

Кабели силовые с экструдированной изоляцией и
кабельная арматура на номинальное напряжение
от 1 кВ ($U_m=1,2$ кВ) до 30 кВ ($U_m=36$ кВ)

Часть 2

**КАБЕЛИ НА НОМИНАЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ
от 6 кВ ($U_m=7,2$ кВ) до 30 кВ ($U_m=36$ кВ)**

Кабелі сілавыя з экструдыраванай ізаляцыяй і
кабельная арматура на намінальнае напружанне
ад 1 кВ ($U_m=1,2$ кВ) да 30 кВ ($U_m=36$ кВ)

Частка 2

**КАБЕЛІ НА НАМІНАЛЬНАЕ НАПРУЖАННЕ
ад 6 кВ ($U_m=7,2$ кВ) да 30 кВ ($U_m=36$ кВ)**

(IEC 60502-2:2005, IDT)

Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его утверждения



Ключевые слова: кабели силовые, экструдированная изоляция, номинальное напряжение

Предисловие

Цели, основные принципы, положения по государственному регулированию и управлению в области технического нормирования и стандартизации установлены Законом Республики Беларусь «О техническом нормировании и стандартизации».

1 ПОДГОТОВЛЕН научно-производственным республиканским унитарным предприятием «Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации» (БелГИСС) ВНЕСЕН Госстандартом Республики Беларусь

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ постановлением Госстандарта Республики Беларусь от №

3 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту IEC 60502-2:2005 Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) up to 30 kV ($U_m = 36$ kV) - Part 2: Cables for rated voltages from 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) up to 30 kV ($U_m = 36$ kV) (IEC 60502-2:2005 «Кабели силовые с экструдированной изоляцией и кабельная арматура на номинальное напряжение от 1 кВ ($U_m = 1,2$ кВ) до 30 кВ ($U_m = 36$ кВ)). Часть 2. Кабели на номинальное напряжение от 6 кВ ($U_m = 7,2$ кВ) до 30 кВ ($U_m = 36$ кВ)).

Международный стандарт разработан техническим подкомитетом по стандартизации IEC/TC 20/SC 20B «Низковольтные кабели» Международной электротехнической комиссии (IEC).

Перевод с английского языка (en).

Официальные экземпляры международного стандарта, на основе которого подготовлен настоящий государственный стандарт, и международных стандартов, на которые даны ссылки, имеются в Национальном фонде ТНПА.

Степень соответствия – идентичная (IDT)

4 Настоящий стандарт взаимосвязан с техническим регламентом ТР 2007/001/ВУ «Низковольтное оборудование. Безопасность» и реализует его существенные требования безопасности.

Соответствие взаимосвязанному государственному стандарту обеспечивает выполнение существенных требований безопасности технического регламента ТР 2007/001/ВУ «Низковольтное оборудование. Безопасность».

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Настоящий стандарт не может быть воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Госстандарта Республики Беларусь

Издан на русском языке

Содержание

1	Область применения	
2	Нормативные ссылки	
3	Термины и определения	
3.1	Определение размерных величин (толщина, поперечные сечения и т.д.)	
3.2	Определения, относящиеся к испытаниям	
4	Обозначения напряжения и материалы	
4.1	Номинальные напряжения	
4.2	Компаунды для изоляции	
4.3	Компаунды для оболочки	
5	Проводники	
6	Изоляция	
6.1	Материал	
6.2	Толщина изоляции	
7	Экранирование	
7.1	Экран вокруг проводника	
7.2	Экран вокруг изоляции	
8	Конструкция трехжильных кабелей, внутренние покрытия кабелей и наполнитель	
8.1	Внутренние покрытия и наполнитель	
8.2	Кабели, имеющие общий металлический слой (см. раздел 9)	
8.3	Кабели, имеющие металлический слой на каждой отдельной жиле (см. раздел 10)	
9	Металлические слои для одножильных и трехжильных кабелей	
10	Металлический экран	
10.1	Конструкция	
10.2	Требования	
10.3	Металлические экраны, не связанные с полупроводящими слоями	
11	Концентрический проводник	
11.1	Конструкция	
11.2	Требования	
11.3	Применение	
12	Металлическая оболочка	
12.1	Свинцовая оболочка	
12.2	Другие металлические оболочки	
13	Металлическая кабельная броня	
13.1	Типы металлической брони	
13.2	Материалы	
13.3	Применение брони	
13.4	Размеры брони, выполненной из проволок и лент	
13.5	Соотношение диаметров кабеля с размерами брони	
13.6	Броня, выполненная из круглой проволоки или проволоки прямоугольного сечения	
13.7	Ленточная двойная кабельная броня	
14	Наружная оболочка	
14.1	Общие положения	
14.2	Материал	
14.3	Толщина	
15	Условия испытания	
15.1	Температура окружающей среды	
15.2	Частота и форма сигнала при испытании переменным напряжением	
15.3	Форма сигнала при испытании импульсным напряжением	
16	Стандартные испытания	
16.1	Общие положения	
16.2	Электрическое сопротивление проводников	
16.3	Измерение частичных разрядов	
16.4	Испытания напряжением	
17	Выборочные испытания	
17.1	Общие положения	

17.2	Объем выборки для испытаний	
17.3	Повторные испытания.....	
17.4	Контроль проводника	
17.5	Измерение толщины изоляции и неметаллических оболочек (включая разделительные оболочки, наложенные методом экструзии, но исключая экструдированное внутреннее покрытие)	
17.6	Измерение толщины свинцовой оболочки.....	
17.7	Измерение размеров брони, выполненной из проволок и лент.....	
17.8	Измерение наружного диаметра.....	
17.9	Испытания напряжением в течении 4 ч.....	
17.10	Испытание изоляции из этиленпропиленового каучука EPR, высокомодульного или высокоэластичного этиленпропиленового компаунда HEPR, изоляции из сшитого полиэтилена XLPE и эластомерных оболочек на тепловую деформацию	
18	Электрические испытания типа	
18.1	Кабели с экраном вокруг проводника и экраном вокруг изоляции.....	
18.2	Кабели на номинальное напряжение 3,6/6 (7,2) кВ с незэкранированной изоляцией	
19	Неэлектрические испытания типа	
19.1	Измерение толщины изоляции	
19.2	Измерение толщины неметаллических оболочек (включая разделительные оболочки, выполненные методом экструзии, но исключая экструдированное внутреннее покрытие)	
19.3	Испытания по определению механических свойств изоляции до и после старения.....	
19.4	Испытания по определению механических свойств неметаллических оболочек до и после старения	
19.5	Дополнительные испытания на старение на отрезках готовых кабелей	
19.6	Испытание на потерю массы для оболочек из поливинилхлорида типа ST ₂	
19.7	Испытание по давлению при высокой температуре для изоляции и неметаллических оболочек	
19.8	Испытание изоляции и оболочек из поливинилхлорида при низкой температуре	
19.9	Испытание на стойкость изоляции и оболочки из поливинилхлорида к растрескиванию (испытание на тепловой удар).....	
19.10	Испытание на озоностойкость изоляции, выполненной из этиленпропиленового компаунда (EPR и HEPR).....	
19.11	Испытание под нагрузкой для изоляции, выполненной из этиленпропиленового компаунда (EPR и HEPR) и изоляции из сшитого полиэтилена (XLPE), и эластомерных оболочек.....	
19.12	Испытание на маслостойкость эластомерных оболочек.....	
19.13	Испытание изоляции на водопоглощение	
19.14	Испытание по определению предела распространения горения одиночного кабеля.....	
19.15	Измерение содержания сажи в наружной оболочке, выполненной из полиэтилена (PE) черного цвета	
19.16	Испытание на усадку изоляции, выполненной из сшитого полиэтилена (XLPE)	
19.17	Испытание на термическую стойкость изоляции, выполненной из поливинилхлорида.....	
19.18	Определение твердости изоляции, выполненной из этиленпропиленового компаунда.....	
19.19	Определение модуля упругости изоляции, выполненной из твердого этиленпропиленового компаунда (HEPR).....	
19.20	Испытание на усадку полиэтиленовой наружной оболочки	
19.21	Испытание на снятие экрана вокруг изоляции	
19.22	Испытание на проникновение воды.....	
20	Электрические испытания после монтажа	
20.1	Испытание наружной оболочки напряжением постоянного тока.....	
20.2	Испытание изоляции	
	Приложение А (обязательное) Метод приблизительного расчета размеров защитных покрытий..	
	Приложение В (справочное) Постоянные номинальные токи для кабелей с изоляцией, выполненной методом экструзии и номинальным напряжением от 3,6/6 кВ до 18/30 кВ, сведенные в таблицу	
	Приложение С (обязательное) Округление чисел.....	
	Приложение D (обязательное) Метод измерения электрического удельного	

сопротивления полупроводящих экранов

Приложение Е (обязательное) Определение твердости изоляции, выполненной из этиленпропиленового компаунда (HEPR).....

Приложение F (обязательное) Испытание на проникновение воды

Приложение Д.А (справочное) Сведения о соответствии государственных стандартов ссылочным международным стандартам

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Кабели силовые с экструдированной изоляцией и кабельная арматура на номинальное напряжение от 1 кВ ($U_m=1,2$ кВ) до 30 кВ ($U_m=36$ кВ)

Часть 2

Кабели на номинальное напряжение от 6 кВ ($U_m=7,2$ кВ) до 30 кВ ($U_m=36$ кВ)

Кабелі сілавыя з экструдыраванай ізаляцыяй і кабельная арматура на намінальнае напружанне ад 1 кВ ($U_m=1,2$ кВ) да 30 кВ ($U_m=36$ кВ)

Частка 2

Кабелі на намінальнае напружанне ад 6 кВ ($U_m=7,2$ кВ) да 30 кВ ($U_m=36$ кВ)

Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) up to 30 kV ($U_m = 36$ kV) - Part 2: Cables for rated voltages from 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) up to 30 kV ($U_m = 36$ kV)

Дата введения**1 Область применения**

Настоящая часть стандарта IEC 60502 устанавливает требования к конструкции, размерам и испытаниям силовых кабелей с экструдированной сплошной изоляцией от 6 кВ до 30 кВ для таких стационарных установок, как распределительные сети или промышленные установки.

При определении области применения рекомендуется учитывать возможный риск радиального проникновения воды. В данный стандарт также включены конструкции кабелей с барьерами, предназначенные для предотвращения продольного проникновения воды и связанные с ними испытания.

Настоящий стандарт не распространяется на кабели для специальных условий и условий эксплуатации, например, кабели для воздушных сетей, для горной промышленности, атомных электростанций (в загрязненной зоне и вблизи нее), а также для использования на подводных лодках или морских судах.

2 Нормативные ссылки

Для применения настоящего стандарта необходимы следующие ссылочные стандарты. Для недатированных ссылок применяют последнее издание ссылочного стандарта (включая все его изменения).

IEC 60038:2009 Стандартные напряжения, рекомендуемые IEC

IEC 60060-1:2010 Методы испытаний высоким напряжением. Часть 1. Общие определения и требования к испытаниям

IEC 60183:1984 Руководство по выбору высоковольтных кабелей

IEC 60228:2004 Проводники изолированных кабелей

IEC 60229:2007 Кабели электрические. Испытания внешних экструдированных оболочек, выполняющих специальную защитную функцию

IEC 60230:1966 Импульсные испытания кабелей и их арматуры

IEC 60332-1-2 Общие методы испытаний материалов для изоляции и оболочек электрических и оптических кабелей. Часть 1-2. Испытание на нераспространение горения одиночного вертикально расположенного изолированного провода или кабеля. Проведение испытания при воздействии пламенем газовой горелки мощностью 1 кВт с предварительным смещением газов

IEC 60811-1-1:2001 Общие методы испытаний материалов для изоляции и оболочек электрических и оптических кабелей. Часть 1-1. Методы общего применения. Измерение толщины и наружных размеров. Испытания для определения механических свойств

IEC 60811-1-2:2001 Испытания электрических и оптических кабелей в условиях воздействия пламени. Часть 1. Методы общего применения. Методы теплового старения

IEC 60811-1-3 Общие методы испытаний материалов изоляции и оболочек электрических и оптических кабелей. Часть 1-3. Общее применение. Методы определения плотности. Испытания на водопоглощение. Испытание на усадку

IEC 60811-1-4:2001 Общие методы испытаний материалов для изоляции и оболочек электриче-

СТБ ІЕС 60502-2/ПР_1

ских и оптических кабелей. Часть 1-4. Методы общего применения. Испытания при низкой температуре

ІЕС 60811-2-1 Общие методы испытаний материалов изоляции и оболочек электрических и оптических кабелей. Часть 2-1. Специальные методы испытаний эластомерных композиций. Испытания на озоностойкость, тепловую деформацию и маслостойкость

ІЕС 60811-3-1:2001 Материалы для изоляции и оболочек электрических и оптических кабелей. Общие методы испытаний. Часть 3-1. Специальные методы испытаний поливинилхлоридных компаундов. Испытание давлением при высокой температуре. Испытание на стойкость к растрескиванию

ІЕС 60811-3-2:2001 Материалы для изоляции и оболочек электрических и оптических кабелей. Общие методы испытаний. Часть 3-2. Специальные методы испытаний поливинилхлоридных компаундов. Испытание на потерю массы. Испытание на термостабильность

ІЕС 60811-4-1:2004 Материалы для изоляции и оболочек электрических и оптических кабелей. Общие методы испытаний. Часть 4-1. Специальные методы для полиэтиленовых и полипропиленовых компаундов. Стойкость к растрескиванию при атмосферном воздействии. Определение показателя текучести расплава. Определение содержания сажи и/или минеральной прокладки в полиэтилене путем непосредственного сжигания. Определение содержания сажи посредством термогравиметрического анализа (TGA). Оценка дисперсии углеродной сажи в полиэтилене с применением микроскопа

ІЕС 60885-3:1988 Методы электрических испытаний электрокабелей. Часть 3. Методы испытаний по определению частичных разрядов по длине формованных силовых кабелей

ІЕС 60986:2008 Температурные пределы короткого замыкания электрических кабелей на номинальные напряжения от 6 кВ ($U_m = 7,2$ кВ) до 30 кВ ($U_m = 36$ кВ)

ISO 48:2010 Резина вулканизированная или термопластичная. Определение твердости (твердость от 10 IRHD до 100 IRHD)

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применяют следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 Определение размерных величин (толщина, поперечные сечения и т.д.)

3.1.1 номинальное значение (nominal value): Значение параметра, которое установлено количественно и которое часто используется в таблицах

Примечание – Как правило, установленные в настоящем стандарте номинальные значения, это значения, которые проверяют измерениями, принимая во внимание заданные предельные отклонения.

3.1.2 приближенное значение (approximate value): Значение параметра, которое не гарантируется и не проверяется; и которое используется, например, для расчета других размерных величин

3.1.3 медианное значение (median value): Значение параметра, которое находится в середине ряда результатов испытаний, расположенных в порядке возрастания или убывания числовых значений, если их число нечетное, или является среднеарифметическим двух значений, находящихся в середине ряда, если число результатов испытаний четное

3.1.4 фиктивное значение (fictitious value): Значение параметра, рассчитанное в соответствии с методом приблизительного расчета, описанным в Приложении А

3.2 Определения, относящиеся к испытаниям

3.2.1 стандартные испытания (routine tests): Испытания, проводимые изготовителем на каждой строительной длине кабеля, чтобы проверить ее соответствие установленным требованиям

3.2.2 выборочные испытания (sample test): Испытания, проводимые изготовителем на образцах кабеля со сплошной изоляцией или элементах кабеля с установленной периодичностью с целью подтверждения соответствия готовой продукции установленным требованиям

3.2.3 испытания типа (type test): Испытания, проводимые до поставки на общей коммерческой основе типа кабеля, на который распространяется настоящий стандарт, с целью подтверждения удовлетворительных эксплуатационных характеристик кабеля при использовании его по назначению

Примечание – Эти испытания таковы, что после их проведения нет необходимости повторять их снова, если только материалы, конструкция или технологический процесс, которые могут изменить эксплуатационные характеристики, не изменяются.

3.2.4 электрические испытания после монтажа (electrical test after installation): Испытания, проводимые с целью подтверждения целостности кабеля и его арматуры после монтажа.

4 Обозначения напряжения и материалы

4.1 Номинальные напряжения

В настоящем стандарте рассматриваются следующие номинальные напряжения $U_0/U(U_m)$:

$$U_0/U(U_m) = 3,6/6 (7,2) - 6/10 (12) - 8,7/15 (17,5) - 12/20 (24) - 18/30 (36) \text{ кВ.}$$

Примечание 1 – Указанные выше значения напряжения являются общепринятыми, хотя в некоторых странах используются другие значения, например: 3,5/6 – 5,8/10 – 11,5/20 – 17,3/30 кВ.

В обозначении напряжения кабелей $U_0/U(U_m)$:

U_0 – номинальное напряжение частоты сети между проводником и «землей» или металлическим экраном, на которое рассчитан кабель;

U – номинальное напряжение частоты сети между проводниками, на которое рассчитан кабель;

U_m – максимальное значение из «наибольших напряжений сети», в которых может использоваться оборудование (см. IEC 60038).

Кабели на номинальное напряжение, входящие в область применения настоящего стандарта, должны соответствовать условиям эксплуатации сети, в которой используется кабель. Для облегчения выбора кабеля сети подразделяют на три категории:

- категория А: эта категория включает те сети, в которых любой фазовый провод, который подсоединен к «земле» или проводу заземления, отсоединяется от сети в течение 1 мин;

- категория В: эта категория включает те сети, которые в условиях неисправности функционируют в течение короткого времени с одной заземленной фазой. Согласно IEC 60183 это время не должно превышать 1 ч. Для кабелей, на которые распространяется настоящий стандарт, допускается более длительное время, в любом случае не превышающее 8 ч. Общая продолжительность замыкания на землю в течение года не должна превышать 125 ч;

- категория С: эта категория включает все сети, которые не подпадают под категорию А или В.

Примечание 2 – Необходимо знать, что в сетях, в которых при замыкании на землю отсутствует автоматическое и своевременное отключение, возникающие чрезмерные нагрузки на изоляцию кабелей во время замыкания на землю снижают срок службы кабелей в известной мере. Если предположить, что сеть будет нормально функционировать с систематическим замыканием на землю, то сеть рекомендуется классифицировать, как относящуюся к категории С.

В Таблице 1 перечислены значения U_0 , рекомендуемые для кабелей, предназначенных для использования в трехфазных сетях.

Таблица 1 – Рекомендуемые значения номинального напряжения U_0

Наибольшее напряжение сети (U_m), кВ	Номинальное напряжение (U_0), кВ	
	Категория А и В	Категория С
7,2	3,6	6,0
12,0	6,0	8,7
17,5	8,7	12,0
24,0	12,0	18,0
36,0	18,0	-

4.2 Компаунды для изоляции

Типы компаунда для изоляции, на которые распространяется настоящий стандарт, указаны в таблице 2 вместе с их сокращенными обозначениями.

Таблица 2 – Компаунды для изоляции

Компаунд для изоляции	Сокращенное обозначение
а) <i>Термопластичные материалы</i> - поливинилхлорид для кабелей на номинальное напряжение $U_0/U = 3,6/6$ кВ	PVC/B*
б) <i>Термоусаживаемые материалы:</i> - этиленпропиленовый каучук или аналогичный материал (EPM или EPDM) - высокомодульный или высокосортный этиленпропиленовый каучук - сшитый полиэтилен	EPR HEPR XLPE

* Для кабелей на номинальное напряжение $U_0/U \leq 1,8/3$ кВ компаунд для изоляции, в котором основным материалом является поливинилхлорид, обозначают как PVC/A в IEC 60502-1.

Максимальная температура нагрева проводника с изоляцией из различных типов компаунда, на которые распространяется настоящий стандарт, указана в таблице 3.

Таблица 3 – Максимальная температура нагрева проводника с изоляцией из различных типов

компаунда

Компаунд для изоляции	Максимальная температура нагрева проводника, °С	
	Нормальная эксплуатация	Короткое замыкание (продолжительность не более 5 с)
Поливинилхлорид (PVC/B) - проводник с поперечным сечением ≤ 300 мм ² - проводник с поперечным сечением >300 мм ²	70 70	160 140
Сшитый полиэтилен (XLPE)	90	250
Этиленпропиленовый каучук (EPR или NEPR)	90	250

Температуры, указанные в Таблице 3 основаны на свойствах, присущих изоляционным материалам. При использовании этих значений для расчета номинального тока важно учитывать другие факторы.

Например, если при нормальной эксплуатации кабель проложен непосредственно в грунте и эксплуатируется при непрерывной нагрузке (коэффициент нагрузки 100 %) при максимальной температуре проводника, указанной в таблице, то в результате процессов осушения термическое удельное сопротивление грунта вокруг кабеля может с течением времени повышаться от его первоначального значения. Как следствие, температура проводника может значительно превысить максимальное значение. Если такие эксплуатационные условия прогнозируются, то необходимо проводить соответствующие меры.

Применяя значения номинальных токов необходимо делать ссылку на приложение В.

Применяя значения температуры короткого замыкания необходимо делать ссылку на IEC 60986.

4.3 Компаунды для оболочки

Максимальная температура нагрева проводника с оболочкой из различных типов компаунда, на которые распространяется настоящий стандарт, указана в таблице 4.

Таблица 4 – Максимальная температура нагрева проводника с оболочкой из различных типов компаунда

Компаунд для оболочки	Сокращенное название	Максимальная температура нагрева проводника при нормальной эксплуатации, °С
<i>Термопластичные материалы:</i>		
- поливинилхлорид (PVC)	ST ₁	80
	ST ₂	90
- полиэтилен	ST ₃	80
	ST ₇	90
<i>Эластомеры:</i>		
- полипропилен, хлорсульфированный полиэтилен или аналогичные полимеры	SE ₁	85

5 Проводники

Используют проводники либо класса 1, либо класса 2, изготовленные из медной проволоки или отожженной медной проволоки с металлическим покрытием, алюминиевой проволоки или из алюминиевого сплава в соответствии с IEC 60228. Для проводников класса 2 необходимо предпринимать меры для обеспечения продольной водонепроницаемости.

