МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ IEC 60851-3— 2016

ПРОВОДА ОБМОТОЧНЫЕ

Методы испытаний

Часть 3

Механические свойства

(IEC 60851-3:2013, IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2017

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели, основные принципы и основной порядок проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены в ГОСТ 1.0—2015 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2—2015 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Открытым акционерным обществом «Всероссийский научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт кабельной промышленности» (ОАО «ВНИИКП») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии международного стандарта, указанного в пункте 5

2 ВНЕСЕН Межгосударственным техническим комитетом по стандартизации МТК 46 «Кабельные изделия»

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 22 ноября 2016 г. № 93-П)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Армения	AM	Минэкономики Республики Армения
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Грузия	GE	Грузстандарт
Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Россия	RU	Росстандарт
Таджикистан	TJ	Таджикстандарт
Узбекистан	UZ	Узстандарт

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 5 сентября 2017 г. № 1010-ст межгосударственный стандарт ГОСТ IEC 60851-3—2016 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 февраля 2018 г.

5 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту IEC 60851-3:2013 «Провода обмоточные. Методы испытаний. Часть 3. Механические свойства» («Winding wires — Test methods — Part 3: Mechanical properties», IDT)

Международный стандарт IEC 60851-3:2013 разработан Техническим комитетом ТС 55 «Обмоточные провода» Международной электротехнической комиссии (IEC).

Международный стандарт IEC 60851-3:2013 отменяет и заменяет IEC 60851-3: 2009.

Официальные экземпляры международного стандарта, на основе которого подготовлен настоящий межгосударственный стандарт, и международных стандартов, на которые даны ссылки, имеются в Федеральном агентстве по техническому регулированию и метрологии.

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им межгосударственные стандарты, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА

6 ВЗАМЕН ГОСТ IEC 60851-3—2011

7 Некоторые элементы настоящего стандарта могут быть объектом патентного права. IEC не несет ответственности за установление подлинности каких-либо или всех таких патентных прав

*Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, 2017

В Российской Федерации настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Испытание 6. Удлинение 1
3.1 Относительное удлинение при разрыве 1
3.2 Прочность при растяжении 2
4 Испытание 7. Упругость 2
4.1 Круглые провода с жилой номинальным диаметром от 0,080 до 1,600 мм включительно 2
4.1.1 Принцип испытания 2
4.1.2 Испытательное устройство 2
4.1.3 Проведение испытания 3
4.2 Круглые провода с жилой номинальным диаметром свыше 1,600 мм и прямоугольные провода 4
4.2.1 Принцип испытания 4
4.2.2 Испытательное устройство 4
4.2.3 Образец 4
4.2.4 Проведение испытания 4
5 Испытание 8. Гибкость и адгезия 5
5.1 Испытание намоткой на стержень 5
5.1.1 Круглые провода 5
5.1.2 Прямоугольные провода 6
5.1.3 Провод пучковой скрутки с покрытием 6
5.2 Испытания растяжением (для круглых эмалированных проводов с жилой номинальным диаметром свыше 1,600 мм) 7
5.3 Испытание рывком (для круглых эмалированных проводов с жилой номинальным диаметром до 1,000 мм включительно) 7
5.4 Испытание на отслаивание (для круглых эмалированных проводов с жилой номинальным диаметром свыше 1,000 мм) 8
5.5 Испытание на адгезию 9
5.5.1 Прямоугольные эмалированные провода 9
5.5.2 Круглые и прямоугольные провода с пропитанной волокнистой изоляцией 9
5.5.3 Круглые и прямоугольные провода с эмалево-волокнистой изоляцией 10
5.5.4 Круглые и прямоугольные провода с пленочной изоляцией (только для липкой ленты) 10
6 Испытание 11. Стойкость к истиранию (для круглых эмалированных проводов) 10
6.1 Принцип испытания 10
6.2 Прибор для проведения испытаний 10
6.3 Проведение испытания 11
7 Испытание 18. Склеивание под действием нагрева (для круглых эмалированных проводов с жилой номинальным диаметром свыше 0,050 до 2,000 мм включительно) 11
7.1 Прочность склеивания витков спирали, расположенной вертикально 11
7.1.1 Провода с жилой номинальным диаметром до 0,050 мм включительно 12
7.1.2 Провода с жилой номинальным диаметром свыше 0,050 до 2,000 мм включительно 12
7.2 Определение прочности склеивания на макете скрученной обмотки 14
7.2.1 Принцип испытания 14
7.2.2 Оборудование 14
7.2.3 Образец 14
7.2.4 Проведение испытания 16
7.2.5 Оценка результатов 16
Приложение А (справочное) Прочность склеивания проводов, склеивающихся под действием нагрева 18
Приложение В (справочное) Методы определения коэффициента или силы трения 22
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам 30
Библиография 30

Введение

Настоящий стандарт входит в серию стандартов на изолированные провода, используемые для обмоток электрооборудования. Серия состоит из трех групп:

a) обмоточные провода — методы испытаний (IEC 60851);

b) стандарты или технические условия на конкретные типы обмоточных проводов (IEC 60317);

c) упаковка обмоточных проводов (IEC 60264).

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

ПРОВОДА ОБМОТОЧНЫЕ

Методы испытаний

Часть 3

Механические свойства

Winding wires. Test methods. Part 3. Mechanical properties

Дата введения — 2018—02—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает требования к методам испытаний обмоточных проводов (далее — провода) для определения их механических свойств. Стандарт устанавливает следующие методы испытаний:

- испытание 6 — удлинение;
- испытание 7 — упругость;
- испытание 8 — гибкость и адгезия;
- испытание 11 — стойкость к истиранию;
- испытание 18 — склеивание под действием нагрева.

Определения, общие указания по проведению испытаний и полный перечень методов испытаний обмоточных проводов приведены в IEC 60851-1.

2 Нормативные ссылки

Для применения настоящего стандарт необходимы следующие ссылочные документы. Для датированных ссылок применяют только указанные издания ссылочного документа, для недатированных ссылок — его последнее издание (включая все изменения к нему):

IEC 60851-1, Winding wires — Test methods — Part 1: General (Обмоточные провода. Методы испытаний. Часть 1. Общие положения)

IEC 60851-2: 1996, Winding wires — Test methods — Part 2: Determination of dimensions (Обмоточные провода. Методы испытаний. Часть 2. Определение размеров)

ISO 178: 2001, Plastics — Determination of flexural properties. Amendment 1: 2004 (Пластмассы. Определение свойств при изгибе. Изменение 1)

3 Испытание 6. Удлинение

3.1 Относительное удлинение при разрыве

Относительное удлинение — это увеличение длины, выраженное в процентах по отношению к первоначальной длине.

Образец провода в виде прямого отрезка растягивают до разрыва жилы со скоростью (5 ± 1) мм/с на установке для измерения удлинения или испытания на разрыв при испытуемой длине образца 200—250 мм. Линейное увеличение длины при разрыве выражают в процентах по отношению к первоначальной длине испытуемого образца. Испытание проводят на трех образцах. Фиксируют полученные значения. Среднее значение трех измерений принимают за относительное удлинение при разрыве.

Издание официальное

3.2 Прочность при растяжении

Прочность при растяжении — это отношение усилия при разрыве к первоначальному сечению.

Образец провода в виде прямого отрезка растягивают до разрыва жилы со скоростью (5 ± 1) мм/с на установке для испытания на разрыв, фиксирующей усилие при разрыве. Длина испытуемого образца должна быть 200—250 мм.

Испытание проводят на трех образцах. Фиксируют первоначальное сечение и три значения усилия при разрыве. Среднее значение отношения усилия при разрыве к первоначальному сечению принимают за прочность при растяжении.

4 Испытание 7. Упругость

Упругость — это угол отдачи, измеренный в градусах после намотки провода в виде спирали или после его изгиба на определенный угол.

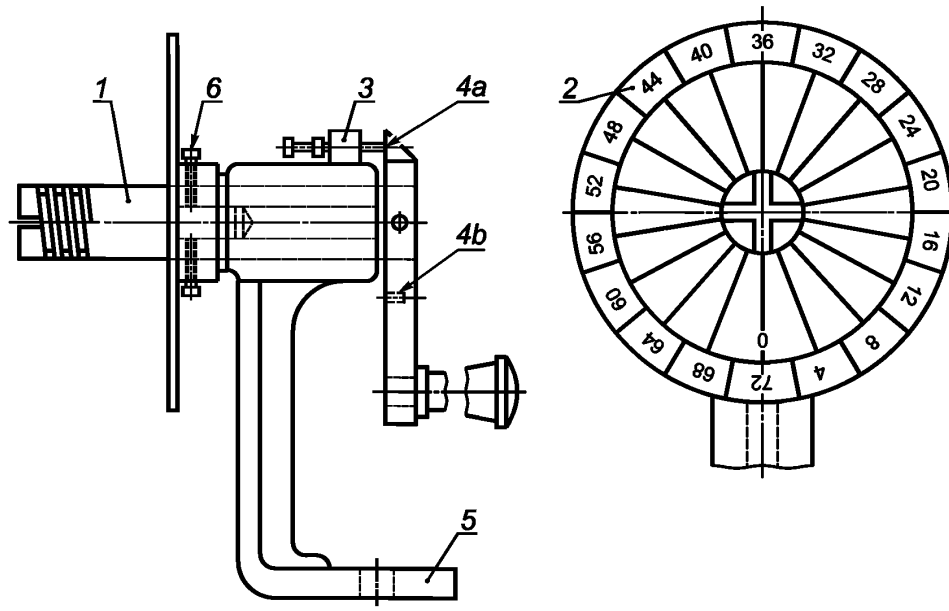
4.1 Круглые провода с жилой номинальным диаметром от 0,080 до 1,600 мм включительно

4.1.1 Принцип испытания

Образец провода в виде прямого отрезка наматывают пятью витками вокруг оправки, диаметр которой и натяжение, прикладываемое к проводу при намотке, указаны в стандарте или технических условиях на конкретный провод. Показателем упругости является угол раскручивания конца пятого витка образца провода.

