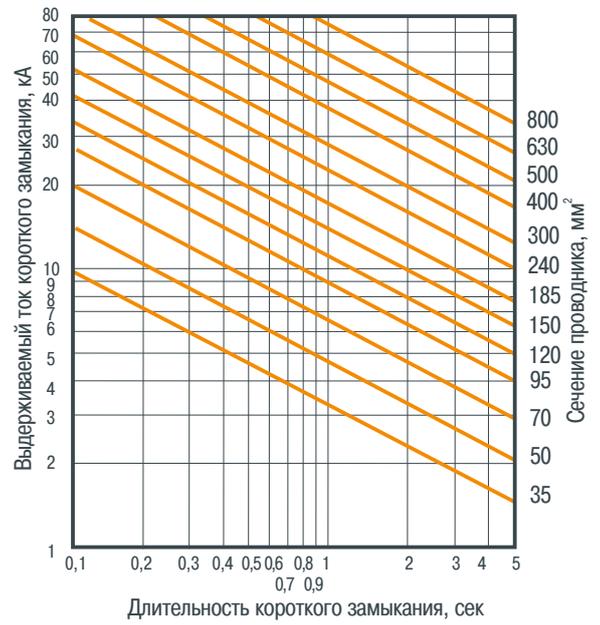
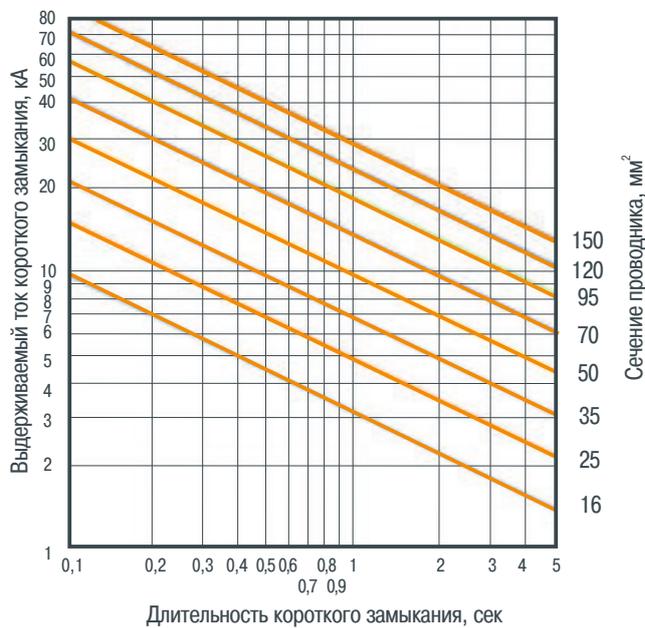


Рисунок 9  
Токи коротких замыканий для медных экранов





**6** ВИБОР НОМИНАЛЬНОГО  
НАПРЯЖЕНИЯ КАБЕЛЯ В  
ЗАВИСИМОСТИ ОТ КАТЕГОРИИ  
СЕТИ

Кабели HoldCab MV и EPR MV подходят для эксплуатации в сетях переменного напряжения с изолированной или заземленной нейтралью категории А, В и С в соответствии со стандартом МЭК 60183.

Категория электрической сети характеризуется продолжительностью перенапряжения в сети при однофазном замыкании на землю:

- категория А – сети, где любое однофазное замыкание отключается от питающей системы за время менее одной минуты;
- категория В – сети, которые при однофазном замыкании могут эксплуатироваться не более 1 ч;
- категория С – сети, в которых длительность однофазного короткого замыкания на землю не ограничивается.

Таблица 32

**Номинальные напряжения кабелей для сетей разных категорий**

Номинальное напряжение сети U, кВ	Максимальное напряжение сети U <sub>м</sub> , кВ	Номинальное напряжение кабелей, U <sub>0</sub> /U	
		Категория сети А и В	Категория сети С
6	7,2	3,6/6	6/10
10	12	6/10	8,7/15
15	17,5	8,7/15	12/20
20	24	12/20	18/30
35	42	20,3/35	20,3/35



**7** ОСОБЕННОСТИ ПРОКЛАДКИ  
КАБЕЛЯ, КОТОРЫЕ ВЛИЯЮТ  
НА ЕГО ВЫБОР

## 7.1 МИНИМАЛЬНО ДОПУСТИМЫЙ РАДИУС ИЗГИБА

При проектировании кабельной трассы и прокладке кабеля не допускается сгибать кабель по радиусу меньше минимально допустимого. Минимально допустимый радиус изгиба определяется конструкцией кабеля и материалами из которых он изготовлен. Минимально допустимый радиус изгиба относится к внутренней поверхности изгиба кабеля, а не к его оси.

Минимально допустимый радиус изгиба для кабелей HoldCab MV составляет не менее  $15D_n$  - для одножильных кабелей,  $12D_n$  - для трехжильных кабелей, допускается радиус  $7,5D_n$  - при монтаже кабеля с использованием специального шаблона.

## 7.2 ДОПУСТИМОЕ ТЯЖЕНИЕ КАБЕЛЯ

Тяжение кабеля при прокладке осуществляется при помощи проволочного кабельного чулка, закрепляемого на оболочке или за ТПЖ при помощи клинового захвата.

Допустимое усилие тяжения кабеля по трассе прокладки рассчитывается по формуле 15.

Таблица 33

### Допустимое усилие тяжения одножильных кабелей

Жила	Допустимое усилие тяжения, кН											
	Сечение жилы, мм <sup>2</sup>											
	35	50	70	95	120	150	185	240	300	500	630	800
Медная	1,8	2,5	3,5	4,8	6,0	7,5	9,3	12,0	20,0	25,0	31,5	40,0
Алюминиевая	1,1	1,5	2,1	2,9	3,6	4,5	5,6	7,2	12,0	15,0	18,9	24,0

При расчете допустимого тяжения за оболочку трехжильного кабеля необходимо учитывать сечение трех жил, при одновременной протяжке трех одножильных кабелей – сечение одной жилы. Допустимые усилия тяжения должны быть учтены при заказе строительных длин кабеля.

Усилие, необходимое для протяжки определенного отрезка кабеля по прямолинейной трассе, рассчитывается как:

- для горизонтального прямолинейного участка - см. формулу 16.
- для наклонного прямолинейного участка - см. формулы 17 и 18.
- изгибы трассы - см. формулу 19.

Таблица 34

### Ориентировочная величина коэффициента трения $\mu$

Материал	$\mu$
Пластмассовые трубы:	
- без смазки	0,45
- с использованием проливания воды	0,25
- с использованием жидкого мыла	0,15
- с использованием специальной смазки	0,1
Цементные трубы	
- без смазки	0,6
- со смазкой	0,4
Ролики	0,15
Бетон	0,7
Песок	0,25

#### Формула

$$F_{\text{доп}} = S * \sigma \quad [\text{H}] \quad (15)$$

где,  
 $S$  – суммарное сечение жил кабеля, мм<sup>2</sup>  
 $\sigma$  – допустимая напряженность:  
 30 Н/мм<sup>2</sup> – для алюминиевых жил  
 50 Н/мм<sup>2</sup> – для медных жил

#### Формула

$$F = g * \mu * M * L \quad [\text{H}] \quad (16)$$

где  
 $g$  – ускорение свободного падения, Н/кг  
 $M$  – удельная масса кабеля, кг/м  
 $L$  – длина участка КЛ, м  
 $\mu$  – коэффициент трения из таблицы 34

#### Формула

Тяжение вверх:

$$F = g * M * L * (\sin \Theta + \mu * \cos \Theta) \quad [\text{H}] \quad (17)$$

Тяжение вниз:

$$F = -g * M * L * (\sin \Theta - \mu * \cos \Theta) \quad [\text{H}] \quad (18)$$

где  
 $\Theta$  – угол наклона относительно горизонтальной плоскости, °

#### Формула

$$F_{\text{вых}} = F_{\text{вх}} * e^{\mu \Phi} \quad [\text{H}] \quad (19)$$

где  
 $\Phi$  - угол изгиба, рад.