6 Изоляция**6.1 Материал**

Изоляция должна быть наложена методом экструзии из диэлектрического материала, одного из типов, перечисленных в таблице 2.

6.2 Толщина изоляции

Номинальное значение толщины изоляции указано в таблицах 5 – 7.

Толщина любого разделительного слоя или полупроводящего экрана на проводнике или поверх

изоляция не должна включаться в толщину изоляции.

Таблица 5 – Номинальное значение толщины изоляции PVC/B

Номинальное значение площади поперечного сечения проводника, мм ²	Номинальное значение толщины изоляции, мм, при номинальном напряжении 3,6/6 (7,2) кВ
10 – 1600	3,4
<p>Примечание 1 – Не рекомендуется использовать проводники с поперечным сечением, значение которого меньше сечения, указанного в данной таблице. Тем не менее, если необходимо использовать меньшее поперечное сечение, то можно увеличить, либо диаметр проводника за счет экрана (см. 7.1), либо толщину изоляции, с тем, чтобы ограничить, при значениях, рассчитанных с проводником наименьшего размера, и приведенных в настоящей таблице, максимальные электрические нагрузки, прикладываемые к изоляции под испытательным напряжением.</p> <p>Примечание 2 – Для проводников с поперечным сечением более 1000 мм² толщина изоляции может быть увеличена, чтобы избежать какого-либо механического повреждения во время монтажа или технического обслуживания.</p>	

Таблица 6 – Номинальное значение толщины изоляции из сшитого полиэтилена (XLPE)

Номинальное значение поперечного сечения проводника, мм ²	Номинальное значение толщины изоляции, мм, в зависимости от номинального напряжения, $U_0/U(U_m)$				
	3,6/6 (7,2) кВ	6/10 (12) кВ	8,7/15 (17,5) кВ	12/20 (24) кВ	18/30 (36) кВ
10	2,5	-	-	-	-
16	2,5	3,4	-	-	-
25	2,5	3,4	4,5	-	-
35	2,5	3,4	4,5	5,5	-
50-185	2,5	3,4	4,5	5,5	8,0
240	2,6	3,4	4,5	5,5	8,0
300	2,8	3,4	4,5	5,5	8,0
400	3,0	3,4	4,5	5,5	8,0
500-1600	3,2	3,4	4,5	5,5	8,0
<p>Примечание 1 – Не рекомендуется использовать проводники с поперечным сечением, значение которого меньше сечения, указанного в данной таблице. Тем не менее, если необходимо использовать меньшее поперечное сечение, то можно увеличить, либо диаметр проводника за счет экрана (см. 7.1), либо толщину изоляции, с тем, чтобы ограничить, при значениях, рассчитанных с проводником наименьшего размера, и приведенных в настоящей таблице, максимальные электрические нагрузки, прикладываемые к изоляции под испытательным напряжением.</p> <p>Примечание 2 – Для проводников с поперечным сечением более 1000 мм² толщина изоляции может быть увеличена, чтобы избежать какого-либо механического повреждения во время монтажа или технического обслуживания.</p>					

Таблица 7 – Номинальное значение толщины изоляции из этиленпропиленового каучука (EPR) и твердого этиленпропиленового каучука (HEPR)

Номинальное поперечное сечение проводника, мм ²	Номинальное значение толщины изоляции, мм, в зависимости от номинального напряжения, $U_0/U(U_m)$					
	3,6/6 (7,2) кВ		6/10 (12) кВ	8,7/15 (17,5) кВ	12/20 (24) кВ	18/30(36) кВ
	Неэкранированный	Экранированный				
10	3,0	2,5	-	-	-	-
16	3,0	2,5	3,4	-	-	-
25	3,0	2,5	3,4	4,5	-	-
35	3,0	2,5	3,4	4,5	5,5	-
50-185	3,0	2,5	3,4	4,5	5,5	8,0
240	3,0	2,6	3,4	4,5	5,5	8,0
300	3,0	2,8	3,4	4,5	5,5	8,0
400	3,0	3,0	3,4	4,5	5,5	8,0
500-1600	3,2	3,2	3,4	4,5	5,5	8,0

Примечание 1 – Не рекомендуется использовать проводники с поперечным сечением, значение которого меньше сечения, указанного в данной таблице. Тем не менее, если необходимо использовать меньшее поперечное сечение, то можно увеличить, либо диаметр проводника за счет экрана (см. 7.1), либо толщину изоляции, с тем, чтобы ограничить, при значениях, рассчитанных с проводником наименьшего размера, и приведенных в настоящей таблице, максимальные электрические нагрузки, прикладываемые к изоляции под испытательным напряжением.

Примечание 2 – Для проводников с поперечным сечением более 1000 мм² толщина изоляции может быть увеличена, чтобы избежать какого-либо механического повреждения во время монтажа или технического обслуживания.

7 Экранирование

Кабели должны иметь металлический слой вокруг всех жил или на каждой в отдельности.

Экранирование отдельных жил в одно- или трехжильных кабелях, при необходимости, должно состоять из экрана вокруг проводника и экрана вокруг изоляции. Экранирование применяется во всех кабелях со следующими исключениями:

а) кабели с изоляцией из этиленпропиленового каучука (EPR) и твердого этиленпропиленового каучука (HEPR) на номинальное напряжение 3,6/6 (7,2) кВ могут быть неэкранированными, при условии использования изоляции большей толщины (см. таблицу 7);

б) кабели с изоляцией из поливинилхлорида на номинальное напряжение 3,6/6 (7,2) кВ должны быть неэкранированными.

7.1 Экран вокруг проводника

Экран вокруг проводника должен быть неметаллическим и быть выполнен экструдированного полупроводящего компаунда, который может быть расположен поверх полупроводящей ленты. Экструдированный полупроводящий компаунд должен быть прочно прикреплен к изоляции.

7.2 Экран вокруг изоляции

Экран вокруг изоляции должен состоять из неметаллического полупроводящего слоя в сочетании с металлическим слоем.

Неметаллический слой должен быть выполнен методом экструзии непосредственно вокруг изоляции каждой жилы, и состоять из неснимаемого, либо из снимаемого полупроводящего компаунда.

Слой полупроводящей ленты или компаунда может быть нанесен поверх отдельных жил или жил в сборе.

Металлический слой накладывают поверх как отдельных жил, так и жил в сборе, и он должен отвечать требованиям раздела 10.

8 Конструкция трехжильных кабелей, внутренние покрытия и наполнитель

Конструкция трехжильных кабелей зависит от номинального напряжения и от того, применяется ли для каждой жилы металлический экран.

Подразделы 8.1 – 8.3 не применяют к конструкциям одножильных кабелей с оболочкой.

8.1 Внутренние покрытия и наполнитель

8.1.1 Конструкция

Внутренние покрытия могут быть наложенными методом экструзии или уложенными с перекры-

тием.

Для кабелей с круглыми жилами внутреннее покрытие, уложенное с перекрытием, допускается использовать только, если промежутки между жилами заполнены должным образом.

Допускается применение соответствующего связующего вещества перед нанесением экструдированного внутреннего покрытия.

8.1.2 Материал

Материалы, используемые для внутренних покрытий, и наполнитель должны соответствовать рабочей температуре кабеля и быть совместимыми с изоляционным материалом.

8.1.3 Толщина внутреннего покрытия, наложенного методом экструзии

Ориентировочное значение толщины внутреннего покрытия, наложенного методом экструзии, приведено в таблице 8.

Таблица 8 – Толщина внутреннего покрытия, наложенного методом экструзии

Фиктивное значение диаметра по скрутке жил, мм		Ориентировочное значение толщины внутреннего покрытия, наложенного методом экструзии, мм
Свыше	До и включительно	
-	25	1,0
25	35	1,2
35	45	1,4
45	60	1,6
60	80	1,8
80	-	2,0

8.1.4 Толщина внутреннего защитного покрытия, уложенного с перекрытием

Ориентировочное значение толщины внутренних покрытий, уложенных с перекрытием, для фиктивных значений диаметров по скрутке жил до 40 мм включительно должно быть 0,4 мм; для больших значений диаметров — 0,6 мм.

8.2 Кабели, имеющие общий металлический слой (см. раздел 9)

Кабели должны иметь внутреннее покрытие по скрутке жил. Внутреннее покрытие и наполнитель должны соответствовать 8.1 и должны быть негигроскопичными, за исключением случая, когда заявляют о защите кабеля от продольного проникновения воды.

Для кабелей, имеющих полупроводящий экран поверх каждой отдельной жилы и общий металлический слой, внутреннее покрытие должно быть полупроводящим; наполнитель может быть полупроводящим.

8.3 Кабели, имеющие металлический слой на каждой отдельной жиле (см. раздел 10)

Металлические слои отдельных жил должны соприкасаться друг с другом.

Кабели с дополнительным общим металлическим слоем (см. раздел 9) из такого же материала, как и основные отдельные металлические слои должны иметь внутреннее покрытие по скрутке жил. Внутренний слой и наполнитель должны соответствовать 8.1 и должны быть негигроскопичными, за исключением случая, когда заявляют о защите кабеля от продольного проникновения воды. Внутреннее покрытие и наполнитель могут быть полупроводящими.

Если лежащие в основе отдельные внутренние металлические слои и общий металлический слой изготовлены из различных материалов, они должны быть отделены экструдированной оболочкой из одного из материалов, указанных в 14.2. Для кабелей со свинцовой оболочкой отделение от основных одиночных металлических слоев может быть достигнуто посредством внутреннего покрытия в соответствии с 8.1.

Для кабелей без общего металлического слоя (см. раздел 9) внутреннее покрытие можно не использовать при условии, что внешняя форма кабеля остается практически круглой.

9 Металлические слои для одножильных и трехжильных кабелей

В настоящем стандарте рассматриваются следующие типы металлических слоев:

- металлический экран (см. раздел 10);
- концентрический проводник (см. раздел 11);
- металлическая оболочка (см. раздел 12);
- металлическая кабельная броня (см. раздел 13).

Металлический(е) слой(и) должен(ы) быть выполнен(ы) в виде одного или нескольких вышеперечисленных типов слоев и должны быть немагнитными при наложении либо на одножильные кабели, либо на отдельные жилы многожильных кабелей.

Для достижения продольной водонепроницаемости в зоне металлических слоев необходимо предпринимать определенные меры.

10 Металлический экран

10.1 Конструкция

Металлический экран должен состоять из одной или нескольких лент или быть выполнен в виде оплетки или концентрического слоя проволок или в сочетании проволок и ленты(т).

Металлическим экраном также может быть кабельная оболочка или в случае общего экрана кабельная броня, которые должны соответствовать 10.2.

Для обеспечения механической и электрической безопасности кабелей особое внимание при выборе материала экрана необходимо уделить его устойчивости к коррозии.

Зазоры в экране должны отвечать требованиям национальных технических условий и/или стандартов.

10.2 Требования

Требования к размерам, физические и электрические характеристики металлического экрана должны быть установлены в национальных технических условиях и/или стандартах.

10.3 Металлические экраны, не связанные с полупроводящими слоями

Если металлические экраны используются при номинальном напряжении 3,6/6 (7,2) кВ с изоляцией из поливинилхлорида, этиленпропиленового каучука (EPR) и твердого этиленпропиленового каучука (HEPR), то в них не должны использоваться полупроводящие слои.

11 Концентрический проводник

11.1 Конструкция

Промежутки при наложении концентрического проводника должны соответствовать требованиям национальных технических условий и/или стандартов.

Для обеспечения механической и электрической безопасности кабелей особое внимание при выборе материала концентрического проводника необходимо уделить его устойчивости к коррозии.

11.2 Требования

Требования к размерам, физические и электрические характеристики концентрического проводника должны быть установлены в национальных технических условиях и/или стандартах.

11.3 Применение

При применении в кабелях концентрического проводника его накладывают поверх внутреннего покрытия в многожильных кабелях; в одножильных кабелях его накладывают либо непосредственно на изоляцию, либо на соответствующее внутреннее покрытие.

12 Металлическая оболочка

12.1 Свинцовая оболочка

Оболочка должна быть изготовлена из свинца или свинцового сплава, достаточно плотно пригнанная в виде бесшовной (цельнотянутой) трубки.

Номинальную толщину рассчитывают по следующей формуле:

а) для одножильных кабелей или их сборок:

$$t_{pb} = 0,03 D_g + 0,8$$

б) для кабелей с токопроводящими жилами секторного сечения до 8,7/15 кВ включительно:

$$t_{pb} = 0,03 D_g + 0,6$$

с) для других кабелей:

$$t_{pb} = 0,03 D_g + 0,7,$$

где

t_{pb} – номинальная толщина свинцовой оболочки, мм;

D_g – фиктивный диаметр под свинцовой оболочкой, мм (округленный до первого десятичного разряда в соответствии с приложением С).

Во всех случаях наименьшая номинальная толщина должна быть 1,2 мм. Рассчитанные значения округляют до первого десятичного разряда (см. приложение С).

12.2 Другие металлические оболочки

На стадии рассмотрения.

13 Металлическая кабельная броня

13.1 Типы металлической брони

Настоящий стандарт распространяется на следующие типы кабельной брони:

- кабельная броня из проволоки прямоугольного сечения;
- кабельная броня из круглой проволоки;
- ленточная двойная кабельная броня.

13.2 Материалы

Круглая проволока или проволока прямоугольного сечения должны быть изготовлены из оцинкованной стали, меди или луженой меди, алюминия или алюминиевого сплава.

Ленты должны быть изготовлены из оцинкованной стали, алюминия или алюминиевого сплава. Стальные ленты должны быть изготовлены из стального горячекатаного или холоднокатаного проката обыкновенного качества.

Для обеспечения минимальной электрической проводимости брони, выполненной из стальной проволоки, в нее допускается включать соответствующие медные проволоки или медные луженые проволоки.

Для обеспечения механической и электрической безопасности кабелей особое внимание при выборе материала брони необходимо уделить устойчивости брони к коррозии, особенно если броня служит в качестве общего экрана.

В одножильных кабелях, применяемых в сетях переменного тока, броня должна быть из немагнитного материала, если конструкцией кабелей не предусмотрено иное.

13.3 Применение брони

13.3.1 Одножильные кабели

В одножильных кабелях внутреннее покрытие, выполненное методом экструзии или уложенное с перекрытием, толщиной, указанной в 8.1.3 или 8.1.4, при отсутствии экрана наносят под кабельной броней.

13.3.2 Трехжильные кабели

Если в трехжильных кабелях применяют броню, то ее наносят на внутреннее покрытие в соответствии с 8.1.

13.3.3 Разделительная оболочка

Если нижележащий металлический слой и броня изготовлены из различных материалов, они должны быть разделены экструдированной оболочкой из одного из указанных в 14.2 материалов.

Если в кабелях со свинцовой оболочкой применяют броню, то ее накладывают поверх разделительной оболочки или с перекрытием на подушку в соответствии

Если применяется разделительная оболочка, ее накладывают под броней вместо внутреннего покрытия или одновременно с ним.

Разделительная оболочка не требуется, если были предприняты определенные меры для продольной водонепроницаемости в зоне металлических слоев.

Номинальную толщину разделительной оболочки T_s , мм, рассчитывают по следующей формуле:

$$T_s = 0,02 D_u + 0,6,$$

где D_u – фиктивный диаметр под разделительной оболочкой, мм, рассчитанный как указано в приложении А.

Полученное по формуле значение округляют с точностью до 0,1 мм (см. приложение С).

В кабелях без свинцовой оболочки номинальная толщина кабельной оболочки должна быть не менее 1,2 мм. Номинальная толщина разделительной оболочки в кабелях, в которых она накладывается непосредственно поверх свинцовой оболочки, должна быть не менее 1,0 мм.

13.3.4 Изоляционная подушка под броней в кабелях со свинцовой оболочкой

Изоляционная подушка, применяемая в кабелях со свинцовой оболочкой, покрытых компаундом, должна состоять либо из пропитанных и компаундированных бумажных лент либо комбинации двух слоев пропитанных и компаундированных бумажных лент, на которые наносят один или несколько слоев компаундированного волокнистого материала.

Пропитку материалов подушки осуществляют с использованием битумных или других предохраняющих составов. В случае проволочной брони эти компаунды не должны применяться непосредственно под проволокой.

Вместо пропитанных бумажных лент могут применяться синтетические ленты.

Общая толщина изоляционной подушки между свинцовой оболочкой и броней после нанесения брони должна составлять приблизительно 1,5 мм.

13.4 Размеры брони, выполненной из проволок и лент

Номинальные размеры брони, выполненной из проволок и лент, должны соответствовать одному из следующих значений:

круглая проволока: 0,8 – 1,25 – 1,6 – 2,0 – 2,5 – 3,15 мм в диаметре;

СТБ ІЕС 60502-2/ПР_1

проволока прямоугольного сечения: толщиной 0,8 мм;

стальные ленты: толщиной 0,2 – 0,5 – 0,8 мм

ленты из алюминия или алюминиевого сплава: толщиной 0,5 – 0,8 мм

13.5 Соотношение диаметров кабеля с размерами брони

Номинальные значения диаметра кабельной брони из круглой проволоки и номинальной значения толщины кабельной брони из лент должны быть не менее значений, приведенных в таблицах 9 и 10 соответственно.

Таблица 9 – Номинальное значение диаметра кабельной брони из круглой проволоки

Фиктивное значение диаметра под кабельной броней, мм		Номинальное значение диаметра кабельной брони из проволоки, мм
Свыше	До (включительно)	
-	10	0,8
10	15	1,25
15	25	1,6
25	35	2,0
35	60	2,5
60	-	3,15

Таблица 10 – Номинальное значение толщины кабельной брони из лент

Фиктивное значение диаметра под кабельной броней, мм		Номинальное значение толщины ленты	
Свыше	До (включительно)	Сталь или оцинкованная сталь	Алюминий или алюминиевый сплав
		-	30
30	70	0,5	0,5
70	-	0,8	0,8

Для кабельной брони, выполненной из проволоки прямоугольного сечения, в кабелях с фиктивным значением диаметра под кабельной броней свыше 15 мм номинальная толщина стальной проволоки прямоугольного сечения должна быть 0,8 мм. Кабели с фиктивным значением диаметра под кабельной броней до 15 мм включительно не должны быть бронированы проволоками прямоугольного сечения.

13.6 Броня, выполненная из круглой проволоки или проволоки прямоугольного сечения

Кабельная броня из проволоки должна быть плотной, т.е. с минимальным зазором между прилегающими проволоками. При необходимости поверх кабельной брони из стальной проволоки прямоугольного сечения и круглой стальной проволоки могут быть уложены по открытой спирали ленты, изготовленные из оцинкованной стали, номинальной толщиной не менее 0,3 мм. Допустимые отклонения для такой стальной ленты должны соответствовать 17.7.3.

13.7 Ленточная двойная кабельная броня

При применении ленточной кабельной брони внутреннее покрытие в соответствии с 8.1 упрочняют лентами кабельной подушки. Если толщина ленточной брони составляет 0,2 мм, то значение общей толщины внутреннего покрытия с дополнительными лентами кабельной подушки должно соответствовать указанному в 8.1 плюс 0,5 мм; если толщина ленточной брони более 0,2 мм, – должно соответствовать указанному в 8.1 плюс 0,8 мм.

Значение общей толщины внутреннего покрытия с дополнительными лентами кабельной подушки при допустимом отклонении в пределах плюс 20 % не должно быть меньше установленных значений более чем на 0,2 мм.

Дополнительная подушка из лент не требуется, если применяется разделительная оболочка или внутреннее покрытие, накладываемое методом экструзии и соответствующее требованиям 13.3.3.

Ленточную кабельную броню накладывают спиралеобразно двумя слоями так, чтобы вторая лента находилась приблизительно в центре зазора между витками первой ленты. Зазор между соседними витками каждой ленты не должен превышать 50 % ширины ленты.

14 Наружная оболочка

14.1 Общие положения

Все кабели должны иметь наружную оболочку.

Оболочку, как правило, выполняют черного цвета, но по согласованию между изготовителем и

покупателем можно применять и другой цвет оболочки, учитывая применимость цвета для конкретных условий, при которых будет использоваться кабель.

Примечание – стойкость к ультрафиолетовому воздействию находится на стадии рассмотрения.

14.2 Материал

Наружная оболочка должна быть изготовлена из термопластичного компаунда (поливинилхлорида или полиэтилена) или эластомерного компаунда (полихлорпропана, хлорсульфинированного полиэтилена или аналогичных полимеров).

Материал оболочки должен быть пригоден для рабочей температуры в соответствии с таблицей 4.

Для специального назначения, например, для защиты от термитов, в материал оболочки добавляют химические добавки, но они не должны содержать вещества, вредные для людей и/или окружающей среды.

Примечание – Примерами веществ¹⁾, рассматриваемых как нежелательные, являются:

- альдрин: 1,2,3,4,10,10-гексахоро-1,4,4а,5,8,8а-гексагидро-1,4,5,8-диметанофталин
- дильдрин: 1,2,3,4,10,10-гексахоро-6,7-эпокси-1,4,4а,5,6,7,8,8а-октагидро-1,4,5,8-диметанофталин
- линдан: гамма-изомер 1,2,3,4,5,6-гексахоро-циклогексан.

14.3 Толщина

Если не указывается иное, номинальное значение толщины t_s , мм, рассчитывают по следующей формуле:

$$t_s = 0,035 D + 1,0,$$

где D – фиктивный диаметр непосредственно под оболочкой, мм (см. приложение А).

Полученное по формуле значение округляют с точностью 0,1 мм (см. приложение С).

Номинальная толщина неармированных кабелей и кабелей с оболочкой, не накладываемой поверх брони, металлического экрана или концентрическую жилу, должна быть не менее 1,4 мм для однопроволочных кабелей и 1,8 мм – для трехжильных кабелей.

Номинальная толщина кабелей с оболочкой, накладываемой поверх брони, металлического экрана или концентрического проводника, должна быть не менее 1,8 мм.

15 Условия испытания

15.1 Температура окружающей среды

Если в методах испытаний не указано иное, испытания проводят при температуре окружающей среды $(20 \pm 15)^\circ \text{C}$.