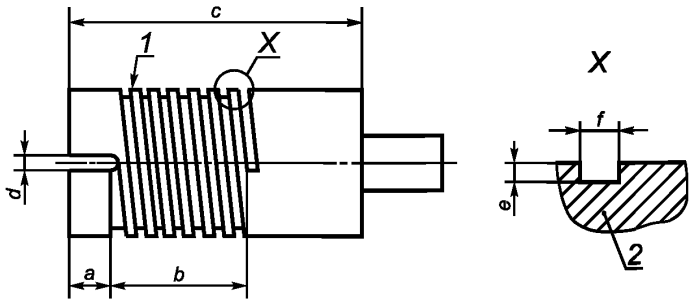
4.1.2 Испытательное устройство

Испытательное устройство представлено на рисунке 1. Размеры оправки приведены на рисунке 2 и в таблице 1. Спиральная канавка, показанная на рисунке 2, позволяет облегчить намотку, но ее наличие необязательно. Диск со шкалой имеет 18 одинаковых делений для снятия показаний, соответствующих определенному числу градусов, на которые отклоняется конец последнего витка провода, намотанного на оправку пятью витками. 18 делений проградуированы до 72.



1 — оправка; *2* — шкала; *3, 4* — фиксаторы; *5* — опорная пластина; *6* — винт для фиксации оправки

Рисунок 1 — Испытательное устройство для определения упругости



1 — канавка на 7 витков; *2* — часть *X* с увеличением

Рисунок 2 — Конструкция и размеры оправки

Таблица 1 — Размеры оправки для испытания на упругость

В миллиметрах

Диаметр оправки[a)]	Размер[b)]					
	a	b	c	d	e	f
5,0	6,0	7,5	32	0,30	0,05	0,13
7,0		9,0	34	0,40	0,07	0,18
10,0				0,60	0,10	0,25
12,5			40	0,80	0,14	0,35
19,0	10,0	11,0	45	1,20	0,20	0,50
25,0	12,5	12,5		2,00	0,28	0,70
37,5		14,5	47	2,40	0,40	1,00
50,0		17,5	50	3,00	0,80	2,00

a) По дну канавки, если она имеется.
b) См. рисунок 2.

4.1.3 Проведение испытания

Оправку устанавливают в горизонтальном положении и закрепляют так, чтобы паз или отверстие для закрепления провода соответствовали нулевой отметке на шкале. Оправка должна быть присыпана тальком (французским мелом) для предотвращения прилипания к ней провода.

Заданное натяжение прямого отрезка провода длиной 1 м создают грузом, прикрепленным к одному концу провода. Рукоятку освобождают для вращения оправки. Другой конец провода помещают в паз или отверстие так, чтобы его отрезок достаточной длины выступал с другой стороны оправки, а провод плотно прилегал к ней. Груз медленно опускают, чтобы провод ниже оправки расположился вертикально; нуль шкалы и паз или отверстие должны быть внизу.

Свободный конец провода надежно закрепляют, оправку вращают против часовой стрелки (если смотреть со стороны шкалы) до тех пор, пока на нее не будут намотаны пять полных витков. Оправку продолжают вращать до тех пор, пока нуль на шкале не окажется в верхнем положении. Затем рукоятку фиксируют в этом положении. Провод закрепляют на оправке, нагрузку снимают и обрезают провод примерно на 25 мм ниже конца пятого витка. Конец провода загибают в вертикальное положение и совмещают с нулем на шкале, чтобы он выполнял роль указателя.

Слева от этого конца провода помещают карандаш или соответствующий инструмент, чтобы предотвратить преждевременное раскручивание. Затем дают возможность проводу медленно размотаться без рывков.

Примечание — При раскручивании провода рывком получаются ошибочные результаты.

Затем оправку и шкалу снимают с фиксатора и вращают по часовой стрелке, чтобы привести указатель в вертикальное положение. Показание на шкале, отмеченное указателем, является величиной

угла отдачи провода. В случае особо упругих проводов указатель может повернуться более чем на один полный оборот. Тогда к показанию на шкале необходимо прибавить число 72 на каждый полный оборот раскручивания.

Испытания проводят на трех образцах. Фиксируют полученные значения. Среднее значение принимают за величину упругости.

4.2 Круглые провода с жилой номинальным диаметром свыше 1,600 мм и прямоугольные провода

4.2.1 Принцип испытания

Образец провода в виде прямого отрезка изгибают на угол 30°. Показателем упругости является значение угла отдачи после снятия нагрузки.

4.2.2 Испытательное устройство

Испытательное устройство (см. рисунок 3) имеет два зажима: подвижный 1 и неподвижный 2, а также градуированный сегмент 5 с делениями через 0,5° в пределах от 0° до 30°. Градуированный сегмент представляет собой дугу, расположенную в перпендикулярной плоскости по отношению к зажимающим поверхностям. Его центр расположен на внешнем краю неподвижного зажима 2. Рычаг, точка опоры которого находится в центре дуги, может двигаться в вертикальной плоскости вдоль градуированного сегмента.

Рычаг должен иметь указатель или стрелку для определения угла отдачи. На рычаге с миллиметровой шкалой длиной около 305 мм, начало которой совпадает с точкой опоры, расположен ползунок 4 с заостренным краем.

4.2.3 Образец

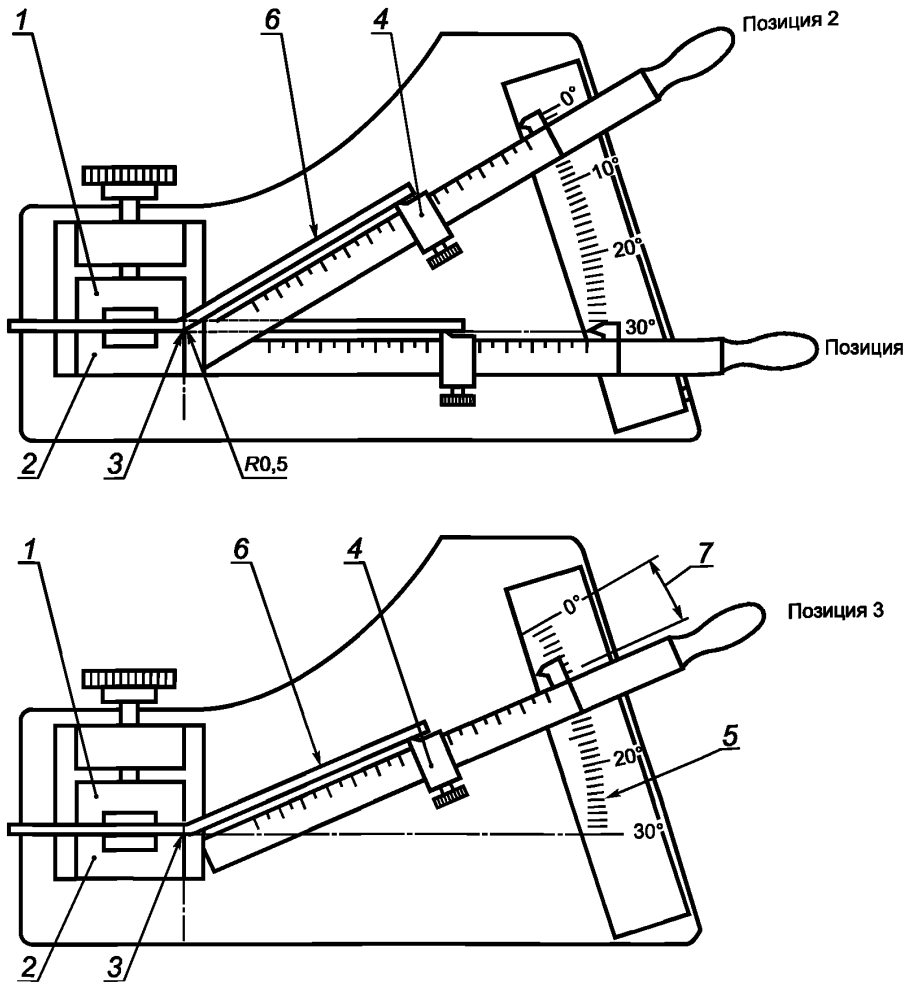
Образец провода длиной не менее 1200 мм сматывают с катушки с возможно меньшими деформациями. Затем его вручную выпрямляют и разрезают на три отрезка длиной 400 мм каждый. При выпрямлении не допускается удлинение образца с помощью каких-либо приспособлений. Следует избегать излишнего изгибания провода, чтобы свести к минимуму механическое упрочнение.

4.2.4 Проведение испытания

Диаметр и толщина жилы провода, умноженные на 40, определяют положение ползунка на рычаге. Образец устанавливают между зажимами с таким усилием, чтобы не было выскальзывания. Образец закрепляют в таком положении, чтобы изгиб происходил в том же направлении, в котором провод был намотан на катушку. Длина свободного конца образца должна выступать за заостренный край ползунка на (12 ± 2) мм.

С помощью рычага, начиная с исходной позиции (отметка на шкале 30°, позиция 1), провод изгибают на 30° (до отметки на шкале 0°, позиция 2). Полное изгибание проводят в течение 2—5 с. Образец выдерживают в этой позиции не более 2 с, а затем возвращают в обратном направлении с той же угловой скоростью, с которой он был изогнут, пока заостренный конец ползунка не отойдет от образца провода. Рычаг снова поднимают до тех пор, пока конец ползунка не коснется образца провода, не изгибая его. В этом положении указатель на рычаге будет показывать величину угла отдачи на шкале градуированного сегмента (позиция 3).

Испытания проводят на трех образцах. Фиксируют полученные значения. Среднее значение принимают за величину угла отдачи.