При тяжении кабеля по изгибам возникает радиально направленная сила, которая зависит от усилия тяжения, радиуса и угла изгиба. Радиальное давление на единицу длины рассчитывается по формуле 20.

При  $\alpha=0\dots90^\circ$  можно использовать упрощенную формулу 21.

Таблица 35

**Максимально допустимое радиальное давление для кабеля**

Условие протягивания	Радиальное давление, Н/м
Угловой ролик	1 500
Блок роликов (3 ролика на метр)	4 500
Блок роликов (5 роликов на метр)	7 500
Протягивание в трубах	10 000

**Формула**

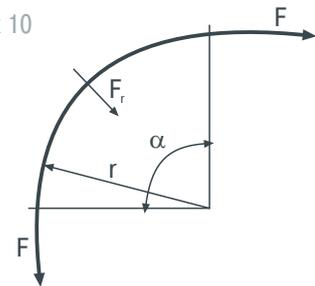
$$F_r = \frac{F \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{r \cdot \pi \cdot \frac{\alpha}{360^\circ}} \quad [\text{Н/м}] \quad (20)$$

где  
 F – усилие тяжения кабеля, Н  
 $\alpha$  – угол изгиба,  $^\circ$   
 r – радиус изгиба, м

**Формула**

$$F_r = \frac{F}{r} \quad [\text{Н/м}] \quad (21)$$

Рисунок 10



**Пример расчета усилий при протяжке кабеля.**

Кабель HoldCab MV PE 3x120(RM)/35-6/10 кВ протягивается по роликам, кроме участка 2-3, проложенного в цементной трубе. Длина трассы 550 м. Трасса имеет два изгиба на угол  $45^\circ$  и  $90^\circ$ , радиус изгиба 1 м. Разность уровней между точками 4 и 5 составляет +10 м.

В наружный диаметр кабеля 61,5 мм, масса 6 508 кг/км.

Определить допустимость протяжки кабеля по трассе.

Минимальный радиус изгиба для выбранного кабеля составит  $12 \cdot 61,5 = 738$  мм, следовательно, радиус изгиба 1 м является допустимым.

Усилие тяжения в конце участка 1-2:  $F_{1,2} = 9,8 \cdot 6,5 \cdot 0,15 \cdot 200 = 1\,911$  Н

Усилие тяжения в конце участка 2-3 (протяжка со смазкой):  $F_{2,3} = F_{1,2} + 9,8 \cdot 6,5 \cdot 0,4 \cdot 100 = 4\,459$  Н

Усилие тяжения на выходе из изгиба 3:  $F_3 = F_{2,3} \cdot e^{0,15 \cdot (45-\pi/180)} = 5\,012$  Н

Усилие тяжения в конце участка 3-4:  $F_{3,4} = F_3 + 9,8 \cdot 6,5 \cdot 0,15 \cdot 100 = 5\,968$  Н

Усилие тяжения на выходе из изгиба 4:  $F_4 = F_{3,4} \cdot e^{0,15 \cdot (90-\pi/180)} = 6\,333$  Н

Угол наклона участка 4-5:  $\arcsin(10/150) = 3,5^\circ$

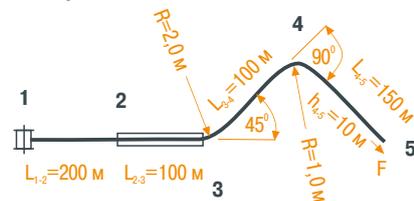
Усилие тяжения в конце участка 4-5:  $F_{4,5} = F_4 + 9,8 \cdot 6,5 \cdot 150 \cdot (\sin 3,5^\circ + 0,15 \cdot \cos 3,5^\circ) = 8\,347$  Н

Допустимое усилие тяжения кабеля:  $F_{\text{дон}} = 50 \cdot 3 \cdot 120 = 18\,000$  Н.

$8\,347$  Н <  $18\,000$  Н, протяжка кабеля по данной трассе возможна.

Радиальное давление на изгибе 3: 
$$F_{\text{р3}} = \frac{5\,012 \cdot \sin \frac{135^\circ}{2}}{2 \cdot 3,14 \cdot \frac{135^\circ}{360^\circ}} = 1\,966 \text{ Н/м}$$

Рисунок 11



Пример расчета усилий при протяжке кабеля (продолжение).

Радиальное давление на изгибе 4: 
$$F_{p4} = \frac{6\,333 * \sin \frac{90^\circ}{2}}{2 * 3,14 * \frac{90^\circ}{360^\circ}} = 2\,852 \text{ Н/м}$$

При протягивании кабеля через изгибы 3 и 4 необходимо использование блоков роликов с тремя роликами на метр.

### 7.3 МИНИМАЛЬНАЯ ТЕМПЕРАТУРА ЭКСПЛУАТАЦИИ КАБЕЛЯ

Минимальная температура эксплуатации кабелей зависит от комбинации материалов, применяемых в качестве их изоляции и оболочек.

Для различных вариантов кабелей HoldCab MV с изоляцией из сшитого полиэтилена и допускается минимальная температура эксплуатации от -50 до -60 °С.

Для различных вариантов кабелей HoldCab EPR MV с изоляцией из этиленпропиленовой резины допускается минимальная температура эксплуатации от -50 до -70 °С (в исполнении 2ХЛ).

### 7.4 ПРОКЛАДКА КАБЕЛЯ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

От материала изоляции и наружной оболочки кабеля зависит минимально допустимая температура его прокладки. Под температурой прокладки подразумевается температура наружной оболочки кабеля, при этом внутренние слои должны иметь равную с ней или более высокую температуру.

Прокладка при низких температурах требует особого внимания. С кабелем следует обращаться более осторожно и протягивать его с меньшей скоростью. Кабели

HoldCab MV и EPR допускают монтаж без прогрева при минимальных температурах окружающей среды указанных в Таблице 36. В исключительных случаях допускается прокладка кабеля при температурах до -40 °С с прогревом, прокладка должна быть проведена в срок не более 30 минут после прогрева, при этом температура наружной оболочки кабеля не должна опуститься ниже допустимой. Прокладка кабеля при температуре ниже -40 °С не допускается.

Таблица 36

#### Минимально допустимая температура прокладки кабеля

Тип изоляции	Тип оболочки	Минимальная температура прокладки, °С	
		Без прогрева	С прогревом
Сшитый полиэтилен	Полиэтилен	-20	-40
	ПВХ	-15	-40
	ПВХ пониженной горючести	-15	-40
	Полимерные композиции	-15	-40
Этиленпропиленовая резина	Резина не распространяющая горение	-35	-40
	Термореактивный безгалогенный негорючий компаунд	-35	-40
	ПВХ	-15	-40
	ПВХ пониженной горючести	-30	-40
	Полимерные композиции	-15	-40
	Термореактивный безгалогенный негорючий компаунд 2ХЛ	-40	-40

Подогрев кабелей проводят выдержкой в теплом помещении. Продолжительность прогрева кабелей на барабане в теплом помещении должна быть выбрана в соответствии с таблицей 37.

Таблица 37

#### Продолжительность прогрева кабелей в помещении

Температура помещения, °С	от 5 до 10 °С	от 10 до 25 °С	от 25 до 40 °С
Продолжительность прогрева, не менее	3 суток	1 сутки	18 часов

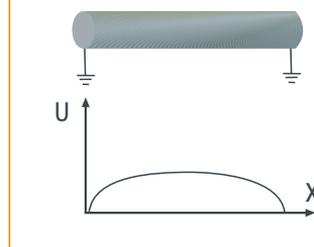


**8** ЗАЗЕМЛЕНИЕ  
МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЭКРАНОВ  
КАБЕЛЕЙ

## 8.1 ЗАЗЕМЛЕНИЕ ЭКРАНА С ДВУХ СТОРОН

Оба конца металлического экрана кабеля заземлены, на них не возникает наведенного напряжения, при этом обеспечивается наибольшая безопасность. Данный способ заземления является предпочтительным для трехжильных кабелей, однако в одножильных кабелях, по экрану между двумя заземленными концами будет протекать индуцированный ток, путь которого замыкаться через землю. Данный индуцированный ток будет пропорционален току, протекающему в ТПЖ, потери от протекания этого тока будут нагревать экран и снижать нагрузочную способность кабеля, что делает данный способ заземления менее выгодным с точки зрения экономических аспектов. Индуцированный ток будет меньше для трех одножильных кабелей проложенных треугольником и больше для кабелей, проложенных в плоскости. Чем меньше сопротивление экрана (больше сечение), тем больше будет ток, протекающий по нему. В ряде случаев, ток протекающий по экрану может достигать десятки процентов от номинального тока.