15.2 Частота и форма сигнала при испытании переменным напряжением

При испытании переменным напряжением частота должна быть в пределах от 49 до 61 Гц. Сигнал должен быть практически синусоидальной формы. Указывают действующие значения напряжения.

15.3 Форма сигнала при испытании импульсным напряжением

Импульсная волна в соответствии с IEC 60230 должна иметь действительную длительность фронта от 1 до 5 мкс и номинальную длительность до половины пикового значения напряжения от 40 до 60 мкс. В остальном она должна соответствовать требованиям IEC 60060-1.

16 Стандартные испытания

16.1 Общие положения

Стандартные испытания обычно проводят на каждой строительной длине кабеля (см. 3.2.1). Число испытываемых длин может быть уменьшено или может быть использована другая процедура испытания в зависимости от установленных процедур контроля качества.

По настоящему стандарту к обязательным стандартным испытаниям относят:

- а) измерение электрического сопротивления проводников (см. 16.2);
- б) измерение частичных разрядов (см. 16.3) на кабелях, имеющих экраны вокруг проводника и экраны вокруг изоляции в соответствии с 7.1 и 7.2;
- с) испытание напряжением (см. 16.4).

16.2 Электрическое сопротивление проводников

Измерение электрического сопротивления всех проводников, включая концентрический проводник, если таковой имеется, проводят на каждой представленной для стандартных испытаний строи-

¹⁾ Dangerous properties of industrial materials, N.I. Sax, fifth edition, Van Nostrand Reinhold, ISBN 0-442-27373-8 (Опасные свойства промышленных материалов / N.L. Sax, 5-е изд. – Van Nostrand Reinhold. – ISBN 0-442-27373-8).

СТБ ІЕС 60502-2/ПР_1

тельной длине кабеля.

Строительную длину готового кабеля или образец, взятый из него, до начала испытания размещают в испытательном помещении с постоянно поддерживаемой температурой в течение не менее 12 ч. В случае сомнения относительно равенства температур проводника кабеля и в помещении электрическое сопротивление следует измерять после пребывания кабеля в испытательном помещении в течение 24 ч. Электрическое сопротивление допускается измерять на образце проводника с выдержкой в течение не менее 1 ч в жидкой бане с контролируемой температурой.

Измеренное значение сопротивления должно быть пересчитано на температуру 20 °С и длину 1 км в соответствии с формулами и коэффициентами, приведенными в ІЕС 60228.

Значение электрического сопротивления постоянному току каждого проводника при 20 °С не должно превышать соответствующего максимального значения, указанного в ІЕС 60228. Значение электрического сопротивления концентрических проводников кабеля должно соответствовать требованиям национальных технических условий и/или стандартов.

16.3 Измерение частичных разрядов

Измерение частичных разрядов проводят в соответствии с ІЕС 60885-3, за исключением случая, когда чувствительность, как определено в ІЕС 60885-3, должна быть равной 10 мкс или выше.

Для трехжильных кабелей испытание проводят на всех изолированных жилах, напряжение прикладывают между каждым проводником и экраном.

Испытательное напряжение повышают постепенно до $2 U_0$ и удерживают в течение 10 с и затем медленно понижают до $1,73 U_0$.

Не должно быть разряда, превышающего заявленную чувствительность испытуемого объекта при $1,73 U_0$.

Примечание – Любой частичный разряд от испытуемого объекта может быть вреден.

16.4 Испытания напряжением

16.4.1 Общие положения

Испытания напряжением проводят при температуре окружающей среды с использованием переменного напряжения промышленной частоты.

16.4.2 Порядок проведения испытания одножильных кабелей

При испытании одножильных кабелей испытательное напряжение прикладывают в течение 5 мин между проводником и металлическим экраном.

16.4.3 Порядок проведения испытания трехжильных кабелей

При испытании трехжильных кабелей с отдельно экранированными жилами испытательное напряжение прикладывают в течение 5 мин между каждым проводником и металлическим слоем.

При испытании трехжильных кабелей, не имеющих отдельно экранированных жил, испытательное напряжение прикладывают в течение 5 мин последовательно между каждым изолированным проводником и всеми остальными проводниками и общими металлическими слоями.

Допускается испытывать трехжильные кабели за одну операцию с использованием трехфазного трансформатора.

16.4.4 Испытательное напряжение

Значение испытательного напряжения промышленной частоты должно составлять $3,5 U_0$. Значения однофазного испытательного напряжения в зависимости от стандартного значения номинального напряжения приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Стандартные испытательные напряжения

Номинальное напряжение, U_0 , кВ	3,6	6	8,7	12	18
Испытательное напряжение, кВ	12,5	21	30,5	42	63

При испытании напряжением трехжильных кабелей с применением трехфазного трансформатора испытательное напряжение между фазами должно быть в 1,73 раза больше значений, указанных в таблице 11.

Во всех случаях испытательное напряжение повышают постепенно до указанного значения.

16.4.5 Требование

Не должно быть пробоя изоляции.

17 Выборочные испытания

17.1 Общие положения

По настоящему стандарту к обязательным выборочным испытаниям относят:

- a) осмотр проводника (см. 17.4);
- b) проверку размеров (см. 17.5 – 17.8);
- c) испытание напряжением кабелей номинальным напряжением свыше 3,6/6 (7.2) кВ (см. 17.9);
- d) испытание изоляции из этиленпропиленового каучука EPR, высокомолекулярного или высокомолекулярного этиленпропиленового каучука HEPR, изоляции из сшитого полиэтилена XLPE и эластомерных оболочек на тепловую деформацию (см. 17.10).

17.2 Объем выборки для испытаний

17.2.1 Контроль проводника и проверка размеров

Контроль проводника, измерение толщины изоляции и оболочки и измерение наружного диаметра выполняют на одной строительной длине, отобранной из каждой изготовленной партии одного типа и с одинаковой площадью поперечного сечения кабеля, но не более чем на 10 % от общего числа строительных длин, указанного в любом договоре.

17.2.2 Электрические и физические испытания

Электрические и физические испытания проводят на образцах, взятых из готовых кабелей в соответствии с установленными процедурами контроля качества. При отсутствии таких указаний в договоре и если в нем указанная общая длина превышает 2 км для трехжильных кабелей или 4 км для одножильных кабелей, испытания проводят, исходя из данных таблицы 12.

Таблица 12 – Число образцов, предусмотренное для выборочных испытаний

Длина кабеля, км				Количество образцов
Многожильные кабели		Одножильные кабели		
Более	До (включительно)	Более	До (включительно)	
2	10	4	20	1
10	20	20	40	2
20	30	40	60	3
и т.д.	и т.д.	и т.д.	и т.д.	и т.д.

17.3 Повторные испытания

Если какой-либо образец не выдерживает, хотя бы одно испытание по разделу 17 проводят повторное испытание по тому показателю, по которому были получены неудовлетворительные результаты, на двух дополнительных образцах, взятых из той же партии. Если оба дополнительных образца выдерживают испытания, то все кабели в партии, из которой они были взяты, следует рассматривать как соответствующие требованиям настоящего стандарта. Если какой-либо дополнительный образец не выдерживает испытания, то партию, из которой были взяты образцы, следует рассматривать как несоответствующую требованиям настоящего стандарта.

17.4 Контроль проводника

Соответствие требованиям IEC 60228 к конструкции проводника проверяют осмотром и измерением, когда это применимо.

17.5 Измерение толщины изоляции и неметаллических оболочек (включая разделительные оболочки, наложенные методом экструзии, но исключая экструдированное внутреннее покрытие)

17.5.1 Общие положения

Метод испытания должна соответствовать IEC 60811-1-1 (раздел 8).

Каждый образец для испытаний должен представлять собой отрезок кабеля, взятый с одной части после обрезки, при необходимости, с участком, наиболее подверженному повреждению.

17.5.2 Требования к изоляции

Для каждого отрезка жилы наименьшее измеренное значение толщины изоляции не должно быть менее 90 % номинального значения больше, чем на 0,1 мм, т.е.:

$$t_{\min} \geq 0,9 t_n - 0,1$$

и дополнительно:

$$(t_{\max} - t_{\min})/t_{\max} \leq 0,15,$$

где t_{\max} – максимальная толщина изоляции, мм;

t_{\min} – минимальная толщина изоляции, мм;

t_n – номинальное значение толщины изоляции, мм.

Примечание - t_{\max} и t_{\min} измеряют на одном и том же поперечном сечении.

17.5.3 Требования к неметаллическим оболочкам

Образцы оболочки должны соответствовать следующим требованиям:

а) для неармированных кабелей и кабелей с наружной оболочкой, не накладываемой непосредственно поверх кабельной брони, металлического экрана или концентрического проводника, наименьшее измеренное значение не должно быть менее 85 % номинального значения больше, чем на 0,1 мм, т.е.:

$$t_{\min} \geq 0,85 t_n - 0,1$$

б) для наружной оболочки, накладываемой непосредственно поверх кабельной брони, металлического экрана или концентрического проводника, и для разделительной оболочки наименьшее измеренное значение не должно быть менее 80 % номинального значения больше, чем на 0,2 мм, т.е.:

$$t_{\min} \geq 0,8 t_n - 0,2$$

17.6 Измерение толщины свинцовой оболочки

Минимальное значение толщины свинцовой оболочки определяют одним из нижеприведенных методов по усмотрению изготовителя, но при этом значение не должно быть менее 95 % номинального значения больше, чем на 0,1 мм, т.е.:

$$t_{\min} \geq 0,95 t_n - 0,1$$

Примечание – методы измерения толщины других типов металлических оболочек находятся на стадии рассмотрения.

17.6.1 Метод удаления верхних слоев

Измерение проводят с использованием микрометра с плоскими гранями диаметром от 4 до 8 мм с точностью $\pm 0,01$ мм.

Измерение проводят на испытательном образце оболочки, предварительно снятой с готового кабеля, длиной приблизительно равной 50 мм. Образец разрезают в продольном направлении и осторожно делают плоским. После зачистки образца измеряют толщину оболочки, выполняя достаточное число измерений в точках, расположенных по окружности оболочки на расстоянии не менее 10 мм от края распрямленного образца для нахождения минимального значения.

17.6.2 Кольцевой метод

Измерение проводят с использованием микрометра с одной плоской губкой и одной сферической губкой либо микрометра с одной плоской губкой и плоской губкой прямоугольной формы шириной 0,8 мм и длиной 2,4 мм. Сферическую губку или плоскую губку прямоугольной формы прикладывают к внутренней части кольца. Точность микрометра должна составлять $\pm 0,01$ мм.

Измерения следует проводить на кольце оболочки, осторожно отрезанном от образца. Определяют минимальное значение толщины оболочки, выполняя достаточное число измерений в точках, расположенных по окружности кольца.

17.7 Измерение размеров брони, выполненной из проволок и из лент

17.7.1 Измерение на проволоках

Диаметр круглой проволоки и толщину проволоки прямоугольного сечения измеряют микрометром с двумя плоскими губками и точностью $\pm 0,01$ мм. Для круглой проволоки проводят два измерения диаметра перпендикулярно друг другу в одном сечении и определяют среднее значение этих двух значений.

17.7.2 Измерение на лентах

Измерение проводят с помощью микрометра с двумя плоскими губками диаметром приблизительно равным 5 мм и точностью $\pm 0,01$ мм. Измерение лент шириной до 40 мм проводят в середине ее ширины. Измерение широких лент проводят на расстоянии 20 мм от каждой ее кромки и определяют толщину ленты как среднее значение полученных результатов измерений.

17.7.3 Требования

Размеры брони, выполненной из проволоки и из лент, должны быть не меньше номинальных значений, приведенных в 13.5, более чем на:

- 5 % для круглой проволоки;
- 8 % для проволоки прямоугольного сечения;

- 10 % для лент.

17.8 Измерение наружного диаметра

В случае измерения наружного диаметра кабеля при выборочных испытаниях, его следует проводить в соответствии с IEC 60811-1-1 (раздел 8).

17.9 Испытания напряжением в течение 4 ч

Данное испытание применимо только к кабелям номинальным напряжением свыше 3,6/6 (7,2) кВ.

17.9.1 Отбор образцов

Образец должен представлять собой отрезок готового кабеля длиной не менее 5 м между испытательными концами.

17.9.2 Порядок проведения испытаний

Напряжение промышленной частоты прикладывают в течение 4 ч при температуре окружающей среды между каждой жилой и металлическим(и) слоем(ями).

17.9.3 Испытательные напряжения

Испытательное напряжения должно составлять $4 U_0$. Значения испытательного напряжения в зависимости от стандартного значения номинального напряжения приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Испытательные напряжения при выборочных испытаниях

Номинальное напряжение U_0 , кВ	6	8,7	12	18
Испытательное напряжение, кВ	24	35	48	72

Испытательное напряжение повышают постепенно до указанного значения и поддерживают в течение 4 ч.

17.9.4 Требования

Не должно быть пробоя изоляции.

17.10 Испытание изоляции из этиленпропиленового каучука EPR, высокомодульного или высокосортного этиленпропиленового каучука HEPR, изоляции из сшитого полиэтилена XLPE и эластомерных оболочек на тепловую деформацию

17.10.1 Порядок проведения испытаний

Отбор образцов и порядок проведения испытаний проводят в соответствии с IEC 60811-2-1 (раздел 9), пользуясь параметрами, приведенными в таблицах 19 и 23.

17.10.2 Требования

Результаты испытания должны соответствовать требованиям, приведенным в таблице 19 для изоляции из этиленпропиленового каучука (EPR), высокомодульного или высокосортного этиленпропиленового каучука (HEPR) и изоляции из сшитого полиэтилена (XLPE) и в таблице 23 для эластомерных оболочек (SE_1).

18 Электрические испытания типа

Если успешно были проведены испытания типа на типовом образце кабеля, на который распространяется настоящий стандарт, и который имеет соответствующие площадь поперечного сечения проводника и номинальное напряжение, то результаты испытания распространяются на кабели того же самого типа с другой площадью поперечного сечения проводника и/или номинальными напряжениями, при условии соблюдения следующих трех условий:

а) использование одних и тех же материалов, а именно изоляции и полупроводящих экранов, а также производственного процесса;

б) площадь поперечного сечения проводника не должна превышать площадь поперечного сечения испытуемого кабеля, за исключением тех случаев, когда все площади поперечного сечения до 630 мм^2 (включительно) утверждены, если площадь поперечного сечения кабеля, испытанного ранее, находится в пределах $95 \text{ мм}^2 - 630 \text{ мм}^2$ включена;

с) номинальное напряжение не превышает номинального напряжения испытуемого кабеля.

Утверждение не должно зависеть от материала проводника.

18.1 Кабели с экраном вокруг проводника и экраном вокруг изоляции

Образец готового кабеля длиной от 10 до 15 м должны подвергаться испытаниям, перечисленным в 18.1.1.

За исключением положений 18.1.2 все испытания, перечисленные в 18.1.1, должны проводиться последовательно на одном и том же образце.

В трехжильных кабелях каждое испытание или измерение должны проводиться на всех жилах.

Измерение сопротивления полупроводящих экранов, описанное в 18.1.9, должно проводиться на отдельном образце.

18.1.1 Последовательность испытаний

Испытания проводят в следующей последовательности:

- a) испытание на изгиб, за которым следует измерение частичных разрядов (см. 18.1.3 и 18.1.4);
- b) измерение тангенса δ (см. 18.1.2 и 18.1.5);
- c) испытание циклическим нагревом, с последующим измерением частичных разрядов (см. 18.1.6);
- d) испытание импульсным напряжением, с последующим испытанием напряжением (см. 18.1.7);
- e) испытание напряжением в течение 4 ч (см. 18.1.8).

18.1.2 Специальные условия

Измерение тангенса δ можно проводить на другом образце, используемом при обычной последовательности испытаний, приведенной в 18.1.1.

Для кабелей с номинальным напряжением ниже 6/10 (12) кВ измерения тангенса δ не требуется.

Новый образец можно взять для испытания e), при условии, что на этом образце ранее проводились испытания a) и c), приведенные в 18.1.1.

18.1.3 Испытание на изгиб

Образец загибают вокруг испытательного цилиндра (например, ступице барабана) при температуре окружающей среды в течение не менее одного полного оборота. Затем его разматывают и повторяют процесс, за исключением того, что изгиб образца проводят в обратном направлении без осевого вращения.

Цикл операции повторяют три раза.

Диаметр испытательного цилиндра должен составлять:

- для кабелей со свинцовой оболочкой или с продольным перекрытием металлической фольгой:
 - 25 (d + D) \pm 5 % для одножильных кабелей;
 - 20 (d + D) \pm 5 % для трехжильных кабелей;
- для других кабелей:
 - 20 (d + D) \pm 5 % для одножильных кабелей;
 - 15 (d + D) \pm 5 % для трехжильных кабелей,

где D – фактический наружный диаметр образца кабеля, мм, измеренный в соответствии с 17.8;

d – фактический диаметр проводника, мм.

Если проводник является не круглым:

$$d = 1,13 \sqrt{S},$$

где S – это номинальное поперечное сечение, мм².

После проведения испытания на образце измеряют частичные разряды, которые должны соответствовать требованиям, указанным в 18.1.4.

18.1.4 Измерение частичных разрядов

Измерение частичных разрядов проводят в соответствии с ІЕС 60885-3 с чувствительностью 5 pC или выше.

Испытательное напряжение постепенно повышают до $2 U_0$ и поддерживают его, затем медленно снижают до $1,73 U_0$.

Не должно быть разряда, превышающего заявленную чувствительность на испытываемом объекте при $1,73 U_0$.

Примечание - любой частичный разряд от испытываемого объекта может быть вреден.

18.1.5 Измерение тангенса δ для кабелей номинальным напряжением 6/10 (12) кВ и выше

Образец готового кабеля нагревают одним из следующих методов: образец помещают в резервуар с жидкостью или в печь, либо тепловой ток пропускают через металлический экран или проводник, или через оба.

Образец нагревают до тех пор, пока проводник не достигнет температуры, превышающей на (5 – 10)°C максимальную температуру проводника при нормальной эксплуатации.

При использовании каждого метода температуру проводника следует определять либо посредством измерения сопротивления проводника, либо путем использования устройства измерения температуры в бане или печи или на поверхности экрана или на идентично нагреваемом эталонном кабеле.

Тангенс δ измеряют при переменном напряжении не менее 2 кВ при вышеуказанной температуре.

Измеренные значения не должны превышать значений, приведенных в таблице 15.

18.1.6 Испытание циклическим нагревом

Образец, подвергавшийся предыдущим испытаниям, раскладывают на полу испытательного помещения и нагревают путем пропуска тока через проводник до тех пор, пока проводник не достиг-

нет устойчивой температуры, превышающей на $(5 - 10)^\circ\text{C}$ максимальную температуру проводника при нормальной эксплуатации.

Для трехжильных кабелей тепловой ток пропускают через все проводники.

Цикл нагрева должен иметь продолжительность не менее 8 ч. Температура проводника должна поддерживаться в установленных пределах температуры в течение не менее 2 ч каждого периода нагревания. После образец охлаждают на воздухе в течение не менее 3 ч до температуры проводника в пределах 10°C температуры окружающей среды.

Цикл повторяют 20 раз.

По завершении последнего цикла образец подвергают измерению частичных разрядов, и он должен отвечать требованиям, указанным в 18.1.4.

18.1.7 Испытание импульсным напряжением, с последующим испытанием напряжением

Данное испытание проводят на образце проводника при температуре нагрева проводника на $(5 - 10)^\circ\text{C}$ выше максимальной температуры проводника при нормальной эксплуатации.

Импульсное напряжение прикладывают в соответствии с методом, приведенным в IEC 60230, при этом пиковые значения импульсного напряжения должны соответствовать приведенным в таблице 14.

Таблица 14 – Импульсные напряжения

Номинальное напряжение $U_0/U(U_m)$, кВ	3,6/6 (7,2)	6/10 (12)	8,7/15 (17,5)	12/20 (24)	18/30 (36)
Испытательное напряжение (пиковые), кВ	60	75	95	125	170

Каждая жила кабеля должна выдерживать без повреждения 10 положительных и 10 отрицательных импульсов напряжения.

После испытания импульсным напряжением каждую жилу образца кабеля следует подвергать испытательному напряжению промышленной частоты при температуре окружающей среды в течение 15 мин. Испытательное напряжение должно соответствовать значениям таблицы 11. Не должно быть повреждения изоляции.

18.1.8 Испытательное напряжение в течение 4 ч

Данное испытание проводят при температуре окружающей среды. К образцу между проводником(ами) и экраном(ами) в течение 4 ч прикладывают напряжение промышленной частоты.

Испытательное напряжение должно составлять $4 U_0$. Напряжение следует повышать постепенно до установленного значения. Не должно быть повреждения изоляции.

18.1.9 Удельное сопротивление полупроводящих экранов

Удельное сопротивление полупроводящих экранов, наложенных методом экструзии вокруг проводника и вокруг изоляции, определяют измерением на испытательных образцах, взятых из жилы образца готового кабеля и образца кабеля, который подвергался старению, чтобы испытать соответствие материалов компонентов, указанных в 19.5.

18.1.9.1 Порядок проведения испытаний

Порядок проведения испытаний должен соответствовать приложению D.

Измерения следует проводить при температуре в пределах $\pm 2^\circ\text{C}$ максимальной температуры проводника при нормальной эксплуатации.

18.1.9.2 Требования

Удельное сопротивление до и после подвергания старению не должно превышать следующих значений:

- экран вокруг проводника: 1000 Ом·м,

- экран вокруг изоляции: 500 Ом·м.

18.2 Кабели на номинальное напряжение 3,6/6 (7,2) кВ с неэкранированной изоляцией

Каждую жилу образца готового кабеля длиной от 10 до 15 м подвергают испытаниям в следующей последовательности:

а) измерение сопротивления изоляции при температуре окружающей среды (см. 18.2.1);

б) измерение сопротивления изоляции при максимальной температуре проводника при нормальной эксплуатации (см. 18.2.2);

с) испытание напряжением в течение 4 ч (см. 18.2.3).