1 — подвижный зажим; *2* — неподвижный зажим; *3* — центр градуированного сегмента; *4* — ползунок; *5* — градуированный сегмент; *6* — образец провода; *7* — угол отдачи

Рисунок 3 — Испытательное устройство для определения упругости

5 Испытание 8. Гибкость и адгезия

Гибкость и адгезия отражают способность провода выдерживать растяжение, намотку, изгибание либо скручивание без образования трещин или потери адгезии изоляции.

5.1 Испытание намоткой на стержень

5.1.1 Круглые провода

Образец провода в виде прямого отрезка наматывают десятью плотными соприкасающимися друг с другом витками на полированный стержень, диаметр которого должен быть указан в стандарте или технических условиях на конкретный провод. Скорость вращения стержня — 1—3 об/с. Натяжение провода должно обеспечивать его постоянный контакт со стержнем. При намотке провод не должен вытягиваться и перекручиваться. Используют соответствующее испытательное устройство.

5.1.1.1 Круглые эмалированные провода с жилой номинальным диаметром до 1,600 мм включительно

Если в стандарте или технических условиях на конкретный провод указана необходимость его предварительного растяжения перед намоткой на стержень, провод следует растянуть до установленного значения удлинения в соответствии с разделом 3. После намотки образец осматривают на наличие трещин в изоляции при увеличении, указанном в таблице 2.

Испытание проводят на трех образцах. Фиксируют наличие или отсутствие трещин.

Таблица 2 — Увеличение при проверке наличия трещин

Номинальный диаметр жилы, мм	Кратность увеличения *
До 0,040 включ.	10 — 15
Св. 0,040 до 0,500 включ.	6 — 10
Св. 0,500 до 1,600 включ.	1 — 6
* Однократное увеличение соответствует нормальному зрению без применения увеличительных приборов.	

5.1.1.2 Круглые провода с волокнистой изоляцией

После намотки на стержень образец осматривают без применения увеличительных приборов или при 6-кратном увеличении на наличие просветов в изоляции до жилы.

Испытание проводят на трех образцах. Фиксируют наличие или отсутствие просветов до жилы.

5.1.1.3 Круглый провод с эмалево-волокнистой изоляцией

После намотки на стержень образец осматривают без применения увеличительных приборов или при 6-кратном увеличении на наличие просветов в изоляции до жилы или до эмалевого слоя.

Испытание проводят на трех образцах. Фиксируют наличие или отсутствие просветов до жилы или до эмалевого слоя.

5.1.1.4 Круглые провода с пленочной изоляцией

После намотки на стержень образец осматривают без применения увеличительных приборов или при 6-кратном увеличении на наличие просветов в изоляции до жилы или расслаивания изоляции.

Испытание проводят на трех образцах. Фиксируют наличие либо отсутствие просветов до жилы или расслаивания изоляции.

5.1.2 Прямоугольные провода

Образец провода в виде прямого отрезка длиной около 400 мм изгибают на угол 180° в двух направлениях вокруг полированного стержня, диаметр которого указан в соответствующих стандарте или технических условиях на конкретный провод, чтобы образовалась вытянутая S-образная форма. Прямой участок между U-образными концами должен быть не менее 150 мм. Необходимо следить, чтобы на образце не было короблений и отклонений от равномерного изгиба. Устройство для испытания представлено на рисунке 4.

После изгибания провода при 6—10-кратном увеличении осматривают изоляцию на наличие трещин на эмалированных проводах, просветов в изоляции до жилы или до эмалевого слоя на проводах с волокнистой изоляцией, просветов в изоляции до жилы или расслаивания изоляции на проводах с пленочной изоляцией.

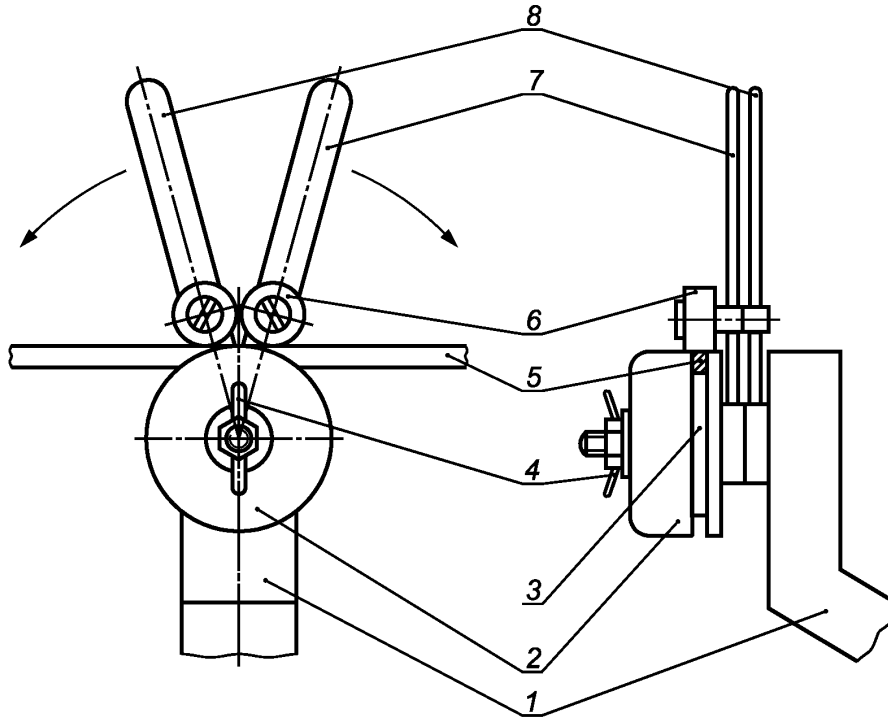
Испытанию подвергают шесть образцов, три — плашмя (по толщине), три — по ребру (по ширине). Фиксируют наличие либо отсутствие трещин, расслоений в изоляции, просветов в изоляции до жилы или эмалевого слоя в зависимости от типа провода.

5.1.3 Провод пучковой скрутки с покрытием

Образец провода в виде прямого отрезка наматывают десятью плотными витками на полированный стержень, диаметр которого установлен в соответствующих стандарте или технических условиях на конкретный провод, под натяжением, указанным в 3.2.5.3 IEC 60851-2. Должны быть приняты меры, предотвращающие закручивание образца при каждом обороте.

После намотки образец осматривают без применения увеличительных приборов на наличие раскрытий в покрытии.

Испытание проводят на одном образце. Фиксируют сохранение или нарушение сплошности покрытия.



1 — опорная стойка; *2* — зажимное кольцо стержня; *3* — стержень; *4* — гайка-барашек; *5* — образец; *6* — шариковый подшипник; *7*, *8* — рычаги

Рисунок 4 — Устройство для испытания намоткой на стержень

5.2 Испытания растяжением (для круглых эмалированных проводов с жилой номинальным диаметром свыше 1,600 мм)

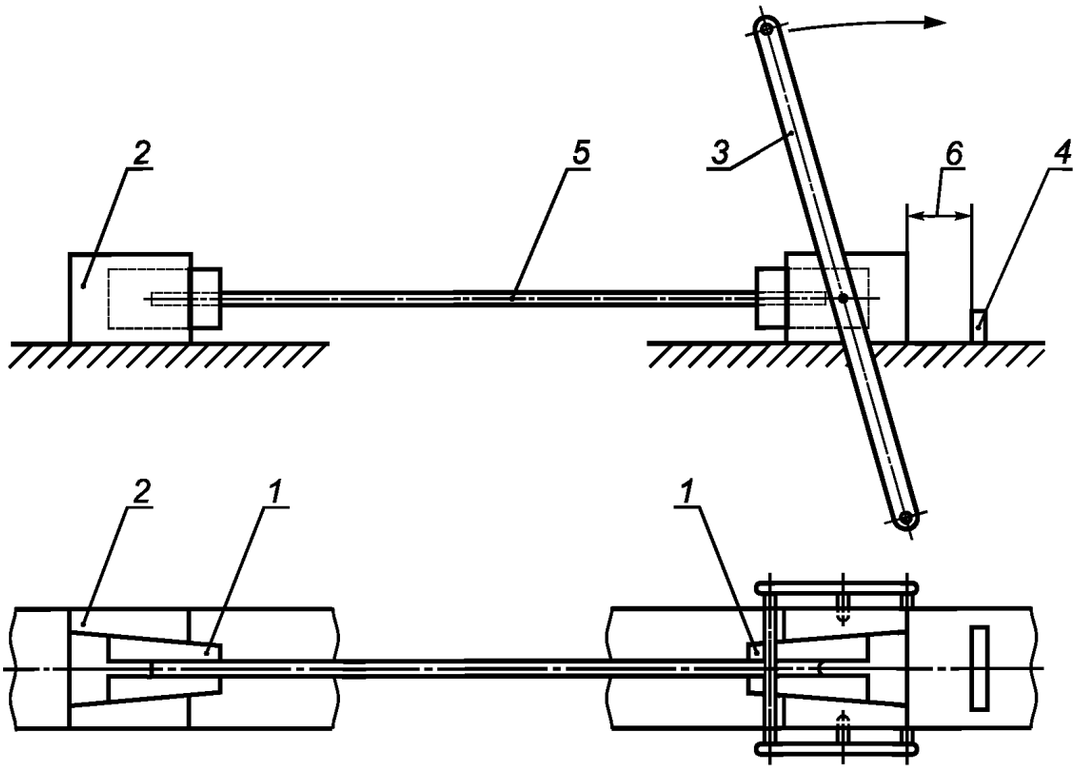
Образец провода в виде прямого отрезка растягивают в соответствии с разделом 3 до удлинения в процентах, установленного в соответствующих стандартах или технических условиях на конкретный провод. После растяжения образец осматривают без применения увеличительных приборов или при 6-кратном увеличении на наличие трещин или потери адгезии.

Испытание проводят на трех образцах. Фиксируют наличие либо отсутствие на проводе трещин и/или потерю адгезии.