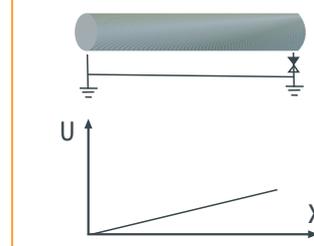
Рисунок 12



## 8.2 ЗАЗЕМЛЕНИЕ ЭКРАНА С ОДНОЙ СТОРОНЫ

Один конец металлического экрана кабеля заземлен, при этом, на другом конце кабеля появляется напряжение, которое индуцируется линейно по всей длине кабеля. Индуцированного тока в экране кабеля не возникает. Индуцированное напряжение пропорционально длине КЛ и току, протекающему по ней. Это напряжение может представлять опасность как для оболочки кабеля, так и для обслуживающего персонала. Длина КЛ в при таком способе заземления является небольшой, менее 1 км и ограничивается допустимым напряжением на экране. Для защиты изоляции экранов от грозовых и коммутационных перенапряжений на незаземленных концах экранов устанавливаются ОПН. Дополнительно должны быть приняты меры, исключающие возможность прикосновения обслуживающего персонала к незаземленному концу кабеля.

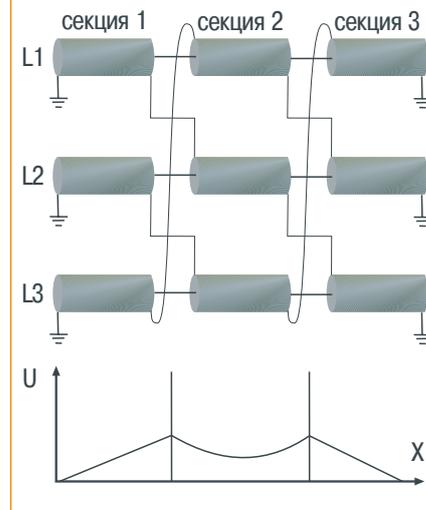
Рисунок 13



## 8.3 ТРАНСПОЗИЦИЯ ЭКРАНОВ

Данный способ заземления применяется для длинных КЛ, которые состояются из нескольких отрезков кабелей. В примере, показанном на рис. 14, из трех одинаковых секций кабеля с транспозицией экранов в конце каждой секции. Экраны по концам КЛ должны заземлены. По длине каждой секции на экране индуцируется напряжение, однако в случае с тремя одинаковыми секциями остаточного напряжения на экране не возникает и ток по экрану не протекает. Максимальное наведенное напряжение будет в коробках транспозиции, где производится соединение экранов. Для защиты изоляции экранов от грозовых и коммутационных перенапряжений в узлах транспозиции устанавливаются ОПН. Данный способ заземления позволяет пропускать такой же ток, как при заземлении экрана с одной стороны, но для более длинных КЛ. Очень длинные КЛ могут состоять из нескольких участков транспозиции. В этом случае рекомендуется заземлять экраны КЛ только по краям.

Рисунок 14



Для выбора и обоснования варианта заземления экранов кабелей рекомендуется пользоваться методикой, предложенной в СТО 56947007-29.060.20.103-2011.



**9** КАБЕЛЬНАЯ  
АРМАТУРА

Для монтажа кабелей с СПЭ и ЭПР изоляцией применяются концевые и соединительные кабельные муфты.

Материалы кабельных муфты должны быть совместимы с материалами кабеля и выдерживать его температурный режим. Соединительные гильзы должны исключать возможность термического или механического повреждения изоляции кабеля или муфты в течение всего срока службы. Конфигурация изоляции кабельной муфты и ее сопряжение с основной изоляцией кабеля должны предотвращать возникновение частичных разрядов при рабочем напряжении и выдерживать возможные перенапряжения.

Сопротивление экрана муфты и электрический контакт между ним и металлическим экраном кабеля должны быть достаточными для прохождения токов, на которые он рассчитан. Наружная защитная оболочка должна обеспечивать механическую прочность и жесткость, защиту от попадания влаги и сопротивление другим факторам окружающей среды.

В настоящее время концевые и соединительные муфты представлены широким выбором моделей отечественных и зарубежных производителей. При выборе и монтаже муфт необходимо пользоваться инструкциями их изготовителей.



**10** РЕКОМЕНДУЕМЫЕ  
ИСПЫТАНИЯ  
ПОСЛЕ МОНТАЖА

После монтажа очень важно сразу выявить возможные повреждения наружной оболочки кабеля, т.к. она является защитным барьером от воздействия окружающей среды. Оболочка кабеля, проложенного в земле, должна быть испытана постоянным напряжением 10 кВ, приложенным между металлическим экраном и заземлителем или между броней и заземлителем в течение одной минуты. У кабеля, проложенного в воздухе, отсутствует хороший контакт между оболочкой и заземленными элементами по всей длине, поэтому данное испытание для него не информативно и испытание оболочки не проводят. Испытание наружных оболочек кабельной линии рекомендуется проводить после прокладки, перед включением линии в эксплуатацию, после ремонтов кабельной линии, в случае проведения раскопок в охранной зоне кабельной линии и периодически в процессе эксплуатации один раз в 5 лет. После испытания постоянным напряжением необходимо заземлить жилу, металлический экран и броню на время не менее 1 ч.

Кабели после прокладки и монтажа арматуры рекомендуется испытывать переменным напряжением  $2U_0$  номинальной частотой 50 Гц в течение 60 мин., или переменным напряжением  $U_0$  номинальной частотой 50 Гц в течение 24 часов, или переменным напряжением  $3U_0$  номинальной частотой 0,1 Гц в течение 60 мин., приложенным между жилой и металлическим экраном, где  $U_0$  – номинальное напряжение кабеля между жилой и экраном в нормальном режиме эксплуатации, кВ.

При испытании изоляции, напряжение прикладывается поочередно к каждой жиле кабеля. При этом все остальные жилы и все экраны должны быть заземлены. Допускается одновременное испытание всех трех фаз кабельной линии.

Кабельные линии 6-35 кВ испытываются перед включением линии в эксплуатацию, после ремонтов и периодически в процессе эксплуатации один раз в 5 лет.

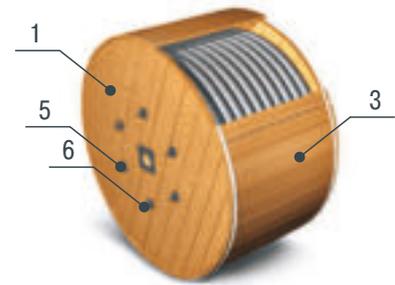




**11** ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И  
ХРАНЕНИЕ  
КАБЕЛЯ

Для транспортирования и хранения кабели наматываются на кабельные барабаны различных размеров (номеров барабанов). Концы кабелей должны быть защищены от попадания влаги. Категории климатических и механических воздействий на кабели в процессе транспортирования и хранения указываются в документации завода-изготовителя.

Максимальная строительная длина отрезка кабеля на барабане ограничивается наружным диаметром кабеля и размерами барабана, который используется для его хранения и транспортировки.