Кабели на номинальное напряжение 1,8/3 (3,6) кВ дополнительно подвергают испытанию импульсным напряжением на отдельном образце готового кабеля длиной от 10 до 15 м (см. 18.2.4).

18.2.1 Измерение сопротивления изоляции при температуре окружающей среды

18.2.1.1 Порядок проведения испытаний

Данное испытание проводят на строительной длине до проведения какого-либо другого электри-

ческого испытания.

Перед испытанием все наружные покрытия удаляют, изолированные токопроводящие жилы погружают в воду при температуре окружающей среды, и выдерживают в ней в течение не менее 1 ч.

Испытательное напряжение постоянного тока от 80 до 500 В прикладывают в течение времени, достаточного для проведения измерения электрического сопротивления изоляции, но в любом случае продолжительность приложения испытательного напряжения должна быть не менее 1 мин и не более 5 мин.

Измерение проводят между каждым проводником и водой.

При необходимости измерение может быть подтверждено при температуре $(20 \pm 1) ^\circ\text{C}$.

18.2.1.2 Расчет

Удельное объемное электрическое сопротивление рассчитывают, исходя из измеренного значения сопротивления изоляции, по следующей формуле:

$$\rho = \frac{2 \cdot \pi \cdot l \cdot R}{\ln(D/d)},$$

где ρ – удельное объемное электрическое сопротивление, Ом·см;

R – измеренное значение сопротивления изоляции, Ом;

l – длина кабеля, см;

D – наружный диаметр по изоляции, мм;

d – внутренний диаметр изоляции, мм.

Постоянную сопротивления изоляции K_i , МОм·км, можно рассчитать по следующей формуле:

$$K_i = \frac{l \cdot R \cdot 10^{-11}}{\lg(D/d)} = 0,367 \cdot 10^{-11} \cdot \rho$$

Примечание – Для проводников с фасонными жилами отношением D/d является отношение периметра по изоляции к периметру по проводнику.

18.2.1.3 Требования

Полученные рассчитанные значения должны быть не меньше значений, указанных в таблице 15.

18.2.2 Измерение сопротивления изоляции при максимальной температуре проводника

18.2.2.1 Порядок проведения испытаний

Перед испытанием жилы образца кабеля погружают в воду при температуре, равной максимальной температуре проводника при нормальной эксплуатации с предельными отклонениями $\pm 2 ^\circ\text{C}$, и выдерживают в ней в течение не менее 1 ч.

Испытательное напряжение постоянного тока от 80 до 500 В прикладывают в течение времени, достаточного для проведения измерения электрического сопротивления изоляции, но в любом случае продолжительность приложения испытательного напряжения должна быть не менее 1 мин и не более 5 мин.

Измерение проводят между каждым проводником и водой.

18.2.2.2 Расчет

Удельное объемное электрическое сопротивление и/или постоянную сопротивления изоляции рассчитывают, исходя из измеренного значения сопротивления изоляции по формуле, указанной в 18.2.1.2.

18.2.2.3 Требования

Полученные рассчитанные значения должны быть не меньше значений, указанных в таблице 15.

18.2.3 Испытание напряжением в течение 4 ч

18.2.3.1 Порядок проведения испытаний

Перед испытанием жилы образца кабеля погружают в воду при температуре окружающей среды и выдерживают в ней в течение не менее 1 ч.

Затем прикладывают испытательное напряжение промышленной частоты, равное $4 \cdot U_0$, между каждой жилой и водой в течение 4 ч.

18.2.3.2 Требования

Не должно быть повреждения изоляции.

18.2.4 Испытание импульсным напряжением

18.2.4.1 Порядок проведения испытаний

Данное испытание проводят на образце проводника при температуре нагрева проводника на (5 – 10) °С выше максимальной температуры проводника при нормальной эксплуатации.

Импульсное напряжение, пиковое значение которого должно составлять 60 кВ, прикладывают в соответствии с методом, приведенным в IEC 60230.

При испытании многожильных кабелей, не имеющих отдельно экранированные жилы, каждую серию импульсов прикладывают по очереди между фазным проводником и всеми остальными проводниками, соединенными вместе и землей

18.2.4.2 Требования

После воздействия 10 положительных и 10 отрицательных импульсов напряжения не должно происходить пробоя изоляции ни на одной жиле кабеля.

19 Неэлектрические испытания типа

В настоящем стандарте описываются неэлектрические испытания типа, приведенные в таблице 16.

19.1 Измерение толщины изоляции

19.1.1 Отбор образцов

От каждой изолированной жилы кабеля отбирают по одному образцу.

19.1.2 Порядок проведения испытаний

Измерения проводят в соответствии с IEC 60811-1-1 (подраздел 8.1).

19.1.3 Требования

См. 17.5.2.

19.2 Измерение толщины неметаллических оболочек (включая разделительные оболочки, выполненные методом экструзии, но исключая экструдированное внутреннее покрытие)

19.2.1 Отбор образцов

Отбирают один образец кабеля.

19.2.2 Порядок проведения испытаний

Измерения проводят в соответствии с IEC 60811-1-1 (подраздел 8.2).

19.2.3 Требования

См. 17.5.3.

19.3 Испытания по определению механических свойств изоляции до и после старения

19.3.1 Отбор образцов

Отбор образцов и подготовку испытательных образцов проводят в соответствии с IEC 60811-1-1 (подраздел 9.1).

19.3.2 Старение образцов

Старение образцов проводят в соответствии с IEC 60811-1-2 (подраздел 8.1) при условиях, указанных в таблице 17.

19.3.3 Кондиционирование и механические испытания

Кондиционирование и определение механических свойств в соответствии с IEC 60811-1-1 (подраздел 9.1).

19.3.4 Требования

Результаты испытаний образцов до и после старения должны соответствовать требованиям, приведенным в таблице 17.

19.4 Испытания по определению механических свойств неметаллических оболочек до и после старения

19.4.1 Отбор образцов

Отбор образцов и подготовку испытательных образцов осуществляют в соответствии с IEC 60811-1-1 (подраздел 9.1).

19.4.2 Старение образцов

Старение образцов проводят в соответствии с IEC 60811-1-2 (подраздел 8.1) при условиях, указанных в таблице 20.

19.4.3 Кондиционирование и механические испытания

Кондиционирование и определение механических свойств в соответствии с IEC 60811-1-1 (подраздел 9.2) при условиях, указанных в таблице 17.

19.4.4 Требования

СТБ ІЕС 60502-2/ПР_1

Результаты испытаний образцов до и после старения должны соответствовать требованиям, приведенным в таблице 20.

19.5 Дополнительные испытания на старение на отрезках готовых кабелей

19.5.1 Общие положения

Эти испытания предназначены для проверки стойкости изоляции и неметаллических оболочек к разрушению при эксплуатации вследствие их контакта с другими элементами кабеля.

Испытание проводят на кабелях всех типов.

19.5.2 Отбор образцов

Образцы отбирают от готового кабеля в соответствии с ІЕС 60811-1-2 (пункт 8.1.4).

19.5.3 Подвергание старению образцов

Старение образцов кабеля проводят в сушильном шкафу в соответствии с ІЕС 60811-1-2 (пункт 8.1.4) при следующих условиях:

- температура: на (10 ± 2) °С выше максимальной температуры проводника кабеля при нормальной эксплуатации (см. таблицу 17);

- продолжительность: (7×24) ч.

19.5.4 Механические испытания

После старения из образцов кабеля подготавливают образцы изоляции и наружной оболочки и проводят механические испытания в соответствии с ІЕС 60811-1-2 (пункт 8.1.4).

19.5.5 Требования

При испытании на старение в сушильном шкафу отклонения медианных значений предела прочности при разрыве и относительного удлинения при разрыве после старения образцов от соответствующих значений, полученных до старения (см. 19.3 и 19.4), не должны превышать значений, установленных для изоляции в таблице 17 и для неметаллических оболочек в таблице 20.

19.6 Испытание на потерю массы для оболочек из поливинилхлорида типа ST₂

19.6.1 Порядок проведения испытаний

Отбор образцов и порядок проведения испытаний должны соответствовать ІЕС 60811-3-2 (подраздел 8.2).

19.6.2 Требования

Результаты испытания должны соответствовать требованиям, приведенным в таблице 21.

19.7 Испытание под давлением при высокой температуре для изоляции и неметаллических оболочек

19.7.1 Порядок проведения испытаний

Испытание под давлением при высокой температуре проводят в соответствии с ІЕС 60811-3-1 (раздел 8), при условиях испытаний, указанных в методе испытания и в таблицах 18, 21 и 22.

19.7.2 Требования

Результаты испытания должны соответствовать требованиям, приведенным в ІЕС 60811-3-1 (раздел 8).

19.8 Испытание изоляции и оболочек из поливинилхлорида при низкой температуре

19.8.1 Порядок проведения испытаний

Отбор образцов и методы испытания должны соответствовать ІЕС 60811-1-4 (раздел 8) при температуре, приведенной в таблицах 18 и 21.

19.8.2 Требования

Результаты испытаний должны соответствовать требованиям, приведенным в ІЕС 60811-1-4 (раздел 8).

19.9 Испытание на стойкость изоляции и оболочки из поливинилхлорида к растрескиванию (испытание на тепловой удар)

19.9.1 Порядок проведения испытаний

Отбор образцов и порядок проведения испытания должны соответствовать ІЕС 60811-3-1 (раздел 9), а испытательная температура и продолжительность – таблицам 18 и 21.

19.9.2 Требования

Результаты испытания должны соответствовать требованиям, приведенным в ІЕС 60811-3-1 (раздел 9).

19.10 Испытание на озоностойкость изоляции, выполненной из этиленпропиленового компаунда (EPR и NEPR)

19.10.1 Порядок проведения испытаний

Отбор образцов и порядок проведения испытаний должны соответствовать IEC 60811-2-1 (раздел 8). Концентрация озона и продолжительность испытания должны соответствовать таблице 19.

19.10.2 Требования

Результаты испытания должны соответствовать требованиям, приведенным в IEC 60811-2-1 (раздел 8).

19.11 Испытание под нагрузкой для изоляции, выполненной из этиленпропиленового компаунда (EPR и NEPR) и сшитого полиэтилена (XLPE), и эластомерных оболочек

Отбор образцов и испытания проводят в соответствии с 17.10, все требования должны выполняться.

19.12 Испытание на маслостойкость эластомерных оболочек

19.12.1 Порядок проведения испытаний

Отбор образцов и испытания проводят в соответствии с IEC 60811-2-1 (раздел 10), при условиях, указанных в таблице 23.

19.12.2 Требования

Результаты испытания должны соответствовать требованиям, приведенным в таблице 23.

19.13 Испытание изоляции на водопоглощение

19.13.1 Порядок проведения испытаний

Отбор образцов и испытания проводят в соответствии с IEC 60811-1-3 (подраздел 9.1 или 9.2) при условиях, указанных в таблицах 18 или 19 соответственно.

19.13.2 Требования

Результаты испытания должны соответствовать требованиям, приведенным в таблицах 18 или 19.

19.14 Испытание по определению предела распространения горения одиночного кабеля

Испытание проводят на кабелях с оболочкой из компаунда ST₁, ST₂ или SE1 только тогда, когда это специально установлено.

Метод испытания и требования должны соответствовать указанным в IEC 60332-1-2.

19.15 Измерение содержания сажи в наружной оболочке, выполненной из полиэтилена (PE) черного цвета

19.15.1 Порядок проведения испытаний

Отбор образцов и испытания проводят в соответствии с IEC 60811-4-1 (раздел 11).

19.15.2 Требования

Результаты испытания должны соответствовать требованиям, приведенным в таблице 22.

19.16 Испытание на усадку изоляции, выполненной из сшитого полиэтилена (XLPE)

19.16.1 Порядок проведения испытаний

Отбор образцов и испытания проводят в соответствии с IEC 60811-1-3 (раздел 10) при условиях, указанных в таблице 19.

19.16.2 Требования

Результаты испытания должны соответствовать требованиям, приведенным в таблице 19.

19.17 Испытание на термическую стойкость изоляции, выполненной из поливинилхлорида

19.17.1 Порядок проведения испытаний

Отбор образцов и испытания проводят в соответствии с IEC 60811-3-2 (раздел 9) при условиях, указанных в таблице 18.

19.17.2 Требования

Результаты испытания должны соответствовать требованиям, приведенным в таблице 18.

19.18 Определение твердости изоляции, выполненной из этиленпропиленового компаунда (NEPR)

19.18.1 Порядок проведения испытаний

Отбор образцов и испытания проводят в соответствии с приложением Е.

19.18.2 Требования

Результаты испытания должны соответствовать требованиям, указанным в таблице 19.

19.19 Определение модуля упругости изоляции, выполненной из этиленпропиленового компаунда (HEPR)

19.19.1 Порядок проведения испытаний

Отбор образцов, подготовка испытательных образцов и испытания проводят в соответствии с ІЕС 60811-1-1 (раздел 9).

Измеряют нагрузку до получения 150 % удлинения. Соответствующие значения механического напряжения рассчитывают путем деления измеренной нагрузки на площадь поперечного сечения нерастянутых испытательных образцов. Определяют соотношения между значениями механического напряжения и растяжений для получения модуля упругости при 150 % удлинении.

Значение модуля упругости соответствует медианному значению.

19.19.2 Требования

Результаты испытания должны соответствовать требованиям, приведенным в таблице 19.

19.20 Испытание на усадку полиэтиленовой наружной оболочки

19.20.1 Порядок проведения испытаний

Отбор образцов и испытания проводят в соответствии с ІЕС 60811-1-3 (раздел 11) при условиях, указанных в таблице 22.

19.20.2 Требования

Результаты испытания должны соответствовать требованиям, приведенным в таблице 22.

19.21 Испытание на снятие экрана вокруг изоляции

Испытание проводят в случае, если изготовитель заявляет, что полупроводящий экран вокруг изоляции, выполненный методом экструзии, является снимаемым.

19.21.1 Порядок проведения испытаний

Испытание проводят три раза на образцах до и после старения, с использованием либо трех отдельных отрезков кабеля, либо одного отрезков кабеля в трех местах на окружности, на расстоянии приблизительно равном 120°.

Отрезки жилы длиной не менее 250 мм должны быть взяты из испытуемого кабеля до и после старения в соответствии с 19.5.3.

В полупроводящем экране вокруг изоляции, выполненном методом экструзии, каждого образца делают два продольных разреза от конца до конца и радиально вниз до изоляции на расстоянии (10 ± 1) мм друг от друга и параллельно друг другу.

После удаления приблизительно 50 мм длины полосы шириной 10 мм путем натягивания ее в направлении, параллельном жиле (т.е. угол зачистки должен составлять приблизительно 180°), жилу размещают вертикально в оборудование для испытаний на растяжение, закрепляя один конец жилы в зажиме, а полосу шириной 10 мм – в другом.

Силу, необходимую для снятия полосы шириной 10 мм с изоляции, удаляя отрезок длиной не менее 100 мм, измеряют под углом зачистки, приблизительно равным 180°, при скорости зачистки (250 ± 50) мм/мин.

Испытание проводят при температуре $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$.

Для образцов до и после старения значения скорости зачистки необходимо постоянно записывать.

19.21.2 Требования

Сила, необходимая для снятия полупроводящего экрана, выполненного методом экструзии, с изоляции должна быть не менее 4 Н и не более 45 Н до и после старения.

Поверхность изоляции не должна быть повреждена и на изоляции не должно оставаться каких-либо остатков полупроводящего экрана.

19.22 Испытание на проникновение воды

Испытание на проникновение воды применяют к кабелям, в отношении которых изготовитель заявляет, что были использованы барьеры от продольного проникновения воды. Испытание должно отвечать требованиям к прокладываемым в грунте кабелям, и не предназначается для применения к кабелям, которые изготовлены для использования в подводных лодках.

Испытание применяется к кабелям, в которых используется:

- а) барьер, который предотвращает продольное проникновение воды в зоне металлических слоев;
- б) барьер, который предотвращает продольное проникновение воды вдоль проводника.
- Оборудование, отбор образцов и порядок проведения испытаний должны соответствовать приложению F.

20 Электрические испытания после монтажа

Данные испытания проводят, при необходимости, после полного монтажа кабеля с кабельной арматурой.

Рекомендуется проводить испытание наружной оболочки в соответствии с 20.1 и, при необходимости, испытание изоляции в соответствии с 20.2. Для установок, в которых проводят только испытание внешней оболочки в соответствии с 20.1, процедуры обеспечения качества во время монтажа кабельной арматуры могут быть заменены испытанием изоляции по соглашению между покупателем и подрядчиком.

20.1 Испытание наружной оболочки напряжением постоянного тока

Уровень и продолжительность напряжения, указанные в IEC 60229 (раздел 5), прикладывают между каждой металлической оболочкой или металлическим экраном и грунтом.

Для эффективности испытания необходимо, чтобы заземление обеспечивало надлежащий контакт со всей поверхностью наружной оболочки. Этому может помочь токопроводящий слой на наружной оболочке.

20.2 Испытание изоляции

20.2.1 Испытание переменным напряжением

Испытание переменным напряжением промышленной частоты по договоренности между покупателем и подрядчиком проводят любым из методов:

- а) испытание в течение 5 мин с линейным напряжением системы, прикладываемым между проводником и металлическим экраном/оболочкой;
- б) испытание в течение 24 ч с нормальным рабочим напряжением системы.

20.2.2 Испытание напряжением постоянного тока

В качестве альтернативы испытанию переменным напряжением проводят испытание напряжением постоянного тока, равным $4 U_0$ в течение 15 мин.

Примечание 1 – Испытание напряжением постоянного тока может подвергать опасности систему изоляции. Другие методы испытания находятся на стадии рассмотрения.

Примечание 2 – Для установок, которые уже были в эксплуатации, можно применять более низкие напряжения и/или более короткие продолжительности испытания. Значения необходимо выбирать с учетом срока службы, статистики выхода из строя и цели проведения испытания.

Таблица 15 – Требования к характеристикам компаунда для изоляции при проведении электрических испытаний типа

Обозначение компаундов (см. 4.2)	Единица измерения	PVC/B	EPR/HEPR	XLPE
Максимальная температура нагрева проводника при нормальной эксплуатации (см. 4.2)	°C	70	90	90
<i>Объемное удельное электрическое сопротивление ρ *</i> - при 20°C (см. 18.2.1) - при максимальной температуре нагрева проводника при нормальной эксплуатации (см. 18.2.2)	Ом·см Ом·см	10^{14} 10^{11}	- 10^{12}	- -
<i>Постоянная сопротивления изоляции K_i *</i> - при 20°C (см. 18.2.1) - при максимальной температуре нагрева проводника при нормальной эксплуатации (см. 18.2.2)	МОм·км МОм·км	367 0,37	- 3,67	- -
Тангенс δ (см. 18.1.5) - тангенс δ при максимальной температуре проводника при нормальной эксплуатации (5 – 10)°C, максимум	$\times 10^{-4}$	-	400	40
* Для незранированных кабелей в соответствии с разделом 7 (пункты а) и б)), номинальное напряжение 3,6/6 (7,2) кВ для изоляции PVC, EPR и HEPR.				

Таблица 16 – Неэлектрические испытания типа (см. таблицы 17 – 23)

Обозначение компаундов (см. 4.2 и 4.3)	Изоляция				Оболочки				SE ₁
	PVC	EPR	HEPR	XLPE	PVC (ПВХ)		PE (ПЭ)		
					ST ₁	ST ₂	ST ₃	ST ₇	
<i>Размеры</i>									
Измерение толщины	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Механические свойства</i> (предел прочности на разрыв и удлинение при разрыве)									
Без испытаний на старение	x	x	x	x	x	x	x	x	x
После старения в сушильном шкафу	x	x	x	x	x	x	x	x	x
После старения образцов готового кабеля	x	x	x	x	x	x	x	x	x
После испытания на маслостойкость	-	-	-	-	-	-	-	-	x
<i>Термопластические свойства</i>									
Испытание горячим прессованием (вдавливание)	x	-	-	-	x	x	-	x	-
Поведение при низкой температуре	x	-	-	-	x	x	-	-	-
<i>Разное</i>									
Потеря массы в сушильном шкафу	-	-	-	-	-	x	-	-	-
Испытание тепловым ударом (растрескивание)	x	-	-	-	x	x	-	-	-
Испытание на озоностойкость	-	x	x	-	-	-	-	-	-
Испытание на тепловую деформацию	-	x	x	x	-	-	-	-	x
Испытание на распространение горения одиночного кабеля (при необходимости)	-	-	-	-	x	x	-	-	x
Водопоглощение	x	x	x	x	-	-	-	-	-
Термическая стойкость	x	-	-	-	-	-	-	-	-
Испытание на усадку	-	-	-	x	-	-	x	x	-
Содержание сажи *	-	-	-	-	-	-	x	x	-
Определение твердости	-	-	x	-	-	-	-	-	-
Определение модуля упругости	-	-	x	-	-	-	-	-	-
Испытание на снятие экрана по изоляции **									
Испытание на проникновение воды ***									
Примечание: x обозначает, что испытание типа должно проводиться									
* Только для оболочек черного цвета.									
** Необходимо применять для тех конструкций кабеля, в отношении которых изготовитель заявляет, что экран вокруг изоляции является снимаемым.									
*** Необходимо применять для тех конструкций кабеля, в отношении которых изготовитель заявляет, что имеются барьеры, предотвращающие продольное проникновение воды.									

Таблица 17 – Требования к испытанию механических свойств изоляционных компаундов (до и после старения)

Обозначение компаундов (см. 4.2)		PVC/B	EPR	HEPR	XLPE
Максимальная температура проводника при нормальной эксплуатации (см. 4.2)	°C	70	90	90	90
<i>Без подвергания старению (IEC 60811-1-1, 9.1)</i> Предел прочности на разрыв, мин. Удлинение при разрыве, мин.	H/мм ² %	12,5 125	4,2 200	8,5 200	12,5 200
<i>После подвергания старению в сушильном шкафу (IEC 60811-1-2, 8.1)</i> <i>После подвергания старению без проводника</i> Режим:					
- температура	°C	100	135	135	135
- допустимое отклонение	°C	±2	±3	±3	±3
- продолжительность	ч	168	168	168	168
Предел прочности на разрыв: а) значение после подвергания старению, мин. б) изменение*, макс.	H/мм ² %	12,5 ±25	- ±30	- ±30	- ±25
<i>Удлинение при разрыве:</i> а) значение после подвергания старению, мин. б) изменение*, макс.	% %	125 ±25	- ±30	- ±30	- ±25
* Изменение: различие между средним значением, полученным после подвергания старению, и средним значением, полученным без подвергания старению, выраженные как процентное соотношение последнего.					