5.3 Испытание рывком (для круглых эмалированных проводов с жилой номинальным диаметром до 1,000 мм включительно)

Образец провода в виде прямого отрезка длиной 200—250 мм, натянутого между зажимами испытательного устройства, приведенного на рисунке 5, растягивают рывком до разрыва или удлинения, значение которого установлено в соответствующих стандарте или технических условиях на конкретный провод. После удлинения образец осматривают на наличие трещин или потерю адгезии при увеличении, указанном в таблице 2. Концы разорванного провода длиной 2 мм при оценке результатов не учитывают.

Испытание проводят на трех образцах. Фиксируют наличие на проводе трещин и/или потерю адгезии.

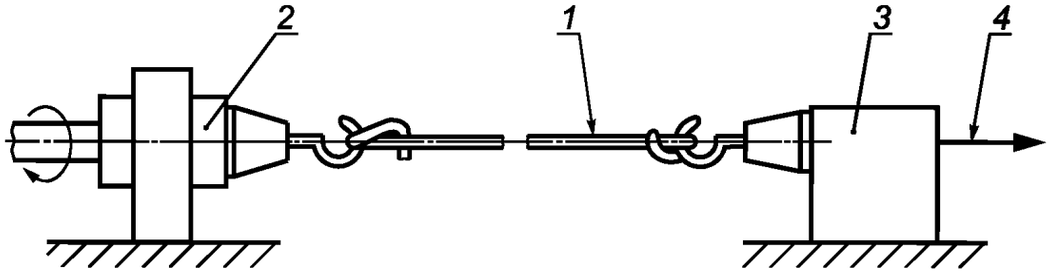


1 — клиновидные зажимы; *2* — неподвижный зажим; *3* — рычаг; *4* — регулируемый ограничитель; *5* — образец; *6* — установленное удлинение

Рисунок 5 — Устройство для испытания рывком

5.4 Испытание на отслаивание (для круглых эмалированных проводов с жилой номинальным диаметром свыше 1,000 мм)

Образец провода в виде прямого отрезка закрепляют в испытательном устройстве, приведенном на рисунке 6, которое имеет два зажима, расположенные на расстоянии 500 мм друг от друга. Один из зажимов вращается. Другой, не вращаясь, перемещается вдоль горизонтальной оси и создает натяжение закручиваемого провода за счет нагрузки, указанной в таблице 3.



1 — образец; *2* — вращающийся зажим; *3* — неподвижный зажим; *4* — усилие

Рисунок 6 — Устройство для испытания на отслаивание

Таблица 3 — Усилие при испытании на отслаивание

Номинальный диаметр жилы, мм	Усилие, Н
Св. 1,000 до 1,400 включ.	25
Св. 1,400 до 1,800 включ.	40
Св. 1,800 до 2,240 включ.	60
Св. 2,240 до 2,800 включ.	100

Окончание таблицы 3

Номинальный диаметр жилы, мм	Усилие, Н
Св. 2,800 до 3,550 включ.	160
Св. 3,550 до 4,500 включ.	250
Св. 4,500 до 5,000 включ.	400

Скребком, (см. рисунок 7), удаляют эмалевое покрытие с противоположных сторон провода вдоль его оси до жилы, как показано на рисунке 8.

Давление скребка на провод должно быть достаточным для снятия эмалевого покрытия и получения чистой ровной поверхности на границе эмалевого покрытия и жилы без снятия заметного слоя материала жилы. Эмалевое покрытие удаляют, начиная с расстояния около 10 мм от зажимов. Вращающийся зажим должен вращаться со скоростью 60—100 об/мин до достижения числа закручиваний *R*, установленного в стандарте или технических условиях на конкретный провод.

После вращения образец осматривают для определения потери адгезии. Эмаль, которую можно легко удалить с провода (например, с помощью ногтя большого пальца) считают потерявшей адгезию, даже если эмалевое покрытие не полностью удаляется с жилы.

Испытание проводят на одном образце. Фиксируют степень потери адгезии.

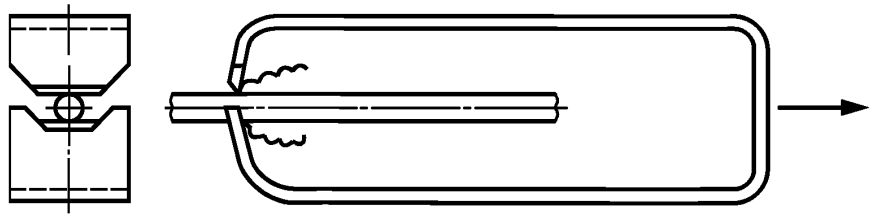


Рисунок 7 — Скребок

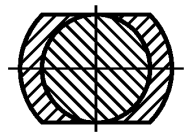


Рисунок 8 — Поперечное сечение провода после удаления эмали

5.5 Испытание на адгезию

Образец провода в виде прямого отрезка длиной около 300 мм растягивают в соответствии с разделом 3 до удлинения, значение которого установлено в стандарте или технических условиях на конкретный провод.

5.5.1 Прямоугольные эмалированные провода

Эмалевое покрытие перед удлинением образца провода надрезают по окружности до жилы приблизительно в середине образца. После растяжения образец осматривают для выявления потери адгезии.

Испытание проводят на одном образце. Фиксируют степень потери адгезии измерением расстояния в продольном направлении от надреза. Расстояние, на котором наблюдается потеря адгезии, измеряют в одном направлении от надреза. После осмотра образца со всех сторон фиксируют полученное максимальное значение потери адгезии.

5.5.2 Круглые и прямоугольные провода с пропитанной волокнистой изоляцией

Перед удлинением образца провода изоляцию с него удаляют, за исключением центральной части длиной 100 мм. После удлинения образец осматривают для выявления потери адгезии.

Испытание проводят на одном образце. Фиксируют степень потери адгезии при скольжении изоляции вдоль жилы для круглых проводов или отслаивания изоляции для прямоугольных проводов.

5.5.3 Круглые и прямоугольные провода с эмалево-волокнистой изоляцией

Перед удлинением образца в его центральной части надрезают изоляцию по окружности провода до жилы в двух местах на расстоянии 100 мм друг от друга. Затем образец осматривают для выявления потери адгезии.

Испытывают один образец. Фиксируют степень потери адгезии.

5.5.4 Круглые и прямоугольные провода с пленочной изоляцией (только для липкой ленты)

Перед удлинением образца приблизительно в его середине надрезают изоляцию по окружности провода до жилы. После удлинения образец осматривают для выявления потери адгезии.

6 Испытание 11. Стойкость к истиранию (для круглых эмалированных проводов)

Стойкость к истиранию определяется максимальной нагрузкой, которую может выдержать эмалевое покрытие провода при истирании иглой под воздействием на нее постепенно возрастающей нагрузки.

6.1 Принцип испытания

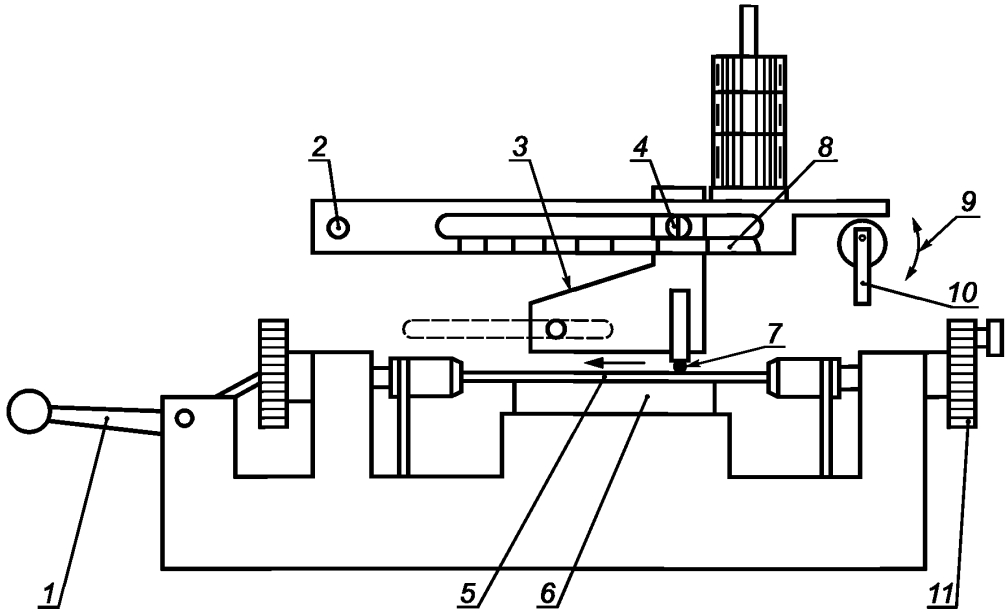
Образец провода в виде прямого отрезка испытывают на истирание при одностороннем движении иглы, к которой прикладывают постепенно возрастающую нагрузку и которая движется вдоль поверхности провода. Нагрузку, при которой возникает электрический контакт иглы с жилой, считают разрушающей.

6.2 Прибор для проведения испытаний

Испытательный прибор, приведенный на рисунке 9, представляет собой механизм, обеспечивающий истирание в одном направлении при движении образца со скоростью (400 ± 40) мм/мин. Истирающее устройство имеет полированную рояльную проволоку или иглу диаметром (0,23 ± 0,01) мм, расположенную между двумя зажимами, которые прочно удерживают рояльную проволоку или иглу без провисания и искривления под прямым углом к направлению движения. Истирание проводят в одном направлении вдоль оси образца. Образец крепят двумя зажимающими кулачками, обеспечивающими его расположение над поддерживающей опорой, которую можно опустить, когда образец вставляют в зажимы и распрямляют.

Между жилой и проволокой/иглой прикладывают постоянное напряжение (6,5 ± 0,5) В. Ток короткого замыкания ограничивают до 20 мА последовательным включением резистора или реле. Электрическая схема должна обеспечивать обнаружение короткого замыкания и отключение прибора после того, как истирающее устройство находилось в контакте с жилой провода на участке длиной около 3 мм.

Прибор имеет в нижней части рычага шкалу, градуированную в значениях коэффициента, на который умножают приложенную к проволоке/игле начальную нагрузку для определения значения разрушающей нагрузки.