1 - щека, 2 - шейка, 3 - обшивка, 4 - круг шейки, 5 - втулка, 6 - шпилька

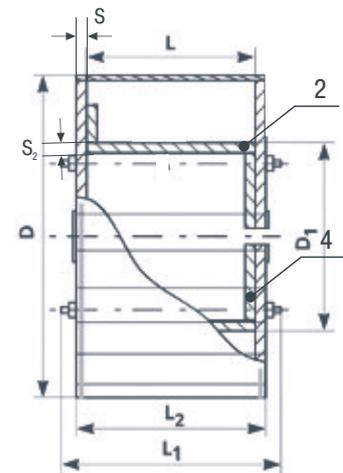
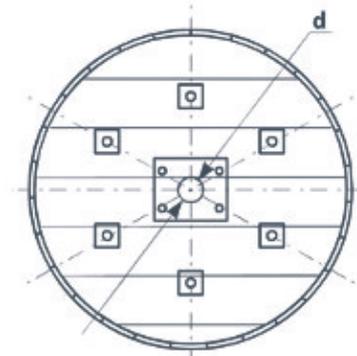


Таблица 38

### Размеры кабельных барабанов

Номер барабана	Размеры, мм					
	Диаметр			L	Толщина	
	щеки, D	щеки, D <sub>1</sub>	осевого отверстия, d		щеки, S	деталей, S <sub>2</sub>
16	1 600	1 200	80	600	58	30
16a	1 600	800	80	800	58	30
17	1 700	900	80	750	70	28
17a	1 700	900	80	900	70	28
18	1 800	1 120	80	900	80	36
18a	1 800	900	80	900	80	36
20	2 000	1 200	80	1 000	90	36
20a	2 000	1 000	80	1 060	90	36
22	2 200	1 320	100	1 000	118	46
22a	2 200	1 480	100	1 050	118	46
25	2 500	1 500	120	1 300	130	56
26	2 650	1 500	120	1 500	140	56

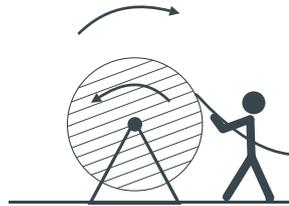
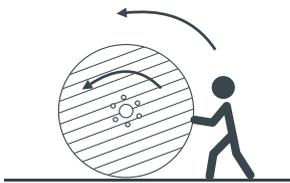
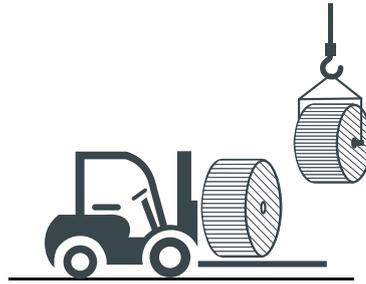
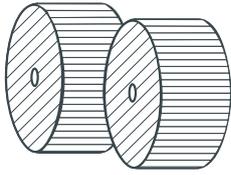
Таблица 39

**Длина отрезка кабеля на кабельном барабане**

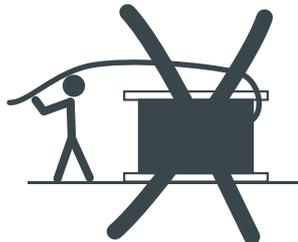
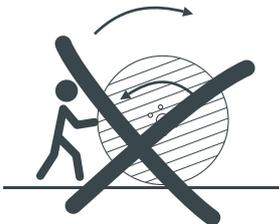
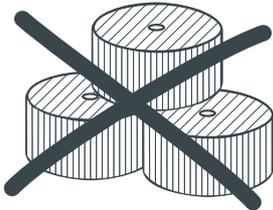
Диаметр кабеля, мм	Номер барабана							
	16	16а	17	18	20	22	25	26
24	662	1 755	1470	1 760	2 590	-	-	-
25	610	1 617	1355	1 625	2 390	-	-	-
26	564	1 495	1250	1 500	2 210	-	-	-
27	523	1 386	1160	1 390	2 050	-	-	-
28	486	1 289	1080	1 295	1 900	-	-	-
29	453	1 202	1000	1 205	1 775	2 260	-	-
30	423	1123	940	1 130	1 655	2 110	-	-
31	396	1 052	880	1 055	1 515	1 975	-	-
32	372	987	830	990	1 455	1 855	-	-
33	350	928	785	940	1 380	1 760	-	-
34	330	874	740	885	1 300	1 655	-	-
35	311	825	690	830	1 220	1 550	-	-
36	294	780	655	785	1 150	1 465	-	-
37	278	738	620	740	1 090	1 390	-	-
38	250	700	585	700	1035	1 315	-	-
39	250	664	555	670	980	1 250	-	-
40	238	631	530	630	930	1 185	-	-
41	227	601	500	600	890	1 130	-	-
42	216	573	480	575	850	1 080	-	-
43	206	546	460	550	805	1 030	-	-
44	197	522	440	530	775	985	-	-
45	188	499	420	500	735	940	-	-
46	180	477	400	480	705	895	-	-
47	173	457	385	460	675	860	-	-
48	166	438	365	-	650	825	-	-
49	159	421	355	-	625	795	-	-
50	153	404	340	-	595	760	-	-
51	147	388	-	-	575	730	-	-
52	141	373	-	-	550	705	-	-
53	-	-	-	-	530	675	-	-
54	-	-	-	-	510	650	-	-
55	-	-	-	-	490	630	-	-
56	-	-	-	-	475	605	-	-
57	-	-	-	-	460	585	-	-
58	-	-	-	-	-	565	-	-
59	-	-	-	-	-	545	-	-
60	-	-	-	-	-	525	-	-
65	-	-	-	-	-	450	1 845	-
70	-	-	-	-	-	-	1 800	-
75	-	-	-	-	-	-	1 715	-
80	-	-	-	-	-	-	1 630	-
85	-	-	-	-	-	-	1 560	-
90	-	-	-	-	-	-	1 495	2100



## ПРАВИЛЬНЫЙ СПОСОБ



## НЕПРАВИЛЬНЫЙ СПОСОБ





**12** КАБЕЛИ  
HOLDCAB EPR MV  
ТУ 16.К73.131-2015

Кабели силовые с изоляцией из этиленпропиленовой резины на напряжение 3,6/6(7,2) – 26/45(52) кВ.

Кабели по конструктивному исполнению, техническим характеристикам и эксплуатационным свойствам соответствуют международному стандарту IEC 60502-2 и гармонизированным документам HD 620 и HD 605.

#### Коды ОКПД2:

27.32.14.111 - Кабели с медной жилой.

27.32.14.112 - Кабели с алюминиевой жилой.

## 12.1 МАРКООБРАЗОВАНИЕ

HoldCab **EPR** **-F** **MV** **A** **T** **PV**  
 1 2 3 2 4 5

<b>1</b>	<b>Изоляция</b>	EPR - этиленпропиленовая резина.
<b>2</b>	<b>ТПЖ</b>	<p>Без обозначения - токопроводящая жила медная;            -F - токопроводящая жила (гибкая) из медных проволок;            A - алюминиевая токопроводящая жила.</p> <p>Конструктивное исполнение токопроводящих жил:            R (после номинального сечения) – круглые;            S (после номинального сечения) – секторные;            M (после номинального сечения) – многопроволочные.</p> <p>Кабели изготавливают одно- и трехжильными.            Токопроводящие жилы - медные или алюминиевые, многопроволочные, круглые или секторные, уплотненные и соответствуют классу 2 по ГОСТ 22483.            Токопроводящие жилы кабелей типа HoldCab EPR-F - медные, многопроволочные, круглые, уплотненные и соответствуют классу 5 по ГОСТ 22483.</p>
<b>3</b>	<b>Напряжение</b>	MV - среднее напряжение.
<b>4</b>	<b>Броня</b>	<p>T - броня из стальных оцинкованных лент;            T(AL) - броня из лент из алюминия или алюминиевого сплава;            W - броня из стальных круглых проволок;            W(AL) - броня из круглых проволок из алюминия или алюминиевого сплава;            F - броня из стальных плоских проволок.</p>
<b>5</b>	<b>Оболочка</b>	<p>PV - наружная оболочка из поливинилхлоридного пластиката;            P(C) - наружная оболочка из резины, не распространяющей горение. Кабель соответствует исполнению типа нг(C) по ГОСТ 31565;            SF(C) - наружная оболочка из поливинилхлоридного пластиката пониженной горючести. Кабель, не распространяющий горение при групповой прокладке, соответствует исполнению типа нг(C) по ГОСТ 31565;            LS(A) - наружная оболочка из поливинилхлоридного пластиката пониженной пожарной опасности.</p> <p>Кабель, не распространяющий горение при групповой прокладке, с низким дымо- и газовыделением соответствует исполнению типа нг(A)-LS по ГОСТ 31565;            HF(A) - наружная оболочка из полимерной композиции, не содержащей галогенов, или терморезистивного безгалогенного негорючего компаунда. Кабель, не распространяющий горение при групповой прокладке не выделяющий коррозионно-активные газообразные продукты при горении и тлении, соответствует исполнению типа нг(A)-HF по ГОСТ 31565.</p>