Таблица 18 - Требования к испытанию конкретных характеристик изоляционных компаундов из поливинилхлорида

Обозначение компаундов (см. 4.2)		PVC/B
Использование компаунда из поливинилхлорида		Изоляция
<i>Испытание под давлением при высокой температуре (IEC 60811-3-1, раздел 8)</i> Температура (допустимое отклонение ±2 °C)	°C	80
<i>Поведение при низкой температуре * (IEC 60811-1-4, раздел 8)</i> Испытание, проводимое без подвергания старению: - испытание на изгиб в холодном состоянии для диаметра < 12,5 мм - температура (допустимое отклонение ±2 °C)	°C	-5
Удлинение при разрыве в холодном состоянии на образцах для испытаний в виде лопатки: - температура (допустимое отклонение ±2 °C)	°C	-5
<i>Испытание тепловым ударом (IEC 60811-3-1, Раздел 9)</i> Температура (допустимое отклонение ± 3 °C) Продолжительность	°C ч	150 1
Термостойкость (IEC 60811-3-2, Раздел 9) Температура (допустимое отклонение ± 0,5 °C) Минимальное время	°C ч	200 100
<i>Водопоглощение (IEC 60811-1-3, 9.1)</i> Электрический метод: Температура (допустимое отклонение ± 2 °C) Продолжительность	°C ч	70 240
* Из-за климатических условий национальные стандарты могут потребовать использования более низкой температуры.		

СТБ ІЕС 60502-2/ПР_1

Таблица 19 – Требования к испытанию конкретных характеристик различных термоусадочных электроизоляционных компаундов

Обозначение компаундов (см. 4.2)		EPR	HEPR	XLPE
<i>Озоностойкость</i> (ІЕС 60811-2-1, Раздел 8) Концентрация озона (по объему)	%	0,025-0,030	0,025-0,030	-
Продолжительность испытания без растрескивания	ч	24	24	-
<i>Испытание на тепловую деформацию</i> (ІЕС 60811-2-1, Раздел 9) Обработка: - температура окружающей среды (допустимое значение ± 3 °С) - время под нагрузкой - механическое давление Максимальное удлинение под нагрузкой Максимальное постоянное удлинение после охлаждения	°С мин Н/см ² % %			
<i>Водопоглощение</i> (ІЕС 60811-1-3, 9.2) Гравиметрический метод: Температура (допустимое отклонение ± 2 °С) Продолжительность Максимальное увеличение массы	°С ч мг/см ²	85 336 5	85 336 5	85 336 1*
<i>Испытание на усадку</i> (ІЕС 60811-1-3, 9.2) Расстояние <i>L</i> между метками Температура (допустимое отклонение ± 3 °С) Продолжительность Максимальная усадка	мм °С ч %	- - - -	- - - -	200 130 1 4
<i>Определение прочности</i> (см. Приложение Е) Международные единицы твердости резины (IRHD)**, мин.		-	80	-
<i>Определение модуля упругости</i> (см. 19.19) Модуль при удлинении 150 %, мин.	Н/мм ²	-	4.5	-
* Увеличение свыше 1 мг/см ² рассматривается для плотностей XLPE свыше 1 г/см ³ .				
** IRHD: Международные единицы твердости резины				

Таблица 20 – Требования к испытанию механических характеристик изоляционных материалов для кабелей (до и после подвергания старению)

Обозначение компаунда (см. 4.2)		ST ₁	ST ₂	ST ₃	ST ₇	SE ₁
Максимальная температура проводника при нормальной эксплуатации (см. 4.3)	°С	80	90	80	90	85
<i>Без подвергания старению</i> (ІЕС 60811-1-1, 9.2) Предел прочности на разрыв, мин. Удлинение при разрыве, мин.	Н/мм ² %	12.5 150	12.5 150	10.0 300	12.5 300	10.0 300
<i>После подвергания старению в сушильном шкафу</i> (ІЕС 60811-1-2, 8.1) <i>После подвергания старению без проводника</i> Обработка: - температура (допустимое значение (± 2 °С) - продолжительность	°С ч	100 168	100 168	100 240	110 240	100 168
Предел прочности на разрыв: а) значение после подвергания старению, мин. б) изменение*, макс.	Н/мм ² %	12.5 ± 25	12.5 ± 25	- -	- -	- ± 30
Удлинение при разрыве: а) значение после подвергания старению, мин. б) изменение*, макс.	% %	150 ± 25	150 ± 25	300 -	300 -	250 ± 40
* Изменение: различие между средним значением, полученным после подвергания старению, и средним значением, полученным без подвергания старению, выраженные как процентное соотношение последнего.						

Таблица 21 – Требования к испытанию конкретных характеристик изоляционных материалов

из ПВХ для кабелей

Обозначение компаунда (см. 4.2)		ST ₁	ST ₂
Использование компаунда из ПВХ		Оболочка	
<i>Потеря массы в сушильном шкафу (IEC 60811-3-2, 8.2)</i> Обработка: - температура (допустимое значение (± 2 °C)) - продолжительность Максимальная потеря массы	°C ч мг/см ²	- - -	100 168 1,5
<i>Испытание под давлением при высокой температуре (IEC 60811-3-1, раздел 8)</i> Температура (допустимое отклонение ±2 °C)	°C	80	90
<i>Поведение при низкой температуре * (IEC 60811-1-4, раздел 8)</i> Испытание, проводимое без подвергания старению: - испытание на изгиб в холодном состоянии для диаметра < 12,5 мм - температура (допустимое отклонение ±2 °C) Удлинение при разрыве в холодном состоянии на образцах для испытаний в виде лопатки: - температура (допустимое отклонение ±2 °C) Испытание ударом в холодном состоянии: - температура (допустимое отклонение ±2 °C)	°C °C °C	-15 -15 -15	-15 -15 -15
<i>Испытание тепловым ударом (IEC 60811-3-1, Раздел 9)</i> Температура (допустимое отклонение ± 3 °C) Продолжительность	°C ч	150 1	150 1
* Из-за климатических условий национальные стандарты могут потребовать использования более низкой температуры.			

Таблица 22 – Требования к испытанию конкретных характеристик полиэтиленовых изоляционных материалов для кабелей

Обозначение компаунда (см. 4.2)		ST ₃	ST ₇
<i>Плотность *</i> (IEC 60811-1-3, раздел 8)			
<i>Содержание углеродной сажи</i> (только для внешних оболочек черного цвета) (IEC 60811-4-1, раздел 11) Номинальное значение Допустимое отклонение	% %	2.5 ±0,5	2.5 ±0,5
<i>Испытание на усадку</i> (IEC 60811-1-3, 11) Температура (допустимое отклонение ± 2 °C) Нагревание, продолжительность Циклы нагревания Максимальная усадка	°C ч %	80 5 5 3	80 5 5 3
<i>Испытание под давлением при высокой температуре (IEC 60811-3-1, 8.2)</i> Температура (допустимое отклонение ±2 °C)	°C	-	110
* Измерение плотности требуется только в целях других испытаний.			

СТБ ІЕС 60502-2/ПР_1

Таблица 23 – Требования к испытанию конкретных характеристик эластомерных изоляционных материалов для кабелей

Обозначение компаунда (см. 4.2)		SE ₁
<p><i>Испытание погружением в масло, после которого проводят определение механических свойств</i> (IEC 60811-2-1, Раздел 10 и IEC 60811-1-1, Раздел 9)</p> <p>Обработка: - температура масла (допустимое отклонение ±2 °C) - продолжительность</p> <p>Максимальное изменение * а) прочности на разрыв б) удлинения при разрыве</p>	<p>°C</p> <p>ч</p> <p>%</p> <p>%</p>	<p>100</p> <p>24</p> <p>±40</p> <p>±40</p>
<p><i>Испытание на тепловую деформацию</i> (IEC 60811-2-1, Раздел 9)</p> <p>Обработка: - температура окружающей среды (допустимое значение ± 3 °C) - время под нагрузкой - механическое давление</p> <p>Максимальное удлинение под нагрузкой Максимальное постоянное удлинение после охлаждения</p>	<p>°C</p> <p>мин</p> <p>Н/см²</p> <p>%</p> <p>%</p>	<p>200</p> <p>15</p> <p>20</p> <p>175</p> <p>15</p>
<p>* Изменение: различие между срединным значением, полученным после обработки, и срединным значением, полученным без обработки, выраженные как процентное соотношение последнего.</p>		

Приложение А
(обязательное)
Метод приблизительного расчета размеров защитных покрытий

Толщина кабельных защитных покрытий, например, оболочек и брони, обычно соотносилась с номинальными диаметрами кабеля посредством «пошаговых таблиц».

Иногда это вызывало проблемы. Рассчитанные номинальные диаметры не обязательно являются такими же, что и фактические значения, полученные в процессе производства. В граничных случаях могут возникать вопросы, если толщина защитного покрытия не соответствует фактическому диаметру, потому что рассчитанный диаметр немного отличается. Вариации в жилах фасонного сечения у различных изготовителей и различные методы расчета вызывают различия в номинальных диаметрах и поэтому могут привести к вариациям в толщине защитных покрытий, используемых на одной и той же основной конструкции кабеля.

Во избежание этих трудностей используют метод приблизительного расчета, смысл которого заключается в игнорировании формы и степени уплотнения проводников и расчете фиктивных диаметров по формулам, основанным на площади поперечного сечения проводников, номинальной толщине изоляции и количестве жил. Толщина оболочек и других защитных покрытий затем связывают (соотносят) с фиктивными диаметрами по формулам или таблицам. Точно указывают метод расчета фиктивных диаметров, поэтому отсутствует неопределенность в отношении толщины используемых защитных покрытий, которая не зависит от незначительных различий в производственной практике. Этот метод стандартизирует конструкции кабеля, предварительно рассчитанную толщину и конкретизирует каждое поперечное сечение кабеля.

Приблизительный расчет используют только для определения размеров оболочек и защитных покрытий кабеля. Этот расчет не заменяет расчета фактических диаметров, требуемого для практических целей, которые должны рассчитываться по отдельности.

А.1 Общие положения

Следующий метод приблизительного расчета толщины различных защитных покрытий в кабеле был принят, чтобы гарантировать, что любые различия, которые могут возникать в независимых расчетах, например, вследствие допущения размеров проводника и неизбежных различий между номинальными и фактически полученными диаметрами, будут устранены.

Все значения толщины и диаметров должны округляться в соответствии с правилами, изложенными в приложении С до первого десятичного числа.

Зажимные полосы, например, контрспирали поверх брони, если они не толще 0,13 мм, игнорируют в данном методе расчета.

А.2 Метод

А.2.1 Проводники

В таблице А.1 для каждого номинального поперечного сечения дается фиктивный диаметр (d_L) проводника, не зависимо от формы и плотности укладки.

Таблица А.1 – Фиктивный диаметр проводника

Номинальное поперечное сечение проводника, мм ²	d_L , мм	Номинальное поперечное сечение проводника, мм ²	d_L , мм
10	3,6	240	17,5
16	4,5	300	19,5
25	5,6	400	22,6
35	6,7	500	25,2
50	8,0	630	28,3
70	9,4	800	31,9
95	11,0	1000	35,7
120	12,4	1200	39,1
150	13,8	1400	42,2
185	15,3	1600	45,1

А.2.2 Жилы кабеля

Фиктивный диаметр D_c любой жилы кабеля рассчитывают по следующим формулам:

а) для кабелей, имеющих жилы без полупроводящих слоев:

$$D_c = d_L + 2 t_i$$

б) для кабелей, имеющих жилы с полупроводящими слоями:

$$D_c = d_L + 2 t_i + 3,0,$$

где t_i – номинальная толщина изоляции, мм (см. таблицы 5 – 7).

Если применяется металлический экран или концентрический проводник, необходимо сделать следующее дополнение в соответствии с А.2.5.

А.2.3 Диаметр по уложенным снаружи жилам кабеля

Фиктивный диаметр по проходящим снаружи жилам кабеля (D_f) определяют по формуле:

$$D_f = k D_c,$$

где общий коэффициент k равен 2,16 для трехжильных кабелей.

А.2.4 Внутренние покрытия

Фиктивный диаметр по внутреннему покрытию (D_B) определяют по формуле:

$$D_B = D_f + 2 t_B,$$

где $t_B = 0,4$ мм для фиктивных диаметров по уложенным снаружи жилам кабеля (D_f) до 40 мм (включительно);

$t_B = 0,4$ мм для (D_f) свыше 40 мм.

Эти фиктивные значения для t_B применяют для:

а) трехжильных кабелей:

- независимо от того, применяется ли внутреннее покрытие или нет;

- независимо от того, является ли внутреннее покрытие экструдированным или уложено внахлест;

Если не используется разделительная оболочка, соответствующая 13.3.3, вместо или дополнительно к внутреннему покрытию, тогда как вместо него используется А.2.7;

б) одножильных кабелей:

когда применяется внутреннее покрытие, независимо от того, является ли оно экструдированным или уложенным внахлест.

А.2.5 Концентрические проводники и металлические экраны

Увеличение в диаметре вследствие концентрического проводника и металлического экрана показано в таблице А.2.

Таблица А.2 – Увеличение диаметра концентрических проводников и металлических экранов

Номинальное поперечное сечение концентрического проводника или металлического экрана, мм ²	Увеличение в диаметре, мм	Номинальное поперечное сечение концентрического проводника или металлического экрана, мм ²	Увеличение в диаметре, мм
1,5	0,5	50	1,7
2,5	0,5	70	2,0
4	0,5	95	2,4
6	0,6	120	2,7
10	0,8	150	3,0
16	1,1	185	4,0
25	1,2	240	5,0
35	1,4	300	6,0

Если поперечное сечение концентрического проводника или металлического экрана лежит между двумя значениями, приведенных выше в таблице, тогда увеличение в диаметре является таким, ко-

торое дано для большего значения двух поперечных сечений.

Если используют металлический экран, то площадь поперечного сечения экрана, указанного выше в таблице, рассчитывают следующим образом:

а) экран из лент

$$\text{площадь поперечного сечения} = n_t \times t_t \times w_t,$$

где n_t – количество лент;

t_t – номинальная толщина отдельной ленты, мм;

w_t – номинальная ширина отдельной ленты, мм.

Если общая толщина экрана составляет менее 0,15 мм, тогда увеличение в диаметре должно быть равно 0:

Для экрана из лент, уложенных внахлест, либо из двух лент, либо из одной с их частичным перекрытием, общая толщина должна составлять двойную толщину ленты;

– для экрана из ленты, расположенной продольно:

- если частичное перекрытие составляет менее 30 %, то общая толщина равна толщине ленты;

- если частичное перекрытие составляет более или равно 30 %, то общая толщина равна двойной толщине ленты

б) проволочный экран (с контрспиралью, если имеется):

$$\text{площадь поперечного сечения} = \frac{n_w \times d_w^2 \times \pi}{4} + n_h \times t_h \times w_h,$$

где n_w – количество проволок;

d_w – диаметр отдельной проволоки, мм;

n_h – количество витков контрспирали;

t_h – толщина контрспирали, мм, если она более 0,3 мм;

w_h – ширина контрспирали, мм.

A.2.6 Свинцовая оболочка

Фиктивный диаметр по свинцовой оболочке (D_{pb}) определяют по формуле:

$$D_{pb} = D_g + 2 t_{pb},$$

где D_g – фиктивный диаметр под свинцовой оболочкой, мм;

t_{pb} – толщина, рассчитанная в соответствии с 12.1, мм.

A.2.7 Разделительная оболочка

Фиктивный диаметр по разделительной оболочке (D_s) определяют по формуле:

$$D_s = D_u + 2 t_s,$$

где D_u – фиктивный диаметр под разделительной оболочкой, мм;

t_s – толщина, рассчитанная в соответствии с 13.1.1, мм.

A.2.8 Подложка, соединенная внахлест

Фиктивный диаметр по подложке, соединенной внахлест (D_{lb}), определяют по формуле:

$$D_{lb} = D_{ulb} + 2 t_{lb},$$

где D_{ulb} – фиктивный диаметр под подложкой, соединенной внахлест, мм;

t_{lb} – толщина подложки, соединенной внахлест, т.е. 1,5 мм в соответствии с 13.3.4, мм.

A.2.9 Дополнительная подложка для кабелей, армированных лентой (поверх внутреннего

покрытия)

Таблица А.3 – Увеличение диаметра для дополнительного слоя

Фиктивный диаметр под дополнительной подложкой		Увеличение в диаметре для дополнительной подложки, мм
Свыше, мм	До (включительно), мм	
-	29	1,0
29	-	1,6

А.2.10 Броня кабеляФиктивный диаметр по броне кабеля (D_x) определяют по формуле:

а) броня из плоской или круглой проволоки:

$$D_x = D_A + 2 t_A + t_w,$$

где D_A – диаметр под броней кабеля, мм; t_A – толщина или диаметр проволочной кабельной брони, мм; t_w – толщина контрспирали, если таковая имеется, мм, если более 0,3 мм.

б) для двойной ленточной кабельной брони:

$$D_x = D_A + 4 t_A,$$

где D_A – диаметр под броней кабеля, мм; t_A – толщина или диаметр проволочной кабельной брони, мм.

Приложение В (справочное)

Постоянные номинальные токи для кабелей с изоляцией, выполненной методом экструзии, и номинальным напряжением от 3,6/6 кВ до 18/30 кВ, сведенные в таблицу

В.1 Общие положения

Настоящее приложение касается исключительно устойчивых постоянных номинальных токов одножильных и трехжильных кабелей с изоляцией, выполненной методом экструзии. Приведенные в таблице номинальные токи, представленные в настоящем приложении, были рассчитаны для кабелей, имеющих номинальное напряжение 6/10 кВ и конструкции, подробно описанные в разделе В.2.

Эти номинальные токи могут применяться к кабелям аналогичных конструкций в диапазоне напряжений 3,6/6 кВ до 18/30 кВ.

Некоторые параметры, например, площадь поперечного сечения и толщина наружной оболочки, влияют на токовую нагрузку крупных кабелей. Кроме того, метод соединения экрана необходимо принимать во внимание при оценке одножильных кабелей.

Приведенные в таблицу номинальные токи были рассчитаны с использованием методов, изложенных в IEC 60287.

Примечание 1 – Циклические токовые нагрузки см. IEC 60853.

Примечание 2 – Ограничения температуры замыкания накоротко см. в IEC 60986.

В.2 Конструкции кабеля

Конструкции кабеля и размеры, для которых номинальные токи были сведены в таблицу, основаны на тех, которые приводятся в настоящем стандарте. Используемые конструкции кабеля и размеры не связаны со специфическими национальными проектами, но отражают кабели различных моделей. Предполагается, что армированные трехжильные кабели имеют броню из плоской проволоки, а одножильные кабели - не армированы. Все кабели имеют экраны из медной ленты по изолированной жиле, за исключением одножильных изолированных кабелей из сшитого полиэтилена, который имеет экраны из медной проволоки. Номинальные площади поперечного сечения экранов для моделей кабеля представлены в таблице В.1.

Таблица В.1 – Номинальная площадь поперечного сечения экрана

Номинальная площадь проводника, мм ²	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300	400
Номинальная площадь поперечного сечения, на жилу, мм ²												
Кабель с изоляцией из EPR	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	7	8
Кабель с изоляцией из XLPE	16	16	16	16	16	16	16	25	25	25	25	35

В.3 Температуры

Максимальная температура проводника, для которой были рассчитаны номинальные токи кабелей, приведенные в таблице, составляет 90° С.

Эталонные температуры окружающей среды являются следующими:

- для кабелей в воздушной среде: 30° С

- для подземных кабелей, либо проложенных непосредственно в грунте, либо в трубах, проложенных в грунте: 20° С

Поправочные коэффициенты для других температур окружающей среды даны в таблицах В.10 и В.11.

В отношении номинальных токов кабелей в воздушной среде не учитывают их повышение, если таковое происходит, вследствие солнечного или другого инфракрасного излучения. Там, где кабели подвергаются воздействию такого излучения, номинальный ток следует определять методами, указанными в IEC 60287.

В.4 Термическое удельное сопротивление грунта

Приведенные в таблице номинальные токи кабелей, проложенных в трубах или непосредственно в грунте, связаны с термическим удельным сопротивлением грунта, составляющим 1,5 К·м/Вт. Информация о наиболее вероятном термическом удельном сопротивлении грунта в различных странах изложена в IEC 60287-3-1. Поправочные коэффициенты для других значений термического удельного сопротивления даны в таблицах В.14 и В.17.

Предполагается, что свойства грунта являются однородными, и в расчет не принимается вероят-

ность миграция влаги, которая может привести к возникновению зоны высокого термического удельного сопротивления вокруг кабеля. Если предвидится частичное высушивание грунта, то допустимый номинальный ток определяют методами, изложенными в IEC 60287.

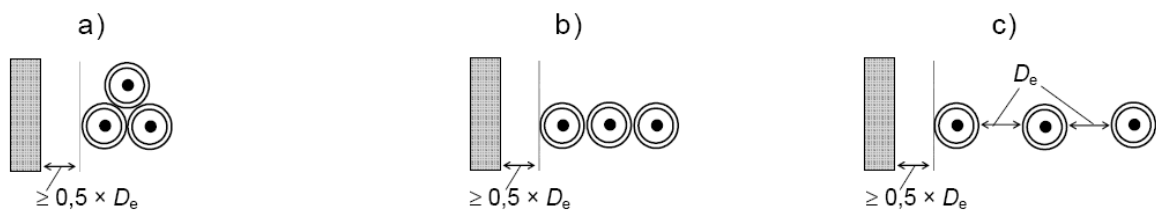
В.5 Методы укладки кабелей

Номинальные токи сведены в таблицу для кабелей, прокладываемых в следующих условиях.