1 — натяжное устройство для распрямления образца; *2* — фиксированная точка вращения; *3* — нагруженное истирающее устройство; *4* — указатель; *5* — образец; *6* — опора, перемещающаяся по высоте для проводов с различным диаметром; *7* — рояльная проволока; *8* — градуированная шкала, на которой отмечают коэффициент умножения; *9* — рычаг возврата в исходное положение; *10* — рычаг; *11* — планшайба для поворота на 120°

Рисунок 9 — Прибор для испытания на стойкость к истиранию при одностороннем движении проволоки или иглы

6.3 Проведение испытания

Образец провода в виде прямого отрезка протирают чистой тканью, помещают в испытательный прибор и выпрямляют, растягивая до максимального удлинения 1%. Затем образец закрепляют в зажимающих кулачках, отрегулировав поддерживающую опору до контакта с образцом. Начальная нагрузка, прикладываемая к истирающему устройству, не должна быть более 90 % минимальной разрушающей нагрузки, установленной в стандарте или технических условиях на конкретный провод. Начальная нагрузка должна быть такой, чтобы короткое замыкание при контакте скребка с жилой провода происходило на расстоянии 150—200 мм от оси рычага. Истирающее устройство нагружают, плавно опускают на поверхность провода и начинают его истирание. Значение, при котором устройство останавливается, считывают по градуированной шкале в нижней части рычага. Это значение и начальную нагрузку фиксируют.

Испытания повторяют еще дважды на одном и том же образце, поворачивая провод на угол вначале 120°, а затем 240° от начального положения.

Испытание проводят на одном образце. Фиксируют три полученных значения. Среднее значение результатов трех измерений принимают за среднее значение разрушающей нагрузки.

7 Испытание 18. Склеивание под действием нагрева (для круглых эмалированных проводов с жилой номинальным диаметром свыше 0,050 до 2,000 мм включительно)

Испытание на склеивание — это оценка степени склеивания витков обмотки под действием нагрева.

7.1 Прочность склеивания витков спирали, расположенной вертикально

Испытание прочности склеивания витков спирали провода, расположенной вертикально, — это оценка способности склеенной спирали сохранять свою целостность при приложении нагрузки к ее нижнему концу.

7.1.1 Провода с жилой номинальным диаметром до 0,050 мм включительно

Метод испытания должен быть согласован между изготовителем и потребителем (заказчиком).

7.1.2 Провода с жилой номинальным диаметром свыше 0,050 до 2,000 мм включительно

7.1.2.1 Принцип испытания

Образец провода в виде спирали, плотно намотанной на стержень, склеивают под действием нагрева или растворителя. После склеивания образец снимают со стержня и подвешивают в вертикальном положении. К нижнему концу спирали подвешивают груз. Образец должен выдержать установленную нагрузку. Это испытание повторяют при повышенной температуре.

7.1.2.2 Образец

Образец провода в виде прямого отрезка наматывают на полированный стержень* диаметром, указанным в таблице 4. Длина образца в виде спирали должна быть не менее 20 мм. Частота вращения при намотке должна быть 1—3 об/с при усилии натяжения не более указанного в таблице 4. Для того чтобы спираль легко снималась со стержня, концы провода не закрепляют. Груз не должен прилегать к стержню, т.е. между грузом и стержнем должен быть зазор. Затем это устройство помещают в термостат с принудительной циркуляцией воздуха, в котором поддерживают температуру, указанную в стандарте или технических условиях на конкретный провод, в течение:

- 30 мин — для проводов с жилой номинальным диаметром до 0,710 мм включительно;
- 1 ч — для проводов с жилой номинальным диаметром свыше 0,710 до 2,000 мм включительно, если иное не оговорено между изготовителем и потребителем (заказчиком).

После охлаждения до комнатной температуры спираль снимают со стержня.

Таблица 4 — Параметры спирали

Номинальный диаметр жилы, мм	Диаметр стержня, мм	Натяжение при намотке Н, не более	Усилие на спираль при склеивании, Н
Св. 0,500 до 0,071 включ.	1	0,05	0,05
Св. 0,071 до 0,100 включ.	1	0,05	0,05
Св. 0,100 до 0,160 включ.	1	0,12	0,15
Св. 0,160 до 0,200 включ.	1	0,30	0,25
Св. 0,200 до 0,315 включ.	2	0,80	0,35
Св. 0,315 до 0,400 включ.	3	0,80	0,50
Св. 0,400 до 0,500 включ.	4	2,00	0,75
Св. 0,500 до 0,630 включ.	5	2,00	1,25
Св. 0,630 до 0,710 включ.	6	5,00	1,75
Св. 0,710 до 0,800 включ.	7	5,00	2,00
Св. 0,800 до 0,900 включ.	8	5,00	2,50
Св. 0,900 до 1,000 включ.	9	5,00	3,25
Св. 1,000 до 1,120 включ.	10	12,00	4,00
Св. 1,120 до 1,250 включ.	11	12,00	4,50
Св. 1,250 до 1,400 включ.	12	12,00	5,50
Св. 1,400 до 1,600 включ.	14	12,00	6,50
Св. 1,600 до 1,800 включ.	16	30,00	8,00
Св. 1,800 до 2,000 включ.	18	30,00	10,00

7.1.2.3 Проведение испытания при комнатной температуре

Образец провода в виде спирали подвешивают за один из концов, как показано на рисунке 10b, и плавно, без рывков прикладывают нагрузку, указанную в стандарте или технических условиях на конкретный провод.

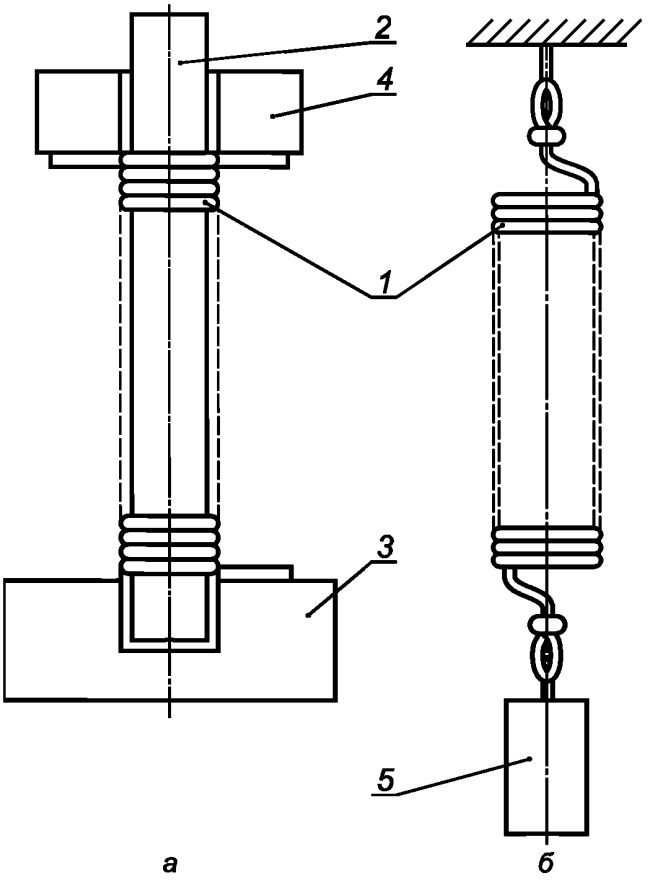
* Для проводов большого диаметра применяют стальной стержень. Для проводов небольшого диаметра применяют медные стержни, что способствует снятию спирали со стержня за счет вытяжки стержня и уменьшения его диаметра.

Испытание проводят на трех образцах. Фиксируют отделение витков друг от друга, за исключением первого и последнего, а также температуру склеивания образцов.

7.1.2.4 Проведение испытаний при повышенной температуре

Образец провода в виде спирали подвешивают за один из концов, как показано на рисунке 10b, и плавно, без рывков прикладывают нагрузку в соответствии с таблицей 5. Образец под нагрузкой помещают в термостат с принудительной циркуляцией воздуха на 15 мин при температуре, указанной в стандарте или технических условиях на конкретный провод.

Испытание проводят на трех образцах. Фиксируют отделение витков друг от друга, за исключением первого и последнего, а также температуру склеивания образцов.



1 — образец провода в виде спирали; *2* — стержень; *3* — держатель стержня; *4* — груз; *5* — нагрузка

Рисунок 10 — Испытательное устройство для определения прочности склеивания витков спирали

Таблица 5 — Прочность склеивания витков спирали при повышенной температуре

Номинальный диаметр жилы, мм	Нагрузка, Н	Номинальный диаметр жилы, мм	Нагрузка, Н
Св. 0,050 до 0,071 включ.	0,04	Св. 0,500 до 0,630 включ.	1,20
Св. 0,071 до 0,100 включ.	0,06	Св. 0,630 до 0,710 включ.	1,70
Св. 0,100 до 0,160 включ.	0,09	Св. 0,710 до 0,800 включ.	2,10
Св. 0,160 до 0,200 включ.	0,19	Св. 0,800 до 0,900 включ.	2,60
Св. 0,200 до 0,315 включ.	0,25	Св. 0,900 до 1,000 включ.	3,20
Св. 0,315 до 0,400 включ.	0,55	Св. 1,000 до 1,120 включ.	3,80
Св. 0,400 до 0,500 включ.	0,80	Св. 1,120 до 1,250 включ.	4,40

Окончание таблицы 5

Номинальный диаметр жилы, мм	Нагрузка, Н	Номинальный диаметр жилы, мм	Нагрузка, Н
Св. 1,250 до 1,400 включ.	4,90	Св. 1,800 до 2,000 включ.	7,90
Св. 1,400 до 1,600 включ.	6,40		
Св. 1,600 до 1,800 включ.	7,90		

7.2 Определение прочности склеивания на макете скрученной обмотки

Прочность склеивания определяется максимальным усилием, необходимым для разрушения макета скрученной обмотки.