## 12.2 КЛАСС ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ПО ГОСТ 31565-2012

<b>О1.8.2.5.4</b>	Наружная оболочка из поливинилхлоридного пластиката «PV».
<b>ПЗ.8.2.5.4</b>	Наружная оболочка из поливинилхлоридного пластиката пониженной горючести («SF(C)»). Кабель, не распространяющий горение при групповой прокладке, соответствует исполнению типа нг(С) по ГОСТ 31565.
<b>П16.8.2.2.2</b>	Наружная оболочка из поливинилхлоридного пластиката пониженной пожарной опасности («LS(A)»). Кабель, не распространяющий горение при групповой прокладке, с низким дымо- и газовыделением соответствует исполнению типа нг(А)-LS по ГОСТ 31565.
<b>ПЗ.8.2.5.4</b>	Наружная оболочка из резины, не распространяющей горение («P(C)»). Кабель соответствует исполнению типа нг(С) по ГОСТ 31565.
<b>П16.8.1.2.1</b>	Наружная оболочка из полимерной композиции, не содержащей галогенов, или терморезистивного безгалогенного негорючего компаунда («HF(A)»). Кабель, не распространяющий горение при групповой прокладке и не выделяющий коррозионно-активные газообразные продукты при горении и тлении, соответствует исполнению типа нг(А)-HF по ГОСТ 31565.

## 12.3 ПРИМЕНЕНИЕ

Применение	Исполнение
Для стационарной прокладки в воздухе, в закрытых помещениях, в сухих грунтах, в кабельных коллекторах при групповой прокладке, в условиях попадания буровых растворов, масел, бензина и дизельного топлива, в условиях воздействия озона и солнечной радиации.	Все исполнения HoldCab EPR MV.
Для передачи и распространения электрической энергии в стационарных установках на номинальное переменное напряжение $U_0/U(U_m)$ : 3,6/6 (7,2); 6/10 (12); 8,7/15 (17,5); 12/20 (24) и 20,3/35(42) кВ номинальной частоты 50 Гц для сетей с заземлённой и изолированной нейтралью, в том числе во взрывоопасных зонах помещений и наружных установок.	Все исполнения HoldCab EPR MV.
Для прокладки на трассах без ограничения разностей уровней, в т.ч. на вертикальных участках.	Все исполнения HoldCab EPR MV.
Применение в обводненных и болотистых грунтах с влажностью 100 %.	Кабели с наружной оболочкой из резины P(C).
Для прокладки на трассах, где возможны значительные растягивающие усилия при эксплуатации, в том числе в сейсмически активных районах, условиях вечной мерзлоты и районах, подверженных смещению почв.	Кабели с броней из круглых или плоских проволок W, W(AL), F.
Для прокладки во взрывоопасных зонах классов В-I и В-Ia.	Кабели с медными ТПЖ.
Для прокладки во взрывоопасных зонах классов В-Iб, В-Iг, В-II и В-IIa.	Кабели с алюминиевыми ТПЖ.
Для одиночной прокладки в кабельных сооружениях и производственных помещениях.	Кабели с наружной оболочкой и защитным шлангом из поливинилхлоридного пластиката PV.

Применение	Исполнение
Групповая прокладка разрешается только в наружных электроустановках и производственных помещениях, где возможно лишь периодическое присутствие обслуживающего персонала, при этом необходимо применять пассивную огнезащиту.	Кабели с наружной оболочкой и защитным шлангом из поливинилхлоридного пластика PV.
Для прокладки, с учетом объема горючей нагрузки кабелей, в открытых кабельных сооружениях (эстакадах, галереях) наружных электроустановок.	Кабели с наружной оболочкой и защитным шлангом из поливинилхлоридного пластика пониженной горючести SF(C) и резины, не распространяющей горение P(C).
Для прокладки, с учетом объема горючей нагрузки кабелей, во внутренних электроустановках, а также в зданиях, сооружениях и закрытых кабельных сооружениях.	Кабели с наружной оболочкой и защитным шлангом из поливинилхлоридного пластика пониженной пожарной опасности LS(A).
Для прокладки, с учетом объема горючей нагрузки кабелей, во внутренних электроустановках, а также в зданиях, сооружениях с массовым пребыванием людей.	Кабели с наружной оболочкой и защитным шлангом из полимерных композиций, не содержащих галогенов, и безгалогенного термореактивного негорючего компаунда HF(A).

## 12.4 НОМИНАЛЬНОЕ СЕЧЕНИЕ ТОКОПРОВОДЯЩИХ ЖИЛ КАБЕЛЕЙ

Тип кабелей	Номинальное сечение жилы, мм <sup>2</sup>			
	Номинальное напряжение кабеля, кВ			
	3,6/6 и 6/10	8,7/15	12/20	20,3/35
Одножильные кабели	35 - 800	50 - 800		
Одножильные кабели с жилой класса гибкости 5	35 - 500	50 - 500	-	
Трехжильные кабели с круглой жилой	35 - 300	50 - 240		
Трехжильные кабели с круглой жилой с наружной оболочкой из резины	35 - 120	50 - 120		
Трехжильные кабели с круглой жилой с наружной оболочкой из резины бронированные	35 - 95	50 - 95		
Трехжильные кабели с секторной жилой	95 - 300	120 - 240	-	

## 12.5 УКАЗАНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

Вид климатического исполнения по ГОСТ 15150	ХЛ.
Категории размещения	1 - 5, включая прокладку в земле.
Диапазон температур при эксплуатации	От -60 до 50 °С, относительная влажность воздуха до 98 % при температуре окружающей среды до 35 °С.
Электрическое сопротивление токопроводящих жил	Согласно ГОСТ 22483.
Удельное объемное электрическое сопротивление экструдированных электропроводящих экранов, наложенных поверх токопроводящих жил и поверх изоляции, измеренное при температуре (90 ± 2) °С до и после старения кабеля	- Не более 1000 Ом/м - для экрана поверх токопроводящей жилы; - Не более 500 Ом/м - для экрана поверх изоляции.