В.5.1 Одножильные кабели, прокладываемые в воздушной среде

Допускается укладка кабеля на расстоянии, которое, по крайней мере, в 0,5 раза больше диаметра кабеля от любой вертикальной поверхности и установленного на кронштейнах или лотках лестничного типа следующим образом:

- а) три кабеля в виде треугольника, соприкасающиеся по всей их длине;
- б) три кабеля, проложенные в горизонтальной плоскости, соприкасающиеся по всей их длине;
- с) три кабеля, проложенные в горизонтальной плоскости, с зазором, равным одному диаметру кабеля.



IEC 426/05

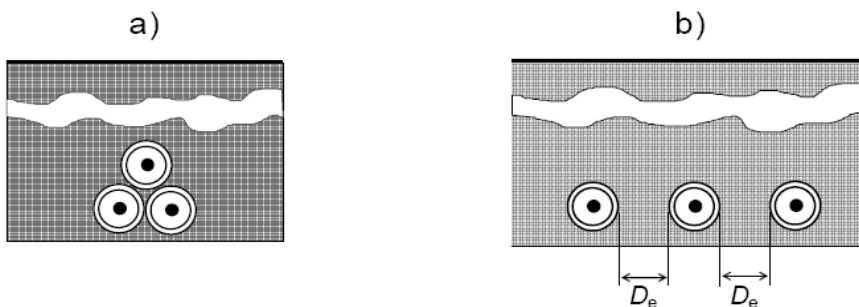
где D_e – это наружный диаметр кабеля.

Рисунок В.1 – Одножильные кабели для прокладки в воздушной среде

В.5.2 Одножильные кабели для прокладки непосредственно в грунте

Номинальные токи даны для кабелей, прокладываемых непосредственно в грунте на глубине 0,8 м при следующих условиях:

- а) три кабеля в виде треугольника, соприкасающиеся по всей их длине;
- б) три кабеля, проложенные в горизонтальной плоскости, с зазором, равным одному диаметру кабеля, D_e .



IEC 427/05

Рисунок В.2 – Одножильные кабели для прокладки непосредственно в грунте
 Глубина прокладки кабеля измеряется до оси кабеля или центра треугольника.

В.5.3 Одножильные кабели для прокладки в керамических трубах

Номинальные токи даны для кабелей, прокладываемых в керамических трубах на глубине 0,8 м по одному кабелю в каждой трубе следующим образом:

- а) три кабеля в трубах, расположенных в виде треугольника, соприкасающиеся по всей их длине;
- б) три кабеля, проложенные в горизонтальной плоскости в трубах, соприкасающихся по всей их длине.



IEC 428/05

Рисунок В.3 – Одножильные кабели для прокладки в керамическом трубопроводе

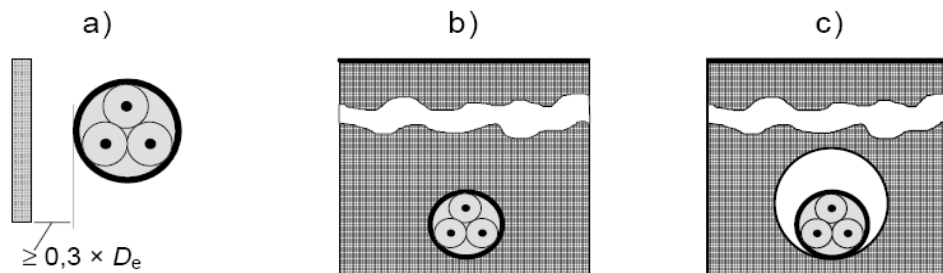
Трубы, прокладываемые в воздушной среде, должны иметь внутренний диаметр, который в 1,5 раза больше наружного диаметра кабеля, с толщиной стенки, равной 6 % внутреннего диаметра трубы. Номинальные характеристики основаны на предположении, что трубы заполнены воздухом. Если трубы заполняются таким материалом, как бентонит, то тогда обычно используют номинальные токи для кабелей, прокладываемых непосредственно в грунте.

Приведенные в таблице номинальные токи можно прикладывать к кабелям в трубах, имеющих внутренний диаметр, который в 1,2 – 1,5 раз больше наружного диаметра кабелей. Для данного диапазона диаметров изменение номинального тока составляет менее 2 % значения, указанного в таблице.

В.5.4 Трехжильные кабели

Номинальные токи даны для трехжильных кабелей, устанавливаемых в следующих условиях:

- а) одиночный кабель, прокладываемый в воздушной среде на расстоянии, которое, по крайней мере, в 0,3 раза больше диаметра кабеля от любой вертикальной поверхности;
- б) одиночный кабель, прокладываемый непосредственно в грунте на глубине 0,8 м;
- с) одиночный кабель, прокладываемый непосредственно в керамической трубе, имеющей размеры, рассчитанные таким же образом, что и для керамических труб. Глубина прокладки кабеля составляет 0,8 м.



IEC 429/05

Рисунок В.4 – Трехжильные кабели

В.6 Глухое соединение экрана

Все номинальные токи, приведенные в таблице, для одножильных кабелей допускают, что экраны кабеля имеют глухое соединение, т.е. закреплены на обоих концах кабелей.

В.7 Нагрузка на кабель

Номинальные токи, указанные в таблице, касаются цепей, несущих сбалансированную трехфазную нагрузку при номинальной частоте 50 Гц.

В.8 Коэффициенты токовой нагрузки для сгруппированных цепей

Номинальные токи, указанные в таблице, применяют к группе одножильных кабелей или к одному трехжильному кабелю, образующим цепь. Если определенное количество цепей устанавливаются в непосредственной близости номинальный ток должен быть уменьшен на соответствующий коэффициент, приведенный в таблицах В.18 – В.23.

Эти коэффициенты токовой нагрузки также применяют к группам параллельных кабелей, образующим одну ту же цепь. В таких случаях следует также уделять внимание расположению кабелей, чтобы гарантировать равномерное распределение тока нагрузки между параллельными кабелями.

В.9 Поправочные коэффициенты

Поправочные коэффициенты, указанные в таблицах В.18 – В.23, для температуры, условиях прокладки и группировке, являются средними значениями во всем диапазоне размеров проводников и типов кабелей. В конкретных случаях поправочный коэффициент можно рассчитывать с использованием методов, изложенных в ІЕС 60287-2-1.

Таблица В.2 - Номинальные токи для одножильных кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена. Номинальное напряжение 3,6/6 кВ – 18/30 кВ* – Медный проводник

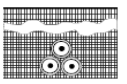
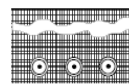
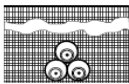
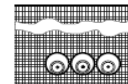
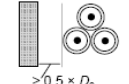
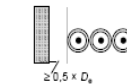
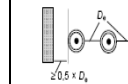
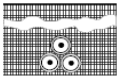
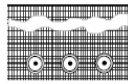
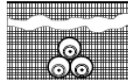
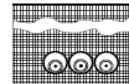
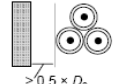
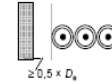
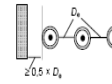
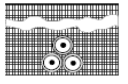
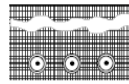
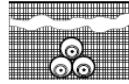
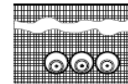
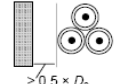
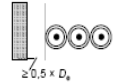
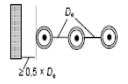
Номинальная площадь проводника	Для прокладки непосредственно в грунте		Для прокладки в однонаправленных трубопроводах		Для прокладки в воздушной среде		
	Расположение треугольником	Плоско расположенные	Расположение треугольником	Плоско расположенные и примыкающие друг к другу	Расположение треугольником	Плоско расположенные и примыкающие друг к другу	Плоско расположенные
							
мм ²	А	А	А	А	А	А	А
16	109	113	103	104	125	128	150
25	140	144	132	133	163	167	196
35	166	172	157	159	198	203	238
50	196	203	186	188	243	243	286
70	239	246	227	229	303	303	356
95	285	293	271	274	369	369	434
120	323	332	308	417	426	426	500
150	361	366	343	473	481	481	559
185	406	410	387	543	550	550	637
240	469	470	447	641	647	647	745
300	526	524	504	735	739	739	846
400	590	572	564	845	837	837	938
Максимальная температура проводника				90°			
Температура окружающей среды				30°			
Температура грунта				20°			
Глубина укладки				0,8 м			
Термическое сопротивление				1,5 К·м/Вт			
Термическое сопротивление керамических труб				1,2 К·м/Вт			
Экраны, имеющиеся на обоих концах							
* Номинальный ток, рассчитанный для кабелей номинальным напряжением 6/10 кВ.							

Таблица В.3 - Номинальные токи для одножильных кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена. Номинальное напряжение 3,6/6 кВ – 18/30 кВ* – Алюминиевый проводник

Номинальная площадь проводника	Для прокладки непосредственно в грунте		Для прокладки в однонаправленных трубопроводах		Для прокладки в воздушной среде		
	Расположение треугольником	Плоско расположенные	Расположение треугольником	Плоско расположенные и прилегающие друг к другу	Расположение треугольником	Плоско расположенные и примыкающие друг к другу	Плоско расположенные
							
мм ²	А	А	А	А	А	А	А
16	84	88	80	81	97	99	116
25	108	112	102	103	127	130	153
35	129	134	122	123	154	157	185
50	152	157	144	146	184	189	222
70	186	192	176	178	230	236	278
95	221	229	210	213	280	287	338
120	252	260	240	242	324	332	391
150	281	288	267	271	368	376	440
185	317	324	303	307	424	432	504
240	367	373	351	356	502	511	593
300	414	419	397	402	577	586	677
400	470	466	451	457	673	676	769
Максимальная температура проводника				90°			
Температура окружающей среды				30°			
Температура грунта				20°			
Глубина укладки				0,8 м			
Термическое сопротивление				1,5 К·м/Вт			
Термическое сопротивление керамических труб				1,2 К·м/Вт			
Экраны, имеющиеся на обоих концах							

* Номинальный ток, рассчитанный для кабелей номинальным напряжением 6/10 кВ.

Таблица В.4 - Номинальные токи для одножильных кабелей с изоляцией из полипропиленового каучука. Номинальное напряжение 3,6/6 кВ – 18/30 кВ* – Медный проводник

Номинальная площадь проводника	Для прокладки непосредственно в грунте		Для прокладки в однонаправленных трубопроводах		Для прокладки в воздушной среде		
	Расположение треугольником	Плоско расположенные	Расположение треугольником	Плоско расположенные и прилегающие друг к другу	Расположение треугольником	Плоско расположенные и прилегающие друг к другу	Плоско расположенные
							
мм ²	А	А	А	А	А	А	А
16	106	109	99	100	116	119	138
25	136	140	128	129	153	156	181
35	162	167	153	154	186	190	221
50	192	198	181	183	224	229	266
70	234	242	222	224	280	287	334
95	280	289	266	269	343	352	409
120	319	329	303	306	398	407	474
150	357	369	341	344	454	465	540
185	403	417	386	390	522	534	621
240	467	484	449	454	619	634	736
300	526	545	509	515	712	728	843
400	597	618	580	588	825	843	977
Максимальная температура проводника				90°			
Температура окружающей среды				30°			
Температура грунта				20°			
Глубина укладки				0,8 м			
Термическое сопротивление				1,5 К·м/Вт			
Термическое сопротивление керамических труб				1,2 К·м/Вт			
Экраны, имеющиеся на обоих концах							

* Номинальный ток, рассчитанный для кабелей номинальным напряжением 6/10 кВ.

Таблица В.5 - Номинальные токи для одножильных кабелей с изоляцией из полипропиленового каучука. Номинальное напряжение 3,6/6 кВ – 18/30 кВ* – Алюминиевый проводник

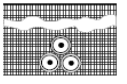
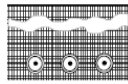
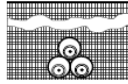
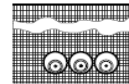
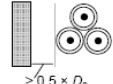
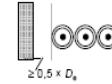
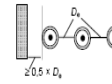
Номинальная площадь проводника	Для прокладки непосредственно в грунте		Для прокладки в однонаправленных трубопроводах		Для прокладки в воздушной среде		
	Расположение треугольником	Плоско расположенные	Расположение треугольником	Плоско расположенные и прилегающие друг к другу	Расположение треугольником	Плоско расположенные и примыкающие друг к другу	Плоско расположенные
							
мм ²	А	А	А	А	А	А	А
16	82	84	77	78	90	92	107
25	105	109	99	100	119	121	141
35	126	130	118	120	144	147	171
50	149	153	140	142	174	178	207
70	182	188	172	174	218	223	259
95	217	224	206	208	266	273	317
120	247	256	235	238	309	317	368
150	277	287	264	267	352	361	419
185	314	325	300	303	406	417	484
240	364	377	350	354	483	495	575
300	411	426	397	401	556	570	659
400	471	487	456	462	651	667	770
Максимальная температура проводника				90°			
Температура окружающей среды				30°			
Температура грунта				20°			
Глубина укладки				0,8 м			
Термическое сопротивление				1,5 К·м/Вт			
Термическое сопротивление керамических труб				1,2 К·м/Вт			
Экраны, имеющиеся на обоих концах							
* Номинальный ток, рассчитанный для кабелей номинальным напряжением 6/10 кВ.							

Таблица В.6 - Номинальный ток для трехжильных кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена. Номинальное напряжение 3,6/6 кВ – 18/30 кВ*. Медный проводник (армированный и неармированный)

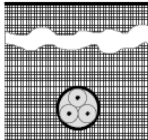
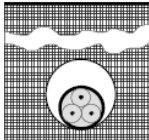
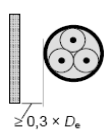
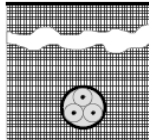
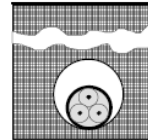
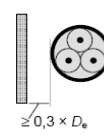
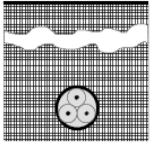
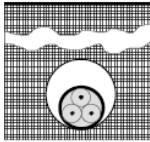
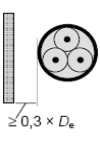
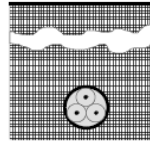
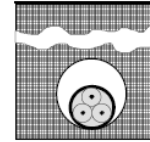
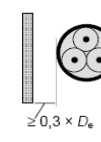
Номинальная площадь проводника	Армированный			Неармированный		
	Для прокладки непосредственно в грунте	Для прокладки в заглубленной трубе	Для прокладки в воздушной среде	Для прокладки непосредственно в грунте	Для прокладки в заглубленной трубе	Для прокладки в воздушной среде
						
мм ²	A	A	A	A	A	A
16	101	87	109	101	88	110
25	129	112	142	129	112	143
35	153	133	170	154	134	172
50	181	158	204	181	158	205
70	221	193	253	220	194	253
95	262	231	304	263	232	307
120	298	264	351	298	264	352
150	334	297		332	296	397
185	377	336	455	374	335	453
240	434	390	531	431	387	529
300	489	441	606	482	435	599
400	553	501	696	541	492	683
Максимальная температура проводника			90°			
Температура окружающей среды			30°			
Температура грунта			20°			
Глубина укладки			0,8 м			
Термическое сопротивление			1,5 К·м/Вт			
Термическое сопротивление керамических труб			1,2 К·м/Вт			
Экраны, имеющиеся на обоих концах						
* Номинальный ток, рассчитанный для кабелей номинальным напряжением 6/10 кВ.						

Таблица В.7 - Номинальный ток для трехжильных кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена. Номинальное напряжение 3,6/6 кВ – 18/30 кВ* – Алюминиевый проводник (армированный и неармированный)

Номинальная площадь проводника	Армированный			Неармированный		
	Для прокладки непосредственно в грунте	Для прокладки в заглубленной трубе	Для прокладки в воздушной среде	Для прокладки непосредственно в грунте	Для прокладки в заглубленной трубе	Для прокладки в воздушной среде
мм ²	А	А	А	А	А	А
16	78	67	84	78	68	85
25	100	87	110	100	87	111
35	119	103	132	119	104	133
50	140	122	158	140	123	159
70	171	150	196	171	150	196
95	203	179	236	204	180	238
120	232	205	273	232	206	274
150	260	231	309	259	231	309
185	294	262	355	293	262	354
240	340	305	415	338	304	415
300	384	346	475	380	343	472
400	438	398	552	432	393	545
Максимальная температура проводника			90°			
Температура окружающей среды			30°			
Температура грунта			20°			
Глубина укладки			0,8 м			
Термическое сопротивление			1,5 К·м/Вт			
Термическое сопротивление керамических труб			1,2 К·м/Вт			
Экраны, имеющиеся на обоих концах.						
* Номинальный ток, рассчитанный для кабелей номинальным напряжением 6/10 кВ.						

Таблица В.8 - Номинальный ток для трехжильных кабелей с изоляцией из полипропиленового каучука. Номинальное напряжение 3,6/6 кВ – 18/30 кВ* – Медный проводник (армированный и неармированный)

Номинальная площадь проводника	Армированный			Неармированный		
	Для прокладки непосредственно в грунте	Для прокладки в заглубленной трубе	Для прокладки в воздушной среде	Для прокладки непосредственно в грунте	Для прокладки в заглубленной трубе	Для прокладки в воздушной среде
						
мм ²	А	А	А	А	А	А
16	98	84	104	98	85	104
25	125	109	135	125	109	136
35	150	130	164	150	131	164
50	176	154	195	177	155	197
70	216	189	243	216	190	244
95	258	227	296	257	227	296
120	292	258	339	292	259	339
150	328	291	385	327	291	385
185	371	330	441	368	328	439
240	429	384	519	424	381	513
300	482	434	590	475	429	583
400	545	494	678	534	485	666
Максимальная температура проводника			90°			
Температура окружающей среды			30°			
Температура грунта			20°			
Глубина укладки			0,8 м			
Термическое сопротивление			1,5 К·м/Вт			
Термическое сопротивление керамических труб			1,2 К·м/Вт			
Экраны, имеющиеся на обоих концах						
* Номинальный ток, рассчитанный для кабелей номинальным напряжением 6/10 кВ.						

СТБ ІЕС 60502-2/ПР_1

Таблица В.9 - Номинальный ток для трехжильных кабелей с изоляцией из полипропиленового каучука. Номинальное напряжение 3,6/6 кВ – 18/30 кВ* – Алюминиевый проводник (армированный и неармированный)

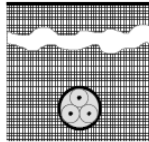
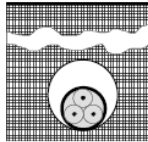
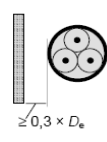
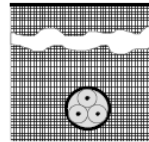
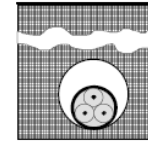
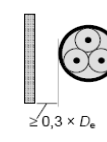
Номинальная площадь проводника мм ²	Армированный			Неармированный		
	Для прокладки непосредственно в грунте	Для прокладки в заглубленной трубе	Для прокладки в воздушной среде	Для прокладки непосредственно в грунте	Для прокладки в заглубленной трубе	Для прокладки в воздушной среде
						
А	А	А	А	А	А	
16	76	65	80	76	66	81
25	97	84	105	97	85	105
35	116	101	127	116	101	127
50	137	119	151	137	120	153
70	167	147	189	168	147	190
95	200	176	229	200	176	230
120	227	201	263	227	201	264
150	255	226	299	254	226	300
185	289	257	343	288	257	343
240	335	300	406	332	299	402
300	378	340	462	374	338	459
400	432	392	538	426	387	530
Максимальная температура проводника			90°			
Температура окружающей среды			30°			
Температура грунта			20°			
Глубина укладки			0,8 м			
Термическое сопротивление			1,5 К·м/Вт			
Термическое сопротивление керамических труб			1,2 К·м/Вт			
Экраны, имеющиеся на обоих концах.						
* Номинальный ток, рассчитанный для кабелей номинальным напряжением 6/10 кВ.						