7.2.1 Принцип испытания

Макету произвольно намотанной обмотки, выполненному из испытуемого провода, придают овальную форму, скручивают, а затем склеивают, пропустив постоянный ток. Полученный образец в форме прутка испытывают в горизонтальном положении на испытательном оборудовании и определяют максимальное прогибающее усилие, необходимое для разрушения прутка. Испытание повторяют при повышенной температуре.

Примечание — Настоящее испытание аналогично испытанию по методу А, приведенному в 2.1 IEC 61033, и основано на одном и том же принципе. Испытание отличается от испытания по методу А стандарта IEC 61033 в части скрутки и склеивания образца, а также в части размеров провода. Допускается испытание проводов разных размеров, в то время как по методу А IEC 61033 следует использовать провод с жилой номинальным диаметром 0,315 мм.

7.2.2 Оборудование

Используют следующее оборудование:

- устройство для намотки макета обмотки, приведенное на рисунках 11a и 11b;
- устройство для скрутки, приведенное на рисунке 13;
- оборудование для механических испытаний по ISO 178 с использованием подставки в соответствии с рисунком 14;
- источник питания постоянного тока, обеспечивающий на выходе напряжение не менее 50 В и ток не менее 15 А;
- совмещенный с оборудованием для механических испытаний термостат с принудительной циркуляцией воздуха, обеспечивающий поддержание температуры испытания с погрешностью не более ± 2 °С и одновременный нагрев до температуры испытания не менее пяти образцов в течение 5—10 мин.

7.2.3 Образец

Макет произвольно намотанной обмотки изготовляют из испытуемого провода, используя устройство для намотки в соответствии с рисунками 11a и 11b . Число витков *(N)* определяют по формуле

$$N = \frac{100 \cdot 0{,}315^2}{d^2}, \quad (1)$$

где d — номинальный диаметр жилы испытуемого провода.

Примечание — Для номинального диаметра жилы d = 0,315 мм N равно 100 виткам. Для других значений d по формуле рассчитывают значения N, при которых обеспечивается то же общее сечение проволоки в макете обмотки, что и при N = 100 и d = 0,315 мм.

Для предотвращения раскручивания макета обмотки после удаления его из устройства для намотки макет скрепляют концами провода (или короткими отрезками эмалированного провода) двумя или тремя витками в диаметрально противоположных точках. Для этой цели устройство для намотки имеет пазы, как показано на рисунке 11b.

Устройство для намотки имеет следующие основные параметры:

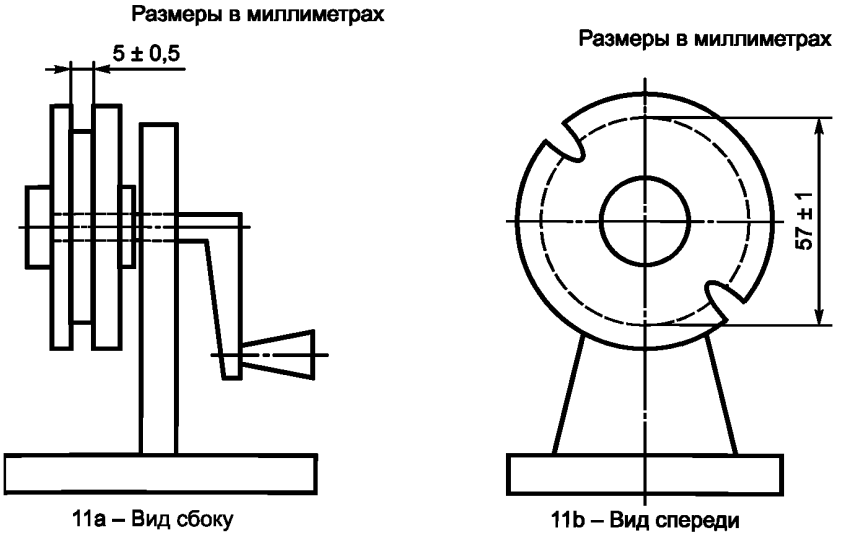
- диаметр намотки (57 ± 0,1) мм;
- ширина канавки (5 ± 0,5) мм.

После удаления из устройства для намотки макету обмотки придают овальную форму, как показано на рисунке 12, а затем скручивают в устройстве для скрутки вокруг его продольной оси в соответствии с рисунком 13. Конструкция устройства позволяет прикладывать к макету обмотки усилие 100 Н

при его скрутке и последующем склеивании. Макет обмотки скручивают на два с половиной оборота, а затем откручивают на половину оборота. Образец, находящийся под нагрузкой в устройстве для скрутки, склеивают, пропуская по проводу постоянный ток. Сила тока должна быть такова, чтобы склеивание образца произошло за 30 — 60 с.

Примечание — Применение постоянного тока позволяет легко определить среднюю температуру образца в конце нагрева (см. приложение А).

Полученный образец представляет собой пруток диаметром около 7 мм и длиной 85 — 90 мм.



11a – Вид сбоку

11b – Вид спереди

Рисунок 11 — Устройство для намотки

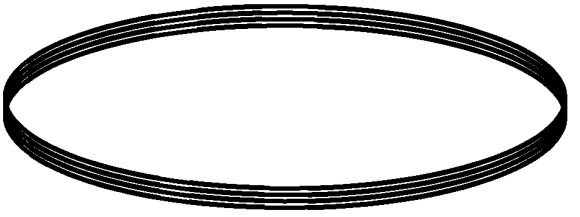
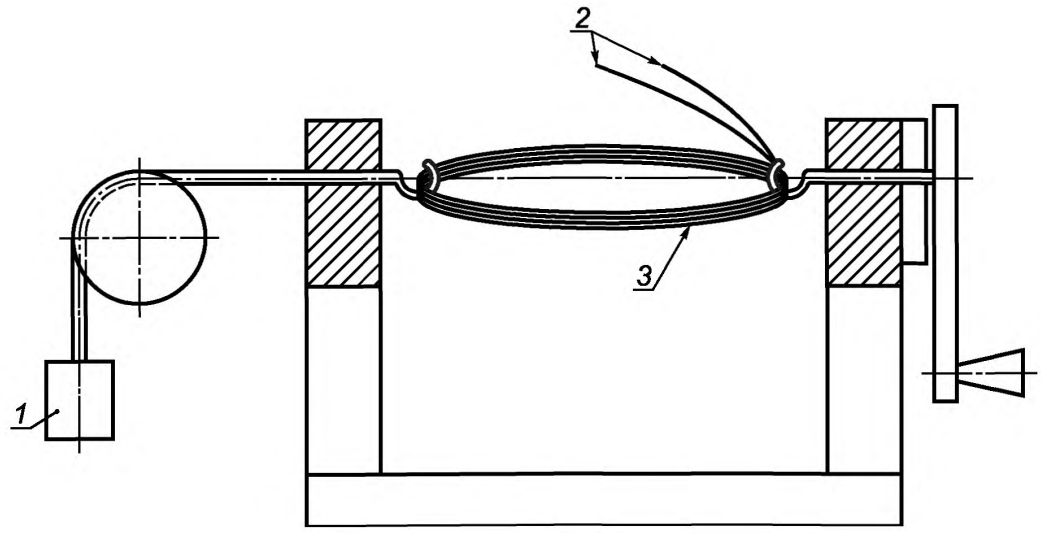


Рисунок 12 — Макет обмотки овальной формы



1 — нагрузка; *2* — постоянный ток; *3* — скручиваемый образец

Рисунок 13 — Устройство для скрутки с нагрузкой, прикладываемой к скручиваемому образцу

7.2.4 Проведение испытания

Образец помещают на подставку в соответствии с рисунком 14. При определении прочности склеивания образца скорость ползуна должна быть такой, чтобы максимальный прогиб под действием усилия *F* был достигнут приблизительно за 1 мин.

При испытании при повышенной температуре образец помещают в термостат, предварительно нагретый до установленной температуры. Образец испытывают после того, как он достигнет температуры термостата, но не более чем через 15 мин после помещения в термостат.

7.2.5 Оценка результатов

При каждой температуре испытание проводят на пяти образцах и фиксируют пять отдельных значений. Среднее значение результатов пяти измерений принимают за прочность склеивания. Номинальный диаметр проволоки, число витков макета обмотки и условия склеивания также фиксируют.

Размеры в миллиметрах

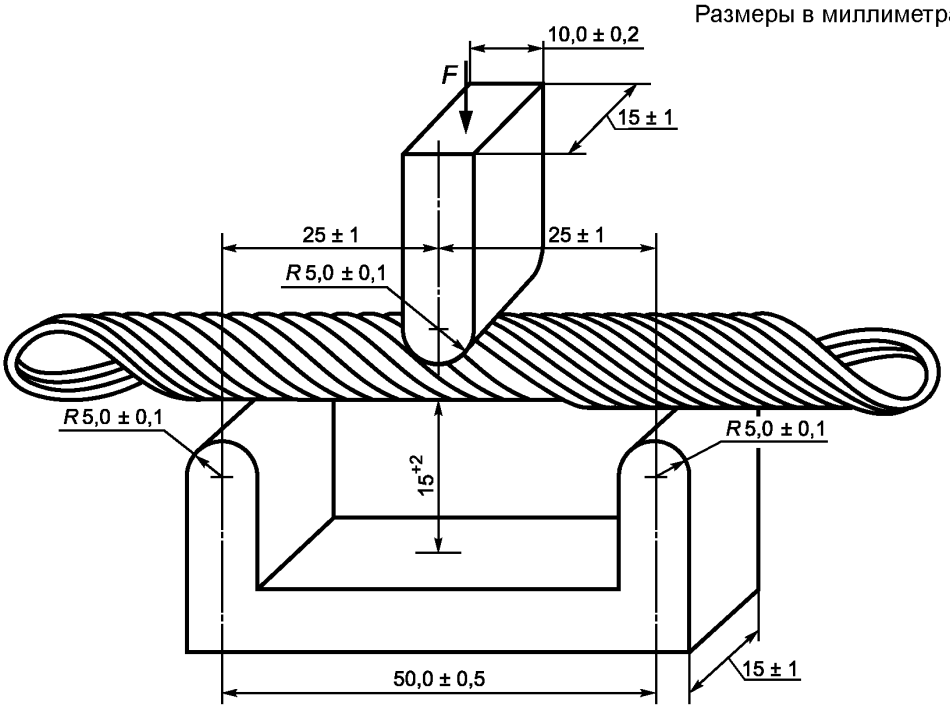


Рисунок 14 — Расположение подставки

Приложение А
(справочное)

Прочность склеивания проводов, склеивающихся под действием нагрева

А.1 Расчет температуры образца в виде макета скрученной обмотки

Метод

При нагреве макета обмотки постоянным током среднюю температуру образца можно рассчитать по его сопротивлению постоянному току, определяемому через отношение напряжения к току. Это отношение может быть определено в начале и в конце нагрева, что позволяет рассчитать температуру в конце нагрева.