Кабели на строительной длине выдерживают в течение 5 мин. воздействие переменного напряжения частотой 50 Гц	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 12,5 кВ - для кабелей на напряжение 3,6/6(7,2) кВ;</li> <li>- 21 кВ - для кабелей на напряжение 6/10(12) кВ;</li> <li>- 30,5 кВ - для кабелей на напряжение 8,7/15(17,5) кВ;</li> <li>- 42 кВ - для кабелей на напряжение 12/20(24) кВ;</li> <li>- 71 кВ - для кабелей на напряжение 20,3/35(42) кВ.</li> </ul>
Уровень частичных разрядов, измеренный на строительной длине кабелей при переменном напряжении частотой 50 Гц	Не более 10 пКл.
Кабели выдерживают воздействие импульсного напряжения	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 60 кВ - для кабелей на напряжение 3,6/6(7,2) кВ;</li> <li>- 75 кВ - для кабелей на напряжение 6/10(12) кВ;</li> <li>- 95 кВ - для кабелей на напряжение 8,7/15(17,5) кВ;</li> <li>- 125 кВ - для кабелей на напряжение 12/20(24) кВ;</li> <li>- 190 кВ - для кабелей на напряжение 20,3/35(42) кВ.</li> </ul>
Кабели выдерживают воздействие переменного напряжения частотой 50 Гц в течение 4 ч	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 14,4 кВ - для кабелей на напряжение 3,6/6(7,2) кВ;</li> <li>- 24 кВ - для кабелей на напряжение 6/10(12) кВ;</li> <li>- 34,8 кВ - для кабелей на напряжение 8,7/15(17,5) кВ;</li> <li>- 48 кВ - для кабелей на напряжение 12/20(24) кВ;</li> <li>- 81,2 кВ - для кабелей на напряжение 20,3/35(42) кВ.</li> </ul>
Испытательное напряжение	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 7,2 кВ - для кабелей на напряжение 3,6/6(7,2) кВ;</li> <li>- 12 кВ - для кабелей на напряжение 6/10(12) кВ;</li> <li>- 17,4 кВ - для кабелей на напряжение 8,7/15(17,5) кВ;</li> <li>- 24 кВ - для кабелей на напряжение 12/20(24) кВ;</li> <li>- 40,6 кВ - для кабелей на напряжение 20,3/35(42) кВ.</li> </ul>
Продолжительность короткого замыкания	Не должна превышать 5 с.
Продолжительность работы кабелей в режиме перегрузки	Не более 8 ч в сутки и не более 1000 ч за срок службы.
Стойкость кабеля	<ul style="list-style-type: none"> <li>- К наививанию;</li> <li>- К воздействию солнечного излучения, соляного тумана, масла, смазки и топлива.</li> </ul>
Прокладка без предварительного подогрева при температур окружающей среды	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Не ниже -15 °С - для кабелей с наружной оболочкой из всех типов поливинилхлоридных пластикатов и полимерной композиции, не содержащей галогенов, без предварительного подогрева допускается при температуре окружающей среды;</li> <li>- Не ниже -35 °С – для кабелей с наружной оболочкой из резины, не распространяющей горение, или безгалогенного термореактивного негорючего компаунда;</li> <li>- Не ниже -30 °С – для кабелей с наружной оболочкой из поливинилхлоридного пластиката пониженной горючести (изготовление по специальному заказу).</li> </ul>
Допустимый радиус изгиба при прокладке	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Не менее 12Dн - трёхжильных кабелей;</li> <li>- Не менее 15Dн - одножильных кабелей.</li> </ul>
Минимальный радиус изгиба	7,5Dн при монтаже кабелей с использованием специального шаблона.
Число изгибов кабеля на угол до 90° на трассах прокладки	Не более 8 на строительную длину.



Допустимая температура нагрева токопроводящих жил при эксплуатации	- от 90 до 105 °С* - длительно допустимая; - от 130 до 140 °С - в режиме перегрузки; - 250 °С - предельная при коротком замыкании.
Строительная длина кабеля	Согласовывается при заказе. Допускаются маломерные отрезки длиной не менее 50 м в количестве не более 5 % от общей длины кабеля в партии.
Гарантийный срок эксплуатации	5 лет. Гарантийный срок исчисляются с даты ввода кабеля в эксплуатацию, но не позднее 6 мес. с даты изготовления.
Срок службы кабелей	30 лет.

Dн - фактический наружный диаметр кабеля, мм.

\* По требованию заказчика. Требование должно быть оговорено при заказе

Конструктивные характеристики (наружный диаметр, вес) маркоразмеров кабелей предоставляются по запросу.





**13** КАБЕЛИ  
HOLDCAB MV  
ТУ 16.К73.121-2014

Кабели силовые с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение 6 – 35 кВ. Кабели по конструктивному исполнению, техническим характеристикам и эксплуатационным свойствам соответствуют международному стандарту МЭК 60502-2.

#### Коды ОКПД2:

27.32.14.111 - Кабели с медной жилой.  
27.32.14.112 - Кабели с алюминиевой жилой.

### 13.1 МАРКООБРАЗОВАНИЕ

HoldCab **MV** **A** **W** **(WP1)** **HF(B)**

2    3    4    5    6

<b>1</b>	<b>Изоляция</b>	Без обозначения - изоляция из сшитого полиэтилена.
<b>2</b>	<b>Напряжение</b>	MV - кабели среднего напряжения.
<b>3</b>	<b>ТПЖ</b>	Без обозначения - токопроводящая жила медная; A (после «HoldCab MV») – алюминиевая токопроводящая жила; RM (после номинального сечения буквы) - кабелей с круглыми жилами; SM (после номинального сечения буквы) - кабелей с секторными жилами.  Токопроводящие жилы - медные или алюминиевые, многопроволочные, круглые или секторные, уплотненные и соответствуют классу 2 по ГОСТ 22483.  Кабели изготавливают одно- и трехжильными.  Кабели с индексами «SF(B)», «LS(B)» и «HF(B)» изготавливают одножильными или трехжильными с токопроводящими жилами секторной формы.
<b>4</b>	<b>Броня</b>	T - броня из стальных оцинкованных лент или лент из алюминия или алюминиевого сплава; W - броня из круглых оцинкованных стальных проволок или проволок из алюминия или алюминиевого сплава.
<b>5</b>	<b>Водо-блокирующая лента</b>	WP1 - водоблокирующие ленты герметизации металлического экрана; WP11 - водоблокирующие нити и/или ленты герметизации токопроводящих жил и водоблокирующие ленты герметизации металлического экрана; WP2 - водоблокирующие ленты герметизации металлического экрана и алюмополимерная лента поверх разделительного слоя; WP12 - водоблокирующие нити и/или ленты герметизации токопроводящих жил, водоблокирующие ленты герметизации металлического экрана и алюмополимерная лента поверх разделительного слоя.
<b>6</b>	<b>Оболочка</b>	PE - наружная оболочка из полиэтилена; PV - наружная оболочка из поливинилхлоридного пластиката; SF(A) - наружная оболочка из поливинилхлоридного пластиката пониженной горючести. Кабель, не распространяющий горение при групповой прокладке, соответствующий исполнению типа нг(A) по ГОСТ 31565; SF(B) - наружная оболочка из поливинилхлоридного пластиката пониженной горючести. Кабель, не распространяющий горение при групповой прокладке, соответствующий исполнению типа нг(B) по ГОСТ 31565; LS(A) - наружная оболочка из поливинилхлоридного пластиката пониженной пожарной опасности. Кабель, не распространяющий горение при групповой прокладке, с низким дымо и газовойделением, соответствующий исполнению типа нг(A)-LS по ГОСТ 31565;

<b>6</b>	<b>Оболочка</b>	<p>LS(B) - наружная оболочка из поливинилхлоридного пластиката пониженной пожарной опасности. Кабель, не распространяющий горение при групповой прокладке, с низким дымо- и газовыделением, соответствующий исполнению типа нг(B)-LS по ГОСТ 31565;</p> <p>HF(A) - наружная оболочка из полимерных композиций, не содержащих галогенов. Кабель, не распространяющий горение при групповой прокладке и не выделяющий коррозионно активные газообразные продукты при горении и тлении, соответствующий исполнению типа нг(A)-HF по ГОСТ 31565;</p> <p>HF(B) - наружная оболочка из полимерных композиций, не содержащих галогенов. Кабель, не распространяющий горение при групповой прокладке и не выделяющий коррозионно активные газообразные продукты при горении и тлении, соответствующий исполнению типа нг(B)-HF по ГОСТ 31565.</p>
----------	-----------------	---