Таблица В.10 - Поправочные коэффициенты для температуры окружающей среды, кроме 30° С

Максимальная температура проводника, °С	Температура окружающей среды, °С							
	20	25	35	40	45	50	55	60
90	1,08	1,04	0,96	0,91	0,87	0,82	0,76	0,71

Таблица В.11 - Поправочные коэффициенты для температуры грунта, кроме 20° С

Максимальная температура проводника, °С	Температура окружающей среды, °С							
	10	15	25	30	35	40	45	50
90	1,07	1,04	0,96	0,93	0,89	0,85	0,80	0,76

Таблица В.12 – Поправочные коэффициенты для глубин прокладки кабеля, кроме 0,8 м, прокладываемого прямо в траншее

Глубина укладки	Одножильные кабели		Трехжильные кабели
	Номинальный размер проводника, мм ²		
	≤ 185 мм ²	> 185 мм ²	
0,5	1,04	1,06	1,04
0,6	1,02	1,04	1,03
1	0,98	0,97	0,98
1,25	0,96	0,95	0,96
1,5	0,95	0,93	0,95
1,75	0,94	0,91	0,94
2	0,93	0,90	0,93
2,5	0,91	0,88	0,91
3	0,90	0,86	0,90

Таблица В.13 – Поправочные коэффициенты для глубин прокладки кабеля, кроме 0,8 м, прокладываемого в трубопроводах

Глубина укладки	Одножильные кабели		Трехжильные кабели
	Номинальный размер проводника, мм ²		
	≤ 185 мм ²	> 185 мм ²	
0,5	1,04	1,05	1,03
0,6	1,02	1,03	1,02
1	0,98	0,97	0,99
1,25	0,96	0,95	0,97
1,5	0,95	0,93	0,96
1,75	0,94	0,92	0,95
2	0,93	0,91	0,94
2,5	0,91	0,89	0,93
3	0,90	0,88	0,92

Таблица В.14 – Поправочные коэффициенты для термического удельного сопротивления грунта кроме 1,5 К·м/Вт для одножильных кабелей, прокладываемых прямо в траншее

Ном. площадь поперечного сечения, мм ²	Значения термического удельного сопротивления грунта, К·м/Вт						
	0,7	0,8	0,9	1	2	2,5	3
16	1,29	1,24	1,19	1,15	0,89	0,82	0,75
25	1,30	1,25	1,20	1,16	0,89	0,81	0,75
35	1,30	1,25	1,21	1,16	0,89	0,81	0,75
50	1,32	1,26	1,21	1,16	0,89	0,81	0,74
70	1,33	1,27	1,22	1,17	0,89	0,81	0,74
95	1,34	1,28	1,22	1,18	0,89	0,80	0,74
120	1,34	1,28	1,22	1,18	0,88	0,80	0,74
150	1,35	1,28	1,23	1,18	0,88	0,80	0,74
185	1,35	1,29	1,23	1,18	0,88	0,80	0,74
240	1,36	1,29	1,23	1,18	0,88	0,80	0,73
300	1,36	1,30	1,24	1,19	0,88	0,80	0,73
400	1,37	1,30	1,24	1,19	0,88	0,79	0,73

Таблица В.15 – Поправочные коэффициенты для термического удельного сопротивления грунта кроме 1,5 К·м/Вт для одножильных кабелей в трубопроводах, прокладываемых в грунте

Номинальная площадь поперечного сечения, мм ²	Значения термического удельного сопротивления грунта, К·м/Вт						
	0,7	0,8	0,9	1	2	2,5	3
16	1,20	1,17	1,14	1,11	0,92	0,85	0,79
25	1,21	1,17	1,14	1,12	0,91	0,85	0,79
35	1,21	1,18	1,15	1,12	0,91	0,84	0,79
50	1,21	1,18	1,15	1,12	0,91	0,84	0,78
70	1,22	1,19	1,15	1,12	0,91	0,84	0,78
95	1,23	1,19	1,16	1,13	0,91	0,84	0,78
120	1,23	1,20	1,16	1,13	0,91	0,84	0,78
150	1,24	1,20	1,16	1,13	0,91	0,83	0,78
185	1,24	1,20	1,17	1,13	0,91	0,83	0,78
240	1,25	1,21	1,17	1,14	0,90	0,83	0,77
300	1,25	1,21	1,17	1,14	0,90	0,83	0,77
400	1,25	1,21	1,17	1,14	0,90	0,83	0,77

Таблица В.16 – Поправочные коэффициенты для термического удельного сопротивления грунта кроме 1,5 К·м/Вт для трехжильных кабелей, прокладываемых непосредственно в грунте

Номинальная площадь поперечного сечения, мм ²	Значения термического удельного сопротивления грунта, К·м/Вт						
	0,7	0,8	0,9	1	2	2,5	3
16	1,23	1,19	1,16	1,13	0,91	0,84	0,78
25	1,24	1,20	1,16	1,13	0,91	0,84	0,78
35	1,25	1,21	1,17	1,13	0,91	0,83	0,78
50	1,25	1,21	1,17	1,14	0,91	0,83	0,77
70	1,26	1,21	1,18	1,14	0,90	0,83	0,77
95	1,26	1,22	1,18	1,14	0,90	0,83	0,77
120	1,26	1,22	1,18	1,14	0,90	0,83	0,77
150	1,27	1,22	1,18	1,15	0,90	0,83	0,77
185	1,27	1,23	1,18	1,15	0,90	0,83	0,77
240	1,28	1,23	1,19	1,15	0,90	0,83	0,77
300	1,28	1,23	1,19	1,15	0,90	0,82	0,77
400	1,28	1,23	1,19	1,15	0,90	0,82	0,76

Таблица В.17 – Поправочные коэффициенты для термического удельного сопротивления грунта кроме 1,5 К·м/Вт для трехжильных кабелей, прокладываемых в трубопроводах

Ном. площадь поперечного сечения, мм ²	Значения термического удельного сопротивления грунта, К·м/Вт						
	0,7	0,8	0,9	1	2	2,5	3
16	1,12	1,11	1,09	1,08	0,94	0,89	0,84
25	1,14	1,12	1,10	1,08	0,94	0,89	0,84
35	1,14	1,12	1,10	1,08	0,94	0,88	0,84
50	1,14	1,12	1,10	1,08	0,94	0,88	0,84
70	1,15	1,13	1,11	1,09	0,94	0,88	0,83
95	1,15	1,13	1,11	1,09	0,94	0,88	0,83
120	1,15	1,23	1,11	1,09	0,93	0,88	0,83
150	1,16	1,23	1,11	1,09	0,93	0,88	0,83
185	1,16	1,14	1,11	1,09	0,93	0,87	0,83
240	1,16	1,14	1,12	1,10	0,93	0,87	0,82

300	1,17	1,14	1,12	1,10	0,93	0,87	0,82
400	1,17	1,14	1,12	1,10	0,92	0,86	0,81

Таблица В.18 - Поправочные коэффициенты для групп 3-жильных кабелей в горизонтальном пласте, прокладываемых непосредственно в грунте

Кол-во кабелей в группе	Расстояние между центрами кабелей, мм				
	Соприкасающиеся	200	400	600	800
2	0,80	0,86	0,90	0,92	0,94
3	0,69	0,77	0,82	0,86	0,89
4	0,62	0,72	0,79	0,83	0,87
5	0,57	0,68	0,76	0,81	0,85
6	0,54	0,65	0,74	0,80	0,84
7	0,51	0,63	0,72	0,78	0,83
8	0,49	0,61	0,71	0,78	-
9	0,47	0,60	0,70	0,77	-
10	0,46	0,59	0,69	-	-
11	0,45	0,57	0,69	-	-
12	0,43	0,58	0,68	-	-

Таблица В.19 – Поправочные коэффициенты для групп 3-фазных цепей одножильных кабелей, прокладываемых непосредственно в грунте

Кол-во кабелей в группе	Расстояние между центрами кабелей, мм				
	Соприкасающиеся	200	400	600	800
2	0,73	0,83	0,88	0,90	0,92
3	0,60	0,73	0,79	0,83	0,86
4	0,54	0,68	0,75	0,80	0,84
5	0,49	0,63	0,72	0,78	0,82
6	0,46	0,61	0,70	0,76	0,81
7	0,43	0,58	0,68	0,75	0,80
8	0,41	0,57	0,67	0,74	-
9	0,39	0,55	0,66	0,73	-
10	0,37	0,54	0,65	-	-
11	0,36	0,53	0,64	-	-
12	0,35	0,52	0,64	-	-



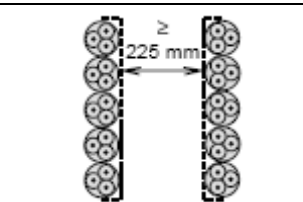
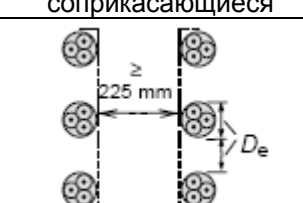
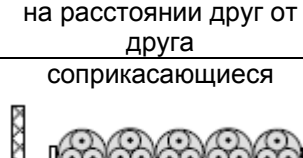
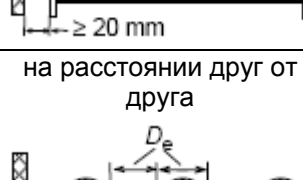
Таблица В.20 – Поправочные коэффициенты для групп 3-жильных кабелей в однонаправленных трубопроводах в горизонтальном пласте

Кол-во кабелей в группе	Расстояние между центрами кабелей, мм				
	Соприкасающиеся	200	400	600	800
2	0,85	0,88	0,92	0,94	0,95
3	0,75	0,80	0,85	0,88	0,91
4	0,69	0,75	0,82	0,86	0,89
5	0,65	0,72	0,79	0,84	0,87
6	0,62	0,69	0,77	0,83	0,87
7	0,59	0,67	0,76	0,82	0,86
8	0,57	0,65	0,75	0,81	-
9	0,55	0,64	0,74	0,80	-
10	0,54	0,63	0,73	-	-
11	0,52	0,62	0,73	-	-
12	0,51	0,61	0,72	-	-

Таблица В.21 – Поправочные коэффициенты для групп 3-фазных цепей одножильных кабелей в однонаправленных трубопроводах

Кол-во кабелей в группе	Расстояние между центрами кабелей, мм				
	Соприкасающиеся	200	400	600	800
2	0,78	0,85	0,89	0,91	0,93
3	0,66	0,75	0,81	0,85	0,88
4	0,59	0,70	0,77	0,82	0,86
5	0,55	0,66	0,74	0,80	0,84
6	0,51	0,64	0,72	0,78	0,83
7	0,48	0,61	0,71	0,77	0,82
8	0,46	0,60	0,70	0,76	-
9	0,44	0,58	0,69	0,76	-
10	0,43	0,57	0,68	-	-
11	0,42	0,56	0,67	-	-
12	0,40	0,55	0,67	-	-

Таблица В.22 – Коэффициенты ослабления для групп, состоящих из нескольких многожильных кабелей в воздушной среде, применяемые для пропускаемого тока для одножильного кабеля в свободной воздушной среде

Метод установки		Кол-во поддонов	Количество кабелей						
			1	2	3	4	6	9	
Кабели на перфорированных поддонах	соприкасающиеся 	1	1,00	0,88	0,82	0,79	0,76	0,73	
		2	1,00	0,87	0,80	0,77	0,73	0,88	
		3	1,00	0,86	0,79	0,76	0,71	0,66	
	на расстоянии друг от друга 	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	-	
Кабели на вертикальных перфорированных поддонах	соприкасающиеся 	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	
	на расстоянии друг от друга 	1	1,00	0,91	0,89	0,88	0,87	-	
		2	1,00	0,91	0,88	0,87	0,85	-	
	Кабели на ступенчатых опорах	соприкасающиеся 	1	1,00	0,87	0,82	0,80	0,79	0,78
			2	1,00	0,86	0,80	0,78	0,76	0,73
3			1,00	0,85	0,79	0,76	0,73	0,70	
на расстоянии друг от друга 		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	-	

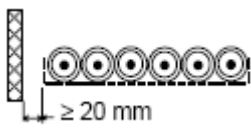
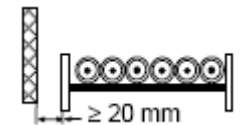
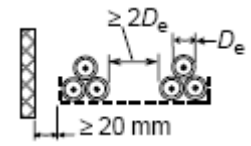
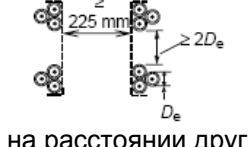
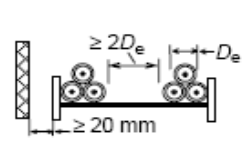
Примечание 1 – Приведенные значения являются средними значениями для рассматриваемых типов кабелей и диапазона размеров проводников. Разброс значений обычно менее 5 %.

Примечание 2 – Коэффициенты, применяемые к группам с одним слоем кабелей, как показано выше, не применяются в случае, когда кабели укладывают в несколько слоев, и они соприкасаются друг с другом. Значения для таких установок могут быть значительно ниже, и их следует определять соответствующим методом.

Примечание 3 – Значения, приводимые для вертикальных промежутков между поддонами, составляют 300 мм и не менее 20 мм между поддонами и стенкой. Для более тесных промежутков коэффициенты следует уменьшить.

Примечание 4 – Значения, приводимые для горизонтальных промежутков между поддонами, составляют 225 мм и не менее 20 мм между поддонами (поддоны располагаются встык). Для более тесных промежутков коэффициенты следует уменьшить.

Таблица В.23 - Коэффициенты ослабления для групп, состоящих из нескольких цепей одножильных кабелей (примечание 2), применяемые для пропускаемого тока одной цепи одножильных кабелей в свободной воздушной среде

Метод установки		Кол-во поддонов	Кол-во трехфазных цепей			Использование в качестве коэффициента для номинального тока для
			1	2	3	
Перфорированные поддоны (Примечание 3)	Соприкасающиеся 	1	0,98	0,91	0,87	трех кабелей, расположенных горизонтально
		2	0,96	0,87	0,81	
		3	0,95	0,85	0,78	
Ступенчатые опоры, крепительные планки и т.п. (Примечание 3)	соприкасающиеся 	1	1,00	0,97	0,96	трех кабелей, расположенных горизонтально
		2	0,98	0,93	0,89	
		3	0,97	0,90	0,86	
Перфорированные поддоны (Примечание 3)		1	1,00	0,98	0,96	трех кабелей, расположенных треугольником
		2	0,97	0,93	0,89	
		3	0,96	0,92	0,86	
Вертикальные перфорированные поддоны (Примечание 4)	на расстоянии друг от друга 	1	1,00	0,91	0,89	
		2	1,00	0,90	0,86	
Ступенчатые опоры, крепительные планки и т.п. (Примечание 3)		1	1,00	1,00	1,00	
		2	0,97	0,95	0,93	
		3	0,96	0,94	0,90	

Примечание 1 – Приведенные значения являются средними значениями для рассматриваемых типов кабелей и диапазона размеров проводников. Разброс значений обычно менее 5 %.

Примечание 2 – Коэффициенты, применяемые к группам с одним слоем кабелей (или групп кабелей, расположенных треугольником), как показано в таблице, не применяются в случае, когда кабели укладывают в несколько слоев, касаясь друг друга. Значения для таких установок могут быть значительно ниже, и их следует определять соответствующим методом.

Примечание 3 – Значения, приводимые для вертикальных промежутков между поддонами, составляют 300 мм. Для более тесных промежутков коэффициенты следует уменьшить.

Примечание 4 – Значения, приводимые для горизонтальных промежутков между поддонами, составляют 225 мм (поддоны располагаются встык). Для более тесных промежутков коэффициенты следует уменьшить.

Примечание 5 – Для цепей, включающих несколько параллельных кабелей на одну фазу, каждый трехфазный комплект проводников следует рассматривать в этой таблице как цепь.

Приложение С
(обязательное)
Округление чисел

С.1 Округление цифр для целей метода расчета фиктивных диаметров

Для округления чисел при расчете фиктивных диаметров и определении размеров уровня компонентов в соответствии с приложением А применяют следующие правила.

Если рассчитанное значение на любом этапе имеет несколько десятичных разрядов, значение следует округлять до десятых, т.е. с точностью до 0,1 мм. Фиктивный диаметр на каждом этапе округляют до 0,1 мм и, когда используется для определения толщины или размера перекрывающего слоя, его округляют до использования в соответствующей формуле или таблице. Толщина, рассчитанная из округленного значения фиктивного диаметра, должна, в свою очередь, быть округлена до 0,1 мм, как того требует приложение А.

Для иллюстрации этих правил даются следующие практические примеры:

а) если цифра во втором десятичном разряде до округления равна 0, 1, 2, 3 или 4, тогда цифра, сохраненная в первом десятичном разряде остается неизменной (округление в меньшую сторону);

Примеры:

$$2,12 \approx 2,1$$

$$2,449 \approx 2,4$$

$$25,0478 \approx 25,0$$

б) если цифра во втором десятичном разряде до округления равна 9, 8, 7, 6 или 5, тогда цифра, сохраненная в первом десятичном разряде увеличивается на единицу (округление в большую сторону).

Примеры:

$$2,17 \approx 2,2$$

$$2,453 \approx 2,5$$

$$30,050 \approx 30,1$$

С.2 Округление чисел для других целей

Для других целей может понадобиться, чтобы числа были округлены более чем на один десятичный разряд. Это может потребоваться, например, при расчете среднего значения результатов нескольких измерений или минимального значения посредством применения допустимого отклонения в процентах для данного номинального значения. В этих случаях округление проводят до числа десятичных разрядов, указанных в соответствующих разделах.

Метод округления должен быть следующим:

а) если за последней цифрой, которую требуется сохранить перед округлением, следует 0, 1, 2, 3 или 4, она должна остаться неизменной (округление в меньшую сторону);

б) если за последней цифрой, которую требуется сохранить перед округлением, следует 9, 8, 7, 6 или 5, ее увеличивают на единицу (округление в большую сторону).

Примеры:

$$2,449 \approx 2,45 \text{ (округлено до двух десятичных разрядов)}$$

$$2,449 \approx 2,4 \text{ (округлено до одного десятичного разряда)}$$

$$25,0478 \approx 25,048 \text{ (округлено до трех десятичных разрядов)}$$

$$25,0478 \approx 25,048 \text{ (округлено до двух десятичных разрядов)}$$

$$25,0478 \approx 25,0 \text{ (округлено до одного десятичного разряда)}$$

Приложение D
(обязательное)

Метод измерения электрического удельного сопротивления полупроводящих экранов

Каждый образец для испытания должен отобран из готового кабеля длиной 150 мм.

Испытательный образец экрана проводника отрезают от жилы кабеля пополам продольно и удаляют жилу и разделитель, если имеются (см. рисунок D.1a). Испытательный образец экрана по изоляции подготавливают путем удаления всех защитных покрытий с образца кабельной жилы (см. D.1b).

Метод определения объемного сопротивления экранов должен быть следующим:

Четыре серебристых электрода А, В, С и D (см. рисунки D.1a и D.1b) прикладывают к полупроводящим поверхностям. Два измерительных электрода, В и С, должны быть отдалены на 50 мм друг от друга и два токовых электрода, А и D, должны располагаться на расстоянии не менее 25 мм позади измерительных электродов.

Электроды соединяют с помощью соответствующих зажимов. При соединении с электродами экрана проводника необходимо обеспечить, чтобы зажимы были изолированы от экрана по изоляции на внешней поверхности испытуемого образца.

Сборку помещают в сушильный шкаф, который заранее нагрели до соответствующей температуры, и спустя 30 мин сопротивление между электродами измеряют с помощью цепи, мощность которой не должна превышать 100 мВт.

После проведения электрических измерений проводят измерения диаметров экрана по жиле и экрана по изоляции и толщины экрана по жиле и экрана по изоляции при температуре окружающей среды, каждое измерение должно быть средним значением шести измерений, проведенных на образце, изображенного на рисунке D.1b.

Объемное удельное сопротивление ρ , Ом·м, рассчитывают следующим образом:

а) экран по жиле

$$\rho_c = \frac{R_c \times \pi \times (D_c - T_c) \times T_c}{2L_c},$$

где ρ_c – объемное сопротивление, Ом·м,

R_c – измеренное сопротивление, Ом;

L_c – расстояние между измерительными электродами, м;

D_c – наружный диаметр поверх экрану по жиле, м;

T_c – средняя толщина экрана по жиле, м.

б) экран по изоляции:

$$\rho_i = \frac{R_i \times \pi \times (D_i - T_i) \times T_i}{L_i},$$

где ρ_i – объемное сопротивление, Ом·м,

R_i – измеренное сопротивление, Ом;

L_i – расстояние между измерительными электродами, м;

D_i – наружный диаметр поверх экрану по изоляции, м;

T_i – средняя толщина экрана по изоляции, м.

Размеры даны в миллиметрах

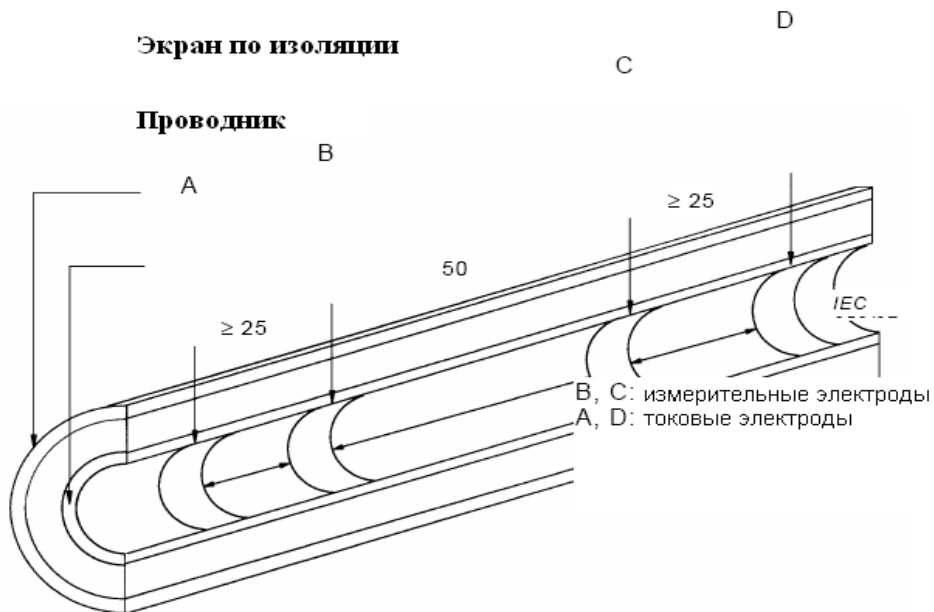


Рисунок D.1a – Измерение удельного объемного электрического сопротивления экрана вокруг проводника

Размеры даны в миллиметрах

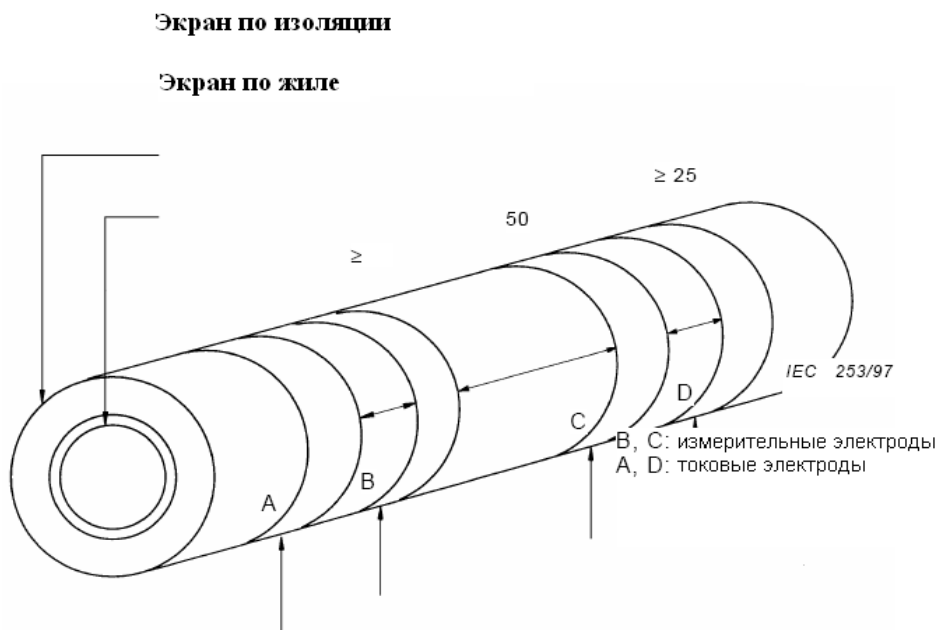


Рисунок D.1b – Измерение удельного объемного электрического сопротивления экрана вокруг изоляции

Рисунок D.1 – Подготовка образцов для измерения удельного объемного электрического сопротивления экранов вокруг проводника и вокруг изоляции

Приложение Е
(обязательное)

Определение твердости изоляции, выполненной из этиленпропиленового компаунда (HEPR)

Е.1 Образец для испытания

Образец для испытания должен представлять собой образец готового кабеля, при этом все защитные покрытия с внешней стороны изоляции из этиленпропиленового компаунда, которую необходимо измерить, должны быть аккуратно удалены. В качестве альтернативы можно использовать образец изолированной жилы кабеля.