Температурный коэффициент

В расчетах используют температурный коэффициент меди $\alpha = 0{,}004\ К^{-1}$.

Расчет

Используя указанный температурный коэффициент, сопротивление образца в конце периода нагрева R_{Tt} определяют по формуле

$$R_{Tt} = R_{To} + \alpha\, R_{To} \cdot (T_t - T_o), \qquad (А.1)$$

где R_{To} — начальное сопротивление (при комнатной температуре);

T_t — температура в конце нагрева, °С;

T_o — температура в начале нагрева (комнатная температура, т.е. 23 °С).

Индекс t означает конец периода нагрева.

Если значение тока — величина постоянная, то правомерно следующее соотношение

$$\frac{R_{Tt}}{R_{To}} = \frac{U_t}{U_o},$$

где U_t — напряжение в конце нагрева;

U_o — напряжение в начале нагрева.

Таким образом, можно определить температуру в конце нагрева

$$T_t = T_o + \left[250 \cdot \left(\frac{U_t}{U_o} - 1\right)\right]. \qquad (А.2)$$

А.2 Определение времени нагрева

График зависимости напряжения от времени

При нагреве скрученного образца постоянным током электрическое сопротивление увеличивается с повышением температуры. Для поддержания постоянного значения тока выходное напряжение трансформатора тока, соответственно, увеличивают. Это позволяет построить график зависимости выходного напряжения постоянного тока от времени и определить время нагрева t. Для разных значений тока графики могут быть представлены на одной диаграмме.

Напряжение для обеспечения максимальной температуры

В отдельных случаях может оказаться необходимым склеить образец при заданной температуре без ее превышения. Если эта максимальная температура известна, последнее уравнение, приведенное в А.1, позволяет определить напряжение, необходимое для достижения этой температуры при конкретном значении тока нагрева

$$U_t = U_o + 0{,}004 \cdot (T_t - T_o)\, U_o. \qquad (А.3)$$

Точка пересечения графика «напряжение—время» с осью Y соответствует значению U_0. По значению U_0 последнее уравнение позволяет определить напряжение, необходимое для достижения заданной температуры образца в конце нагрева. Соответствующее значение по оси X дает продолжительность нагрева, необходимую для достижения температуры T_t. Если этот расчет провести по всем графикам «напряжение—время» для одной и той же температуры T_t, то можно получить данные для построения изотермического графика, пересекающегося с графиками «напряжение—время». Если этот расчет повторить для разных температур, можно получить окончательную диаграмму, по которой можно определить пары значений тока нагрева в амперах и времени нагрева в секундах, чтобы нагреть образец до заданной температуры T_t.

На рисунках А.1—А.4 показаны примеры таких полных диаграмм, построенных для проводов с жилой номинальным диаметром 0,300; 0,315; 0,355 и 0,500 мм соответственно.

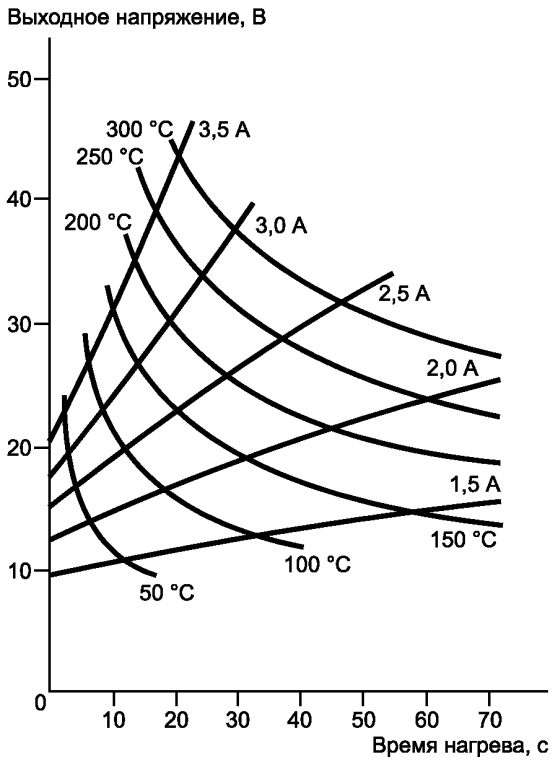


Рисунок А.1 — Пример графиков «напряжение—время» и изотермических графиков для образцов провода в виде макета скрученной обмотки с жилой номинальным диаметром 0,300 мм

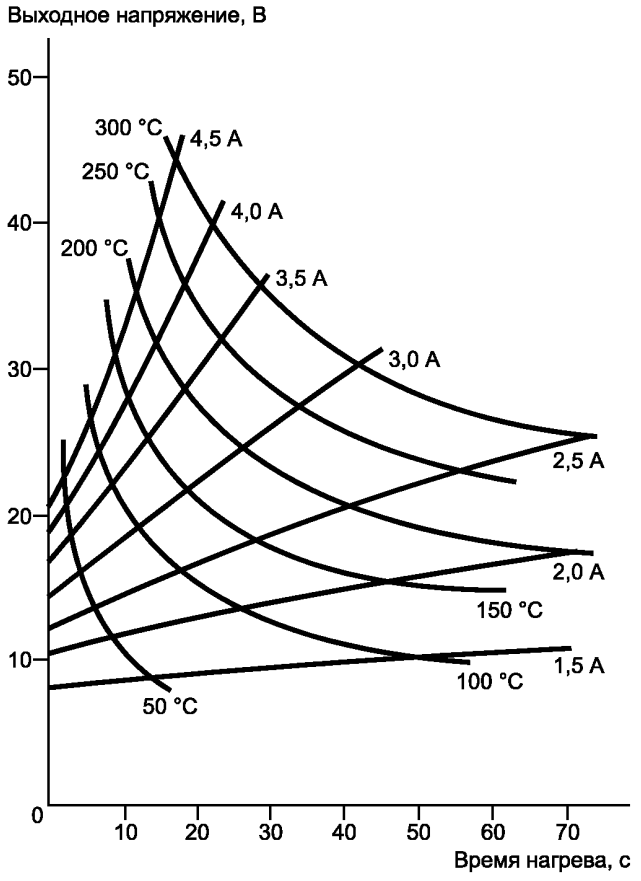


Рисунок А.2 — Пример графиков «напряжение—время» и изотермических графиков для образцов провода в виде макета скрученной обмотки с жилой номинальным диаметром 0,315 мм

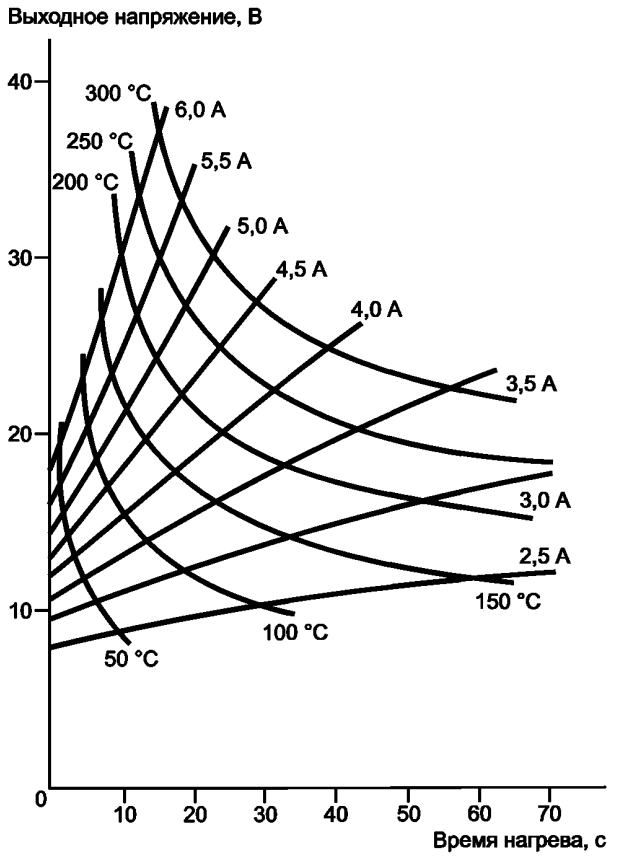


Рисунок А.3 — Пример графиков «напряжение—время» и изотермических графиков для образцов провода в виде макета скрученной обмотки с жилой номинальным диаметром 0,355 мм

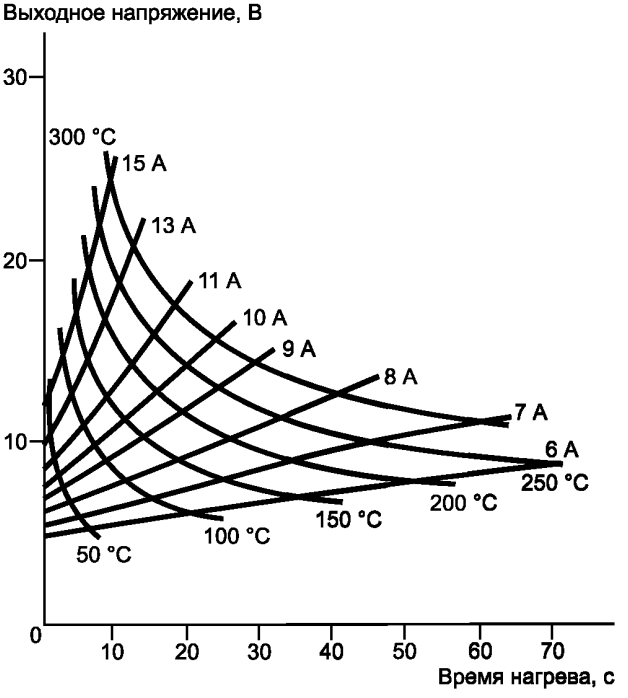


Рисунок А.4 — Пример графиков «напряжение—время» и изотермических графиков для образцов провода в виде макета скрученной обмотки с жилой номинальным диаметром 0,500 мм

Приложение В
(справочное)

Методы определения коэффициента или силы трения

В.1 Общие положения

Настоящее приложение содержит рекомендуемые для изготовителей и потребителей (заказчиков) обмоточных проводов методы определения коэффициента или силы трения проводов. Другие методы могут использоваться по согласованию между потребителем (заказчиком) и изготовителем.