### 13.2 КЛАСС ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ПО ГОСТ 31565-2012

<b>02.8.2.5.4</b>	Наружная оболочка из полиэтилена («PE»).
<b>01.8.2.5.4</b>	Наружная оболочка из поливинилхлоридного пластиката («PV»). Для одиночной прокладки в кабельных сооружениях и производственных помещениях. Для прокладки в земле и для прокладки одиночных кабельных линий в кабельных сооружениях.
<b>П16.8.2.5.4</b> <b>П2.8.2.5.4</b>	Наружная оболочка из поливинилхлоридного пластиката пониженной горючести («SF(A)»). Кабель, не распространяющий горение при групповой прокладке, соответствующий исполнению типа нг(A) по ГОСТ 31565. Наружная оболочка из поливинилхлоридного пластиката пониженной горючести («SF(B)»). Кабель, не распространяющий горение при групповой прокладке, соответствующий исполнению типа нг(B) по ГОСТ 31565. Для групповой прокладки в открытых кабельных сооружениях. Для групповой прокладки в открытых кабельных сооружениях при наличии опасности механических повреждений при эксплуатации.
<b>П16.8.2.2.2</b> <b>П2.8.2.2.2</b>	Наружная оболочка из поливинилхлоридного пластиката пониженной пожарной опасности («LS(A)»). Кабель, не распространяющий горение при групповой прокладке, с низким дымо- и газовыделением, соответствующий исполнению типа нг(A)-LS по ГОСТ 31565. Наружная оболочка из поливинилхлоридного пластиката пониженной пожарной опасности («LS(B)»). Кабель, не распространяющий горение при групповой прокладке, с низким дымо- и газовыделением, соответствующий исполнению типа нг(B)-LS по ГОСТ 31565. Для групповой прокладки в закрытых кабельных сооружениях. Для групповой прокладки в закрытых кабельных сооружениях, при наличии опасности механических повреждений при эксплуатации.
<b>П16.8.1.2.1</b> <b>П2.8.1.2.1</b>	Наружная оболочка из полимерных композиций, не содержащих галогенов («HF(A)»). Кабель, не распространяющий горение при групповой прокладке и не выделяющий коррозионно-активные газообразные продукты при горении и тлении, соответствующий исполнению типа нг(A)-HF по ГОСТ 31565. Наружная оболочка из полимерных композиций, не содержащих галогенов («HF(B)»). Кабель, не распространяющий горение при групповой прокладке и не выделяющий коррозионно-активные газообразные продукты при горении и тлении, соответствующий исполнению типа нг(B)-HF по ГОСТ 31565. Для групповой прокладки в кабельных сооружениях и производственных помещениях с массовым пребыванием людей, для прокладки в земле, а также в воде. Для групповой прокладки в кабельных сооружениях и производственных помещениях с массовым пребыванием людей, при наличии опасности механических повреждений при эксплуатации.

### 13.3 ПРИМЕНЕНИЕ

Применение	Исполнение
<p>Для передачи и распространения электрической энергии в стационарных установках на номинальное переменное напряжение <math>U_0/U(U_m)</math>: 3,6/6 (7,2); 6/10 (12); 8,7/15 (17,5); 12/20 (24) и 20,3/35 (42) кВ номинальной частоты 50 Гц для сетей с заземленной и изолированной нейтралью. Кабели предназначены для эксплуатации в электрических сетях переменного напряжения с изолированной или заземленной нейтралью категорий А, В и С в соответствии со стандартом МЭК 60183.</p>	<p>Все исполнения HoldCab MV.</p>
<p>Для эксплуатации при прокладке в земле независимо от степени коррозионной активности грунтов. Допускается прокладка кабелей на воздухе, в том числе в кабельных сооружениях, при условии обеспечения дополнительных мер противопожарной защиты, например, нанесения огнезащитных покрытий.</p>	<p>Кабели с наружной оболочкой из полиэтилена PE.</p>
<p>Для прокладки в земле, а также, в воде (в несудоходных водоёмах) – при соблюдении мер, исключающих механические повреждения кабеля.</p>	<p>Кабели с герметизирующими элементами WP1, WP11, WP2, WP12.</p>
<p>Для прокладки на открытом воздухе, в сухих грунтах (песок, песчано-глинистая и нормальная почва с влажностью менее 14 %). При прокладке на открытом воздухе суммарное время воздействия солнечного излучения не должно превышать 2000 ч за весь срок службы.</p>	<p>Кабели с наружной оболочкой из поливинилхлоридного пластиката PV, или поливинилхлоридного пластиката пониженной горючести SF(A), SF(B), или поливинилхлоридного пластиката пониженной пожарной опасности LS(A), LS(B), или полимерной композиции, не содержащей галогенов.</p>
<p>Для прокладки во взрывоопасных зонах классов В-I и В-Ia.</p>	<p>Кабели с медными токопроводящими жилами, с наружной оболочкой из поливинилхлоридного пластиката пониженной пожарной опасности LS(A), LS(B) и полимерной композиции, не содержащей галогенов HF(A), HF(B).</p>
<p>Для прокладки во взрывоопасных зонах классов В-Iб, В-Iг, В-II и В-IIa.</p>	<p>Кабели с алюминиевыми токопроводящими жилами, с наружной оболочкой из поливинилхлоридного пластиката пониженной пожарной опасности LS(A), LS(B) и полимерной композиции, не содержащей галогенов HF(A), HF(B).</p>
<p>Для прокладки на трассах без ограничения разностей уровней, в том числе на вертикальных участках, а также на трассах, где возможны значительные растягивающие усилия при эксплуатации, в том числе в сейсмически активных районах, условиях вечной мерзлоты и районах, подверженных смещению почв.</p>	<p>Кабели с броней из круглых проволок W.</p>

### 13.4 НОМИНАЛЬНОЕ СЕЧЕНИЕ ТОКОПРОВОДЯЩИХ ЖИЛ КАБЕЛЕЙ

Тип кабелей	Номинальное сечение жилы, мм <sup>2</sup>			
	Номинальное напряжение кабеля, кВ			
	3,6/6 и 6/10	8,7/15	12/20	20,3/35
Одножильные кабели	35 - 800	50 - 800		
Трехжильные кабели с круглой жилой	35 - 300	50 - 300		
Трехжильные кабели с секторной жилой	95 - 300	120 - 240	-	