Е.2 Порядок проведения испытаний

Испытания проводят в соответствии с ISO 48 с исключениями, указанными ниже.

Е.2.1 Поверхности большого радиуса искривления

Согласно ISO 48 конструкция измерительного инструмента должна быть такой, чтобы он плотно примыкал к изоляции из этиленпропиленового компаунда, а прижимной механизм и наконечник твердомера могли обеспечивать вертикальный контакт с поверхностью изоляции. Это осуществляют следующими способами:

а) инструмент устанавливают таким образом, чтобы его ножки могли перемещаться в универсальных шарнирах так, чтобы они сами регулировались относительно искривленной (закругленной) поверхности;

б) основание инструмента устанавливают так, чтобы два параллельных штока А и А' находились на расстоянии друг от друга в зависимости от искривления поверхности (см. рисунок Е.1).

Эти методы можно использовать на поверхностях с радиусом искривления до 20 мм.

Если толщина испытуемой изоляции из твердого полипропиленового каучука менее 4 мм, то используют инструмент, описанный в методе в ISO 48, для тонких и малых образцов для испытания.

Е.2.2 Поверхности малого радиуса искривления

На поверхностях со слишком маленьким радиусом искривления для методов, изложенных в Е.2.1, испытуемый образец устанавливают на той же жесткой основе, что и испытательный инструмент, таким образом, чтобы свести к минимуму корпусное перемещение изоляции из этиленпропиленового компаунда, когда прикладывают увеличивающуюся силу вдавливания к наконечнику твердомера и так, чтобы наконечник находился вертикально над осью испытуемого образца. Подходящими методами являются следующие:

а) расположение испытуемого образца в канавке или желобка в металлическом зажиме (см. рисунок Е.2а);

б) расположение концов проводника испытуемого образца в V-образных блоках (см. рисунок Е.2б).

Наименьший радиус искривления поверхности, измеряемой этими методами, должен быть не менее 4 мм.

Что касается меньших радиусов, используют инструмент, описанный в методе, который указан в ISO 48, для тонких и маленьких образцов для испытания.

Е.2.3 Кондиционирование и испытательная температура

Минимальное время между вулканизацией и испытанием, должно составлять 16 ч.

Испытание проводят при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ и образцы для испытания поддерживают при этой температуре в течение не менее 3 ч непосредственно перед испытанием.

Е.2.4 Количество измерений

Проводят одно измерение в каждой из трех или пяти точек, распределенных по всему образцу. Среднее значение результатов должно быть взято за твердость испытуемого образца, округлено до целого числа в Международных единицах твердости резины (IRHD).

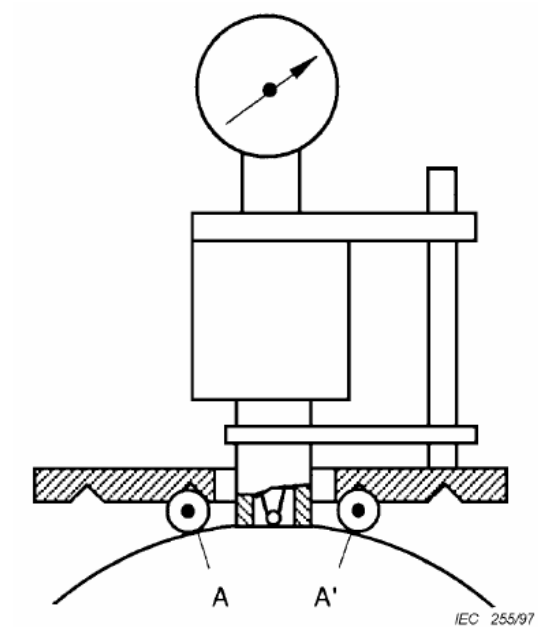


Рисунок Е.1 – Испытание на поверхностях большого радиуса искривления

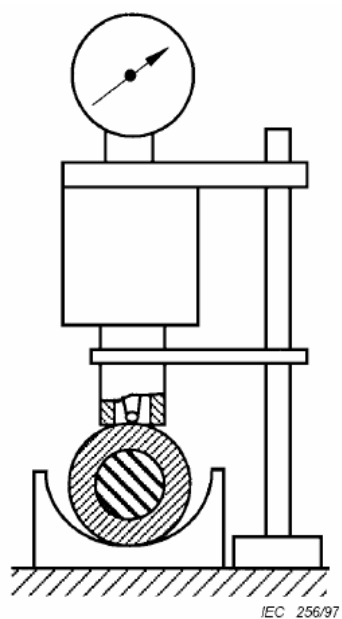


Рисунок Е.2а – Испытуемый образец в канавке

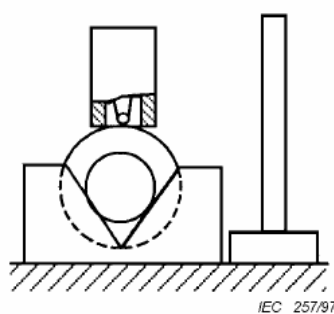


Рисунок Е.2b – Испытуемый образец в V-образных блоках

Рисунок Е.2 – Испытание на поверхностях малого радиуса искривления

Приложение F
(обязательное)
Испытание на проникновение воды

F.1 Образец для испытания

На образце кабеля со сплошной изоляцией длиной не менее 6 м, который не подвергался каким-либо испытаниям, описанных в разделе 18, проводят испытание на изгиб, описанное в 18.1.4, без дополнительного испытания на измерение частичных разрядов.

Отрезают кабель длиной 3 м от отрезка кабеля, который испытывали на изгиб, и помещают его горизонтально. Кольцо шириной приблизительно 50 мм снимают с центра отрезка. Это кольцо должно включать все слои на внешней стороне экрана по изоляции. Если заявляют, что в проводнике также имеется барьер, то кольцо должно содержать все слои с внешней стороны проводника.

Если в кабеле имеются промежуточные барьеры, предотвращающие продольное проникновение воды, тогда образец должен содержать, по крайней мере, два из этих барьеров, и кольцо должно быть снято между этими барьерами. В этом случае должно быть установлено среднее расстояние между барьерами в таких кабелях и соответственно определена длина образца кабеля.

Поверхности отрезают так, чтобы стыки, предназначенные для обеспечения продольной водонепроницаемости, подвергались воздействию воды. Стыки, не предназначенные для подвергания воздействию воды, должны быть герметизированы соответствующим материалом или снятыми внешними защитными покрытиями.

Примеры этих последних стыков включают:

- только когда проводник имеет барьер;
- стык между внешней оболочкой и металлической оболочкой.

Устанавливают соответствующее устройство (см. рисунок F.1) так, чтобы трубка диаметром не менее 10 мм была расположена вертикально над открытым кольцом и приложена к поверхности внешней оболочки. Что касается герметичных уплотнений, из которых выходит кабель, прибор не должен оказывать механического давления на кабель.

Примечание – Реагирование определенных барьеров на продольное проникновение может зависеть от состава воды (например, pH, концентрации ионов). Для испытания можно использовать обычную водопроводную воду, если не указано иное.

F.2 Испытание

Трубку в течение 5 мин наполняют водой при температуре окружающей среды (20 ± 10) °C так, чтобы вода в трубке находилась на 1 м выше центра кабеля (см. рисунок F). Образец выдерживают в течение 24 ч.

Затем образец подвергают 10 циклам нагревания посредством пропускания тока через проводник, до тех пор, пока не будет достигнута устойчивая температура проводника на 5 – 10 °C выше максимальной температуры проводника при нормальной эксплуатации, и которая не должна достигать 100° C.

Продолжительность цикла нагревания должна быть 8 ч. Температура проводника должна поддерживаться в пределах установленной температуры в течение не менее 2 ч в каждом периоде. После этого образец охлаждают в течение не менее 3 ч.

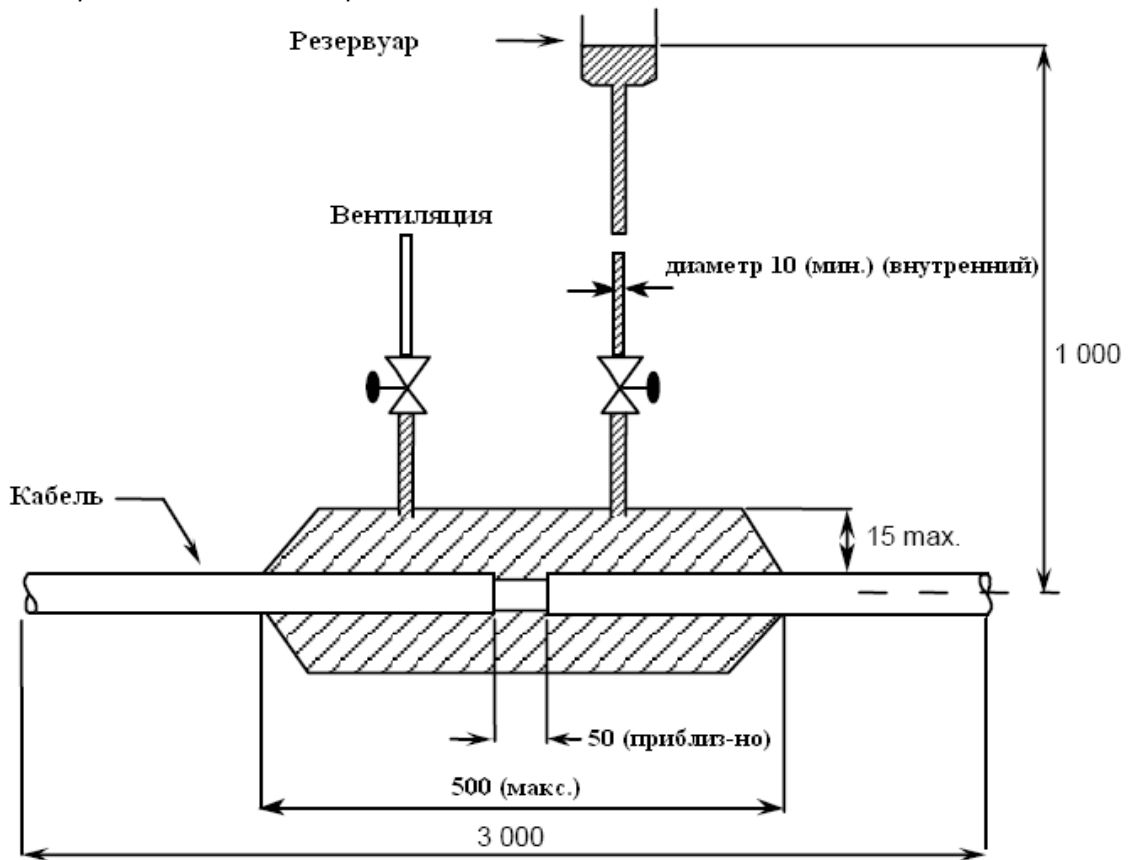
Водяной столб следует поддержать на высоте 1 м.

Примечание – На протяжении всего испытания не прикладывают никакого напряжения. Рекомендуют соединять «холостой» кабель последовательно с испытуемым кабелем и температуру измеряют непосредственно на жиле этого кабеля.

F.3 Требования

Во время периода испытания вода не должна выходить с концов испытуемого образца.

Размеры даны в миллиметрах



IEC 254/97

Рисунок F.1 – Схематическое изображение аппаратуры для испытания на проникновение воды

Приложение Д.А
(справочное)

**Сведения о соответствии государственных стандартов
ссылочным международным стандартам**

Таблица Д.А.1 – Сведения о соответствии государственных стандартов ссылочным международным стандартам

Обозначение и наименование международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование государственного стандарта
IEC 60332-1-1:2004 Испытания электрических и оптических кабелей в условиях воздействия пламени. Часть 1-1. Испытание на нераспространение горения одиночного, вертикально расположенного изолированного провода или кабеля. Испытательное оборудование	IDT	СТБ IEC 60332-1-1-2010 Испытания электрических и оптических кабелей в условиях воздействия пламени. Часть 1-1. Испытание на нераспространение горения одиночного, вертикально расположенного изолированного провода или кабеля. Испытательное оборудование
IEC 60332-1-2:2004 Испытания электрических и оптических кабелей в условиях воздействия пламени. Часть 1-2. Испытание на нераспространение горения одиночного, вертикально расположенного изолированного провода или кабеля. Проведение испытания при воздействии пламенем газовой горелки мощностью 1 кВт с предварительным смешением газов	IDT	СТБ IEC 60332-1-2-2010 Испытания электрических и оптических кабелей в условиях воздействия пламени. Часть 1-2. Испытание на нераспространение горения одиночного, вертикально расположенного изолированного провода или кабеля. Проведение испытания при воздействии пламенем газовой горелки мощностью 1 кВт с предварительным смешением газов
IEC 60332-3-24:2009 Испытания электрических и оптических кабелей в условиях воздействия пламени. Часть 3-24. Испытание на вертикальное распространение пламени по вертикально-навесным пучкам проводов или кабелей. Категория С	IDT	СТБ IEC 60332-3-24-2011 Испытания электрических и оптических кабелей в условиях воздействия пламени. Часть 3-24. Испытание на вертикальное распространение пламени по вертикально расположенным пучкам проводов или кабелей. Категория С
IEC 60502-2:2005 Кабели силовые с прессованной изоляцией и кабельная арматура на номинальное напряжение от 1 кВ ($U_m = 1,2$ кВ) до 30 кВ ($U_m = 36$ кВ). Часть 2. Кабели на номинальное напряжение от 6 кВ ($U_m = 7,2$ кВ) до 30 кВ ($U_m = 36$ кВ)	IDT	СТБ IEC 60502-2-XXXX Кабели силовые с экструдированной изоляцией и кабельная арматура на номинальное напряжение от 1 кВ ($U_m = 1,2$ кВ) до 30 кВ ($U_m = 36$ кВ). Часть 2. Кабели на номинальное напряжение от 6 кВ ($U_m = 7,2$ кВ) до 30 кВ ($U_m = 36$ кВ)
IEC 60754-1:1994 Испытания материалов конструкции кабелей на выделение газов при горении. Часть 1. Определение количества выделяемых газов галогеноводородных кислот	IDT	ГОСТ МЭК 60754-1-2002 Испытания материалов конструкции кабелей при горении. Определение количества выделяемых газов галогенных кислот
IEC 60754-2:1991 Испытания материалов конструкции кабелей на выделение газов при горении. Часть 2. Определение степени кислотности выделяемых газов при горении материалов измерением рН и удельной проводимости	IDT	ГОСТ МЭК 60754-2-2002 Испытания материалов конструкции кабелей при горении. Определение степени кислотности выделяемых газов измерением рН и удельной проводимости
IEC 60811-1-1:2001 Общие методы испытаний материалов для изоляции и оболочек электрических и оптических кабелей. Часть 1-1. Методы общего применения. Измерение толщины и наружных размеров. Испытания для определения механических свойств	IDT	СТБ IEC 60811-1-1-2009 Общие методы испытаний материалов для изоляции и оболочек электрических и оптических кабелей. Часть 1-1. Методы общего применения. Измерение толщины и наружных размеров. Испытания для определения механических свойств

Продолжение таблицы Д.А.1

Обозначение и наименование международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование государственного стандарта
IEC 60811-1-2:1985 Общие методы испытаний материалов для изоляции и оболочек электрических и оптических кабелей. Часть 1-2. Методы общего применения. Методы теплового старения	IDT	СТБ IEC 60811-1-2-2008 Общие методы испытаний материалов для изоляции и оболочек электрических и оптических кабелей. Часть 1-2. Методы общего применения. Методы теплового старения
IEC 60811-1-3:2001 Общие методы испытаний материалов для изоляции и оболочек электрических и оптических кабелей. Часть 1-3. Общее применение. Методы определения плотности. Испытания водопоглощения. Испытание на усадку	IDT	СТБ IEC 60811-1-3-2008 Общие методы испытаний материалов изоляции и оболочек электрических и оптических кабелей. Часть 1-3. Общее применение. Методы определения плотности. Испытания на водопоглощение. Испытание на усадку
IEC 60811-1-4:1985 Общие методы испытаний материалов для изоляции и оболочек электрических и оптических кабелей. Часть 1. Методы общего применения. Раздел 4. Испытание при низкой температуре	IDT	СТБ IEC 60811-1-4-2009 Общие методы испытаний материалов для изоляции и оболочек электрических и оптических кабелей. Часть 1-4. Методы общего применения. Испытание при низкой температуре
IEC 60811-3-1:1985 Общие методы испытаний материалов для изоляции и оболочек электрических кабелей. Часть 3. Специальные методы для поливинилхлоридных компаундов. Раздел 1. Испытание давлением при высокой температуре. Испытания на стойкость к растрескиванию	IDT	СТБ IEC 60811-3-1-2011 Материалы для изоляции и оболочек электрических и оптических кабелей. Общие методы испытаний. Часть 3-1. Специальные методы испытаний поливинилхлоридных компаундов. Испытание давлением при высокой температуре. Испытание на стойкость к растрескиванию
IEC 60811-3-2:1985 Общие методы испытаний материалов для изоляции и оболочек электрических кабелей. Часть 3. Специальные методы для поливинилхлоридных компаундов. Раздел 2. Испытание на потерю массы. Испытание на термостабильность	IDT	СТБ IEC 60811-3-2-2011 Материалы для изоляции и оболочек электрических и оптических кабелей. Общие методы испытаний. Часть 3-2. Специальные методы испытаний поливинилхлоридных компаундов. Испытание на потерю массы. Испытание на термостабильность

Таблица Д.А.2 – Сведения о соответствии государственного стандарта ссылочному международному стандарту другого года издания

Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта	Обозначение и наименование международного стандарта другого года издания	Степень соответствия	Обозначение и наименование государственного стандарта
IEC 60038:2009 Стандартные напряжения, рекомендуемые IEC	IEC 60038:1983 Стандартные напряжения, рекомендуемые IEC	MOD	ГОСТ 29322-92* (МЭК 38-83) Стандартные напряжения (IEC 60038:1983, MOD)
IEC 60228:2004 Проводники изолированных кабелей	IEC 60228:1978 Токопроводящие жилы изолированных кабелей	MOD	ГОСТ 22483-77 Жилы токопроводящие медные и алюминиевые для кабелей, проводов и шнуров. Основные параметры. Технические требования (IEC 60228:1978, MOD)
IEC 60811-2-1:2001 Общие методы испытаний материалов для изоляции и оболочек электрических и оптических кабелей. Часть 2. Специальные методы для эластомерных компаундов. Раздел 1. Испытание на озоностойкость. Температурные испытания. Испытание погружением в минеральное масло	IEC 60811-2-1:1998 Изоляционные и оплеточные материалы для электрических и оптических кабелей. Общие методы испытаний. Часть 2-1. Методы, характерные для эластомерных компаундов. Испытания на стойкость к озону, на растяжение при нагреве в горячей печи и на погружение в минеральные масла	IDT	ГОСТ МЭК 60811-2-1-2002 Специальные методы испытаний эластомерных композиций изоляции и оболочек электрических и оптических кабелей. Испытание на озоностойкость, тепловую деформацию и маслостойкость (IEC 60811-2-1:1998, IDT)
IEC 60811-4-1:2004 Материалы для изоляции и оболочек электрических и оптических кабелей. Общие методы испытаний. Часть 4-1. Специальные методы для полиэтиленовых и полипропиленовых компаундов. Стойкость к растрескиванию при атмосферном воздействии. Определение показателя текучести расплава. Определение содержания сажи и/или минерального наполнителя в полиэтилене путем непосредственного сжигания. Определение содержания сажи посредством термогравиметрического анализа (TGA). Оценка дисперсии углеродной сажи в полиэтилене с применением микроскопа	IEC 60811-4-1:1985 Общие методы испытаний материалов для изоляции и оболочек электрических кабелей. Часть 4. Методы, используемые специально для полиэтиленовых и полипропиленовых компаундов. Раздел 1. Стойкость к растрескиванию под воздействием факторов	IDT	ГОСТ МЭК 60811-4-1-2002 Специальные методы испытаний полиэтиленовых и полипропиленовых композиций изоляции и оболочек электрических кабелей. Стойкость к растрескиванию под напряжением в условиях окружающей среды. Испытание навиванием после теплового старения на воздухе. Определение показателя текучести расплава. Определение содержания сажи и/или минерального наполнителя в полиэтилене (IEC 60811-4-1:1985, IDT)

Директор БелГІСС

В.Л. Гуревич

Заместитель директора
по техническому нормированию
и стандартизации

А.Г. Лескова

Начальник ТО-13

В.Н. Чаусов

Начальник ТС-131

Г.И. Ромбак

Инженер 1 категории

А.Ю.Никифорова