В.2 Испытание А. Метод определения статического коэффициента трения

В.2.1 Метод испытания (для круглых эмалированных проводов с жилой номинальным диаметром от 0,050 до 1,600 мм включительно)

Статический коэффициент трения μ_s определяют по углу наклона α пластины в момент начала скольжения блока по образцу провода. Образец провода сматывают с поставочной катушки через одну из щек. Перед испытанием верхние слои провода на катушке удаляют, если поверхность провода грязная или пыльная. Одну часть образца провода выпрямляют и размещают на наклоняющейся пластине, изогнув его вокруг стоек и закрепив двумя зажимами. Эта часть образца образует дорожку скольжения. Другую часть образца крепят на скользящем блоке аналогично.

Блок с образцом помещают на дорожку скольжения так, чтобы провода на блоке и на пластине пересекались в месте соприкосновения под прямым углом.

Затем пластину медленно наклоняют (со скоростью около 1°/с) до тех пор, пока блок не начнет скользить вниз. В этот момент по шкале фиксируют значение угла наклона α.

Статический коэффициент трения определяют по формуле

$$\mu_s = \operatorname{tg} \alpha. \qquad (B.1)$$

В.2.2 Испытательное устройство

Схема испытательного устройства приведена на рисунке В.1.

Устройство имеет пластину *1*, которая может быть наклонена на угол α вращением вокруг оси *8*. На основании *9* укреплена шкала *7* для определения угла наклона α или коэффициента трения $\operatorname{tg} \alpha$.

На пластине имеются устройства для крепления образца провода *3*, например, две стойки *5* и два зажима *6*. Параллельные части провода должны находиться на расстоянии 110 мм друг от друга. Они образуют дорожку скольжения от шкалы до оси пластины.

Для крепления второй части образца *4* на блоке *2* имеются зажимы и стойки. Параллельные части образца должны находиться на расстоянии 60 мм друг от друга. Во избежание дополнительного трения размер блока должен быть таким, чтобы зажимы и стойки находились на расстоянии от пластины *1*. Масса блока должна быть:

- около 50 г для провода с жилой номинальным диаметром до 0,150 мм включительно;
- около 500 г для провода с жилой номинальным диаметром свыше 0,150 мм.

Масса блока при испытании непостоянна, поскольку она зависит от массы второй части образца провода.

Угол наклона медленно изменяют с помощью электрического или механического привода.

В.3 Испытание В. Первый метод определения динамического коэффициента трения

В.3.1 Принцип

Коэффициент трения μ_d определяют по силе трения *C*, действующей на движущийся провод при давлении на него груза определенной массы *E*, по следующей формуле

$$\mu_d = \frac{C}{9{,}81 \cdot E}. \qquad (B.2)$$

В.3.2 Метод испытания

Схема испытательного устройства приведена на рисунке В.2.

Эмалированный провод проходит через направляющий ролик и притормаживающее устройство *D* поверх металлической плиты *B*. С помощью поворотных роликов провод протягивают под плитой *B* и возвращают назад параллельно первому проходу снова поверх плиты, как показано на рисунке В.2. С помощью привода *A* провод протягивают со скоростью 0,25 м/с. Груз *E* помещают на проходящий поверх плиты *B* провод и соединяют с датчиком измерителя силы трения *C*.

Датчик измерителя силы трения может иметь линейный самописец (диапазон измерения 1—250 мВ), который фиксирует изменение и общий уровень степени гладкости провода на достаточно большой длине.

В.4 Испытание С. Второй метод определения динамического коэффициента трения (для круглых эмалированных проводов с жилой номинальным диаметром от 0,050 до 1,600 мм включительно)

В.4.1 Испытательное устройство

Схема типового испытательного устройства приведена на рисунке В.3. На рисунке В.4 приведены подробные изображения синтетических сапфиров. Рисунок В.5 является фотографией блока нагрузки. Испытательное оборудование оснащено направляющей системой провода и тяговым устройством, которое протягивает провод над плитой со скоростью 15 м/мин, как показано на рисунке В.6. Блок нагрузки выравнивают параллельно плите и располагают испытательные грузы перпендикулярно образцу провода.

При протягивании провода под блоком нагрузки (синтетическими сапфирами) трение между поверхностью провода и поверхностью сапфиров приводит к возникновению продольной силы, которая передается на измерительную систему при помощи вала, поддерживаемого двумя наборами линейных шарикоподшипников, находящихся в контакте с измерительной системой. Для получения динамического коэффициента трения показания измерительного устройства делят на значение нагрузки, действующей на испытуемую поверхность.

Измерительная система на рисунке В.3 представлена испытательным устройством для определения динамического коэффициента трения с датчиком нагрузки для измерения силы. Для измерения силы вместо датчика нагрузки также может использоваться линейный датчик скорости перемещения (LVDT). Электрический сигнал с выхода устройства, измеряющего силу трения, поступает в компьютер или микропроцессор, где собираются данные измерений, обычно 1000 значений. Для соответствующей интерпретации результатов этот набор данных может подвергнуться статистической обработке.

Примечания

1 Значения динамического коэффициента трения определяются типом смазки или поверхностью образца обмоточного провода. Обычно значения динамического коэффициента трения не зависят от размера провода.

2 Провод, смазанный минеральным маслом, обычно имеет среднее значение динамического коэффициента трения в диапазоне 0,09—0,16. Провод, смазанный твердым парафином, обычно имеет среднее значение динамического коэффициента трения в диапазоне 0,03—0,06, которое является более согласованным, что подтверждается более низким среднеквадратическим отклонением. Среднее значение, максимальное значение и значение среднеквадратического отклонения могут использоваться для оценки применения смазывающего вещества к проводу и гладкости поверхности провода.

Методика проведения испытания позволяет определить количество наносимой на провод смазки и степень гладкости поверхности провода как комбинированное значение. Предполагается, что провод будет удален с поставочной катушки с минимально возможным контактом с поверхностями провода, за исключением поверхностей, касающихся испытательного устройства и поставочной катушки.

Если есть подозрение, что присутствие пыли или грязи может повлиять на коэффициент трения, то один или два слоя провода удаляют с поставочной катушки и образец подвергают повторному испытанию. Поверхности испытательного оборудования, находящиеся в контакте с проводом, должны быть чистыми и сухими в начале каждого отдельного испытания. Растворитель, используемый для очистки поверхности блока нагрузки, должен удалять разные типы используемой смазки и высыхать без оставления пленки.

В.4.2 Испытуемый образец

Поверхность провода проверяют на наличие повреждений, сплетений либо чрезмерного количества пыли или грязи. В случае наличия хотя бы одного из этих факторов верхний слой провода перед проведением испытания удаляют. Образец провода сматывают с поставочной катушки через одну из щек, или из контейнера, или с барабана.

В.4.3 Подготовка образца

Образец провода протягивают над плитой при приложении испытательной нагрузки L. Сила трения F_d создается между поверхностями провода и регистрируется соответствующим измерительным устройством. Значение F_d, выраженное в грамм-сила, делят на значение испытательной нагрузки L в грамм-сила для получения динамического коэффициента трения μ_d.

$$\mu_d = \frac{F_d}{L}. \qquad (B.3)$$

Тяговое устройство, приводимое в действие двигателем, должно протягивать образец провода по гладкой поверхности плиты со скоростью (15 ± 1,5) м/мин.

Набор грузов обеспечивает приложение усилия в диапазоне 100—1000 грамм-сила.

На блоке нагрузки установлены два синтетических сапфира, шероховатость поверхности которых не более 2,4 мкм. Сапфиры изображены на рисунке В.4, а их крепление показано на рисунке В.5.

Испытательное устройство имеет устройства, направляющие движение провода и обеспечивающие при необходимости его требуемое натяжение.

Электронный измеритель или датчик измеряет силу, возникающую вследствие трения. В качестве испытательного оборудования должны использоваться датчик измерителя силы трения, имеющий диапазон измерения усилия от 0 до 500 грамм-сила, устройство хранения данных, микропроцессор или компьютер для статистического анализа набора данных.

Может использоваться механическая амортизирующая система, состоящая из амортизирующей лопатки и контейнера, наполненного маслом. Электрические сигналы с выхода датчика нагрузки или LVDT могут также демпфироваться с помощью электроники.

Для удаления смазки при испытании применяют соответствующий растворитель, которым очищают контактирующие с проводом поверхности сапфиров и металлические поверхности.

В.4.4 Проведение испытания

Устройство, измеряющее коэффициент трения, настраивают таким образом, чтобы датчик давления измерял только силу, направленную перпендикулярно приложенной нагрузке, и не учитывал силу тяжести (гравитацию).

Калибруют датчик давления путем выставления нуля без приложения нагрузки, затем устанавливают диапазон чувствительности путем подвешивания