### 13.5 УКАЗАНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

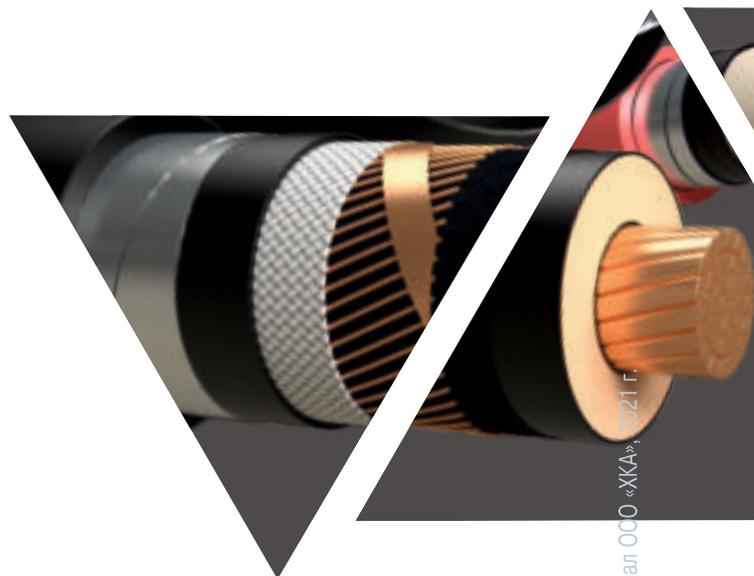
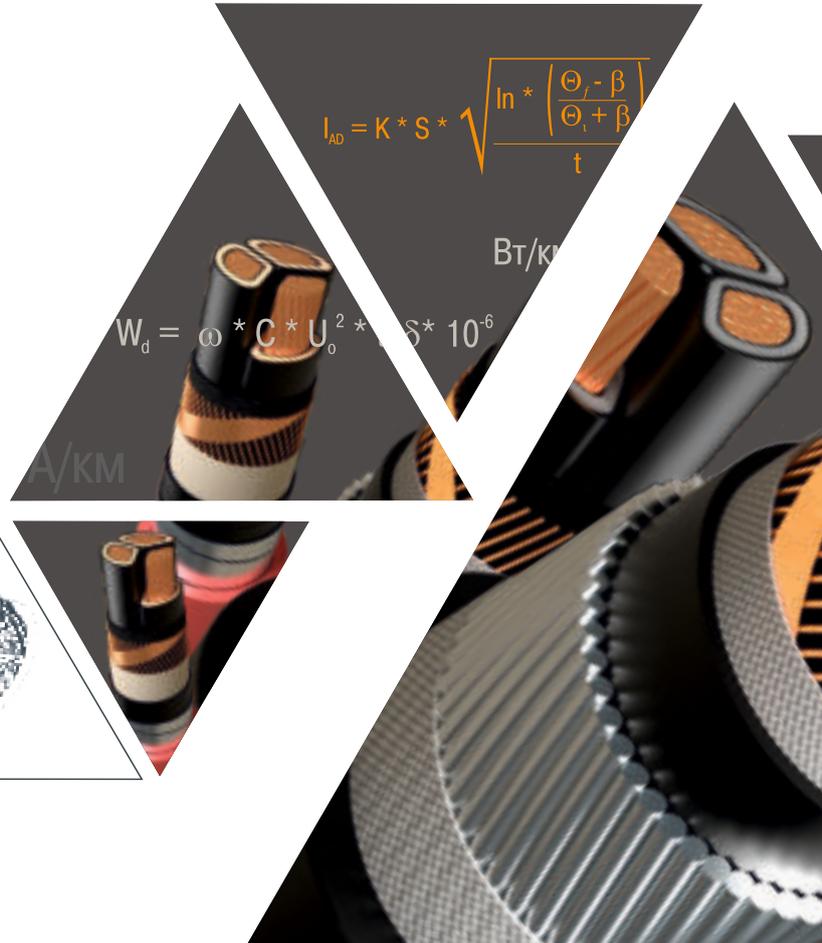
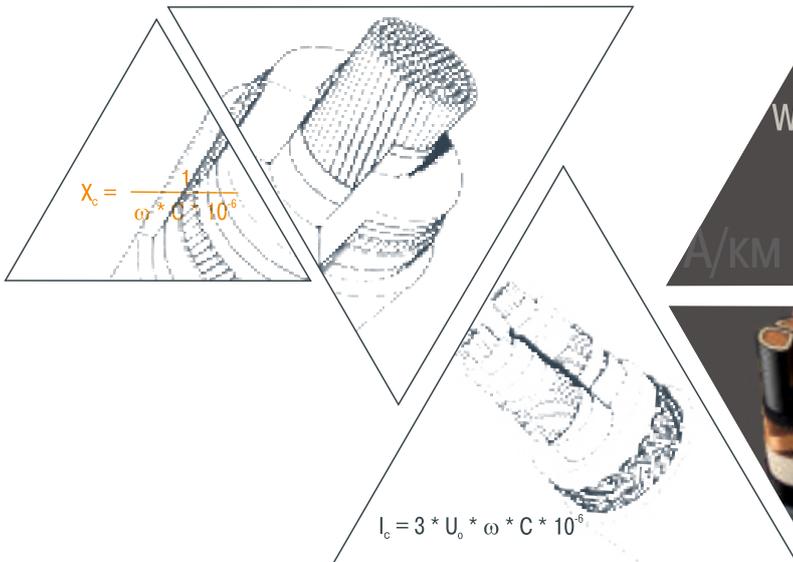
Вид климатического исполнения ГОСТ 15150	В.
Категории размещения	1 и 5, включая прокладку в земле и воде.
Диапазон температур при эксплуатации	От -60 до 50 °С, относительная влажность воздуха до 98 % при температуре окружающей среды до 35 °С.
Электрическое сопротивление токопроводящих жил	Согласно ГОСТ 22483.
Удельное объемное электрическое сопротивление экструдированных электропроводящих экранов, наложенных поверх токопроводящих жил и поверх изоляции, измеренное при температуре (90 ± 2) °С до и после старения кабеля	- Не более 1000 Ом/м - для экрана поверх токопроводящей жилы; - Не более 500 Ом/м - для экрана поверх изоляции.
Удельное объемное электрическое сопротивление экструдированного полупроводящего слоя поверх наружной оболочки кабеля	Не более 1000 Ом/м.
Кабели на строительной длине выдерживают в течение 5 мин. воздействие переменного напряжения частотой 50 Гц	- 12,5 кВ - для кабелей на напряжение 3,6/6 кВ; - 21 кВ - для кабелей на напряжение 6/10 кВ; - 30,5 кВ - для кабелей на напряжение 8,7/15 кВ; - 42 кВ - для кабелей на напряжение 12/20 кВ; - 71 кВ - для кабелей на напряжение 20,3/35 кВ.
Стойкость кабеля	- К навиванию; - К воздействию солнечного излучения; - К воздействию смазочных масел (кроме кабелей с наружной оболочкой из полиэтилена); - К продольному распространению воды при повреждении наружной оболочки (для герметизированных кабелей); - К воздействию плесневых грибов (для кабелей, предназначенных для применения в макроклиматических районах с тропическим климатом; степень биологического обрастания грибами не более двух баллов по ГОСТ 9.048.).
Кабели выдерживают воздействие импульсного напряжения	- 60 кВ - для кабелей на напряжение 3,6/6 кВ; - 75 кВ - для кабелей на напряжение 6/10 кВ; - 95 кВ - для кабелей на напряжение 8,7/15 кВ; - 125 кВ - для кабелей на напряжение 12/20 кВ; - 190 кВ - для кабелей на напряжение 20,3/35 кВ.

Кабели выдерживают воздействие переменного напряжения частотой 50 Гц в течение 4 ч.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 14,4 кВ - для кабелей на напряжение 3,6/6 кВ;</li> <li>- 24 кВ - для кабелей на напряжение 6/10 кВ;</li> <li>- 34,8 кВ - для кабелей на напряжение 8,7/15 кВ;</li> <li>- 48 кВ - для кабелей на напряжение 12/20 кВ;</li> <li>- 81,2 кВ - для кабелей на напряжение 20,3/35 кВ.</li> </ul>
Испытательное напряжение	<p>Уровень частичных разрядов, измеренный на строительной длине кабелей при переменном напряжении частотой 50 Гц не более 10 пКл.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 7,2 кВ - для кабелей на напряжение 3,6/6 кВ;</li> <li>- 12 кВ - для кабелей на напряжение 6/10 кВ;</li> <li>- 17,4 кВ - для кабелей на напряжение 8,7/15 кВ;</li> <li>- 24 кВ - для кабелей на напряжение 12/20 кВ;</li> <li>- 40,6 кВ - для кабелей на напряжение 20,3/35 кВ.</li> </ul> <p>Значение тангенса угла диэлектрических потерь кабелей, измеренное на образцах при температуре нагрева жилы (95 – 100) °С, не более <math>30 \cdot 10^{-4}</math> при переменном напряжении измерения 2 кВ частотой 50 Гц.</p>
Допустимая температура нагрева токопроводящих жил при эксплуатации кабеля	<ul style="list-style-type: none"> <li>90 °С - длительно допустимая;</li> <li>130 °С - в режиме перегрузки;</li> <li>250 °С - предельная при коротком замыкании;</li> <li>400 °С - по условию не возгорания при коротком замыкании.</li> </ul>
Продолжительность работы кабелей в режиме перегрузки	Не более 8 ч в сутки и не более 1000 ч за срок службы.
Допустимый радиус изгиба при прокладке	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Не менее 12Dн - трехжильных кабелей;</li> <li>- Не менее 15Dн - одножильных кабелей.</li> </ul>
Допускается изгиб кабелей на минимальный радиус	7,5Dн при монтаже кабелей с использованием специального шаблона.
Число изгибов кабеля на угол до 90° на трассах прокладки	Не более 8 на строительную длину.
Прокладка кабелей без предварительного подогрева допускается при температуре окружающей среды	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Не ниже 15 °С – для кабелей с наружной оболочкой из поливинилхлоридного пластика или поливинилхлоридного пластика пониженной горючести, или поливинилхлоридного пластика пониженной пожарной опасности, или полимерной композиции, не содержащей галогенов;</li> <li>- Не ниже 20 °С - для кабелей с наружной оболочкой из полиэтилена.</li> </ul>
Строительная длина	<p>Согласовывается при заказе.</p> <p>Допускаются маломерные отрезки длиной не менее 50 м в количестве не более 5 % от общей длины кабеля в партии.</p>
Гарантийный срок эксплуатации	<p>5 лет.</p> <p>Гарантийный срок исчисляют с даты ввода кабеля в эксплуатацию, но не позднее 6 мес. с даты изготовления.</p>
Срок службы кабелей	<p>30 лет.</p> <p>Срок службы исчисляют с даты ввода кабелей в эксплуатацию.</p>

Dн – фактический наружный диаметр кабеля, мм.

Конструктивные характеристики (наружный диаметр, вес) маркоразмеров кабелей предоставляются по запросу.





8-800-7000-100



[hka@holdcable.com](mailto:hka@holdcable.com)



[www.holdcable.com](http://www.holdcable.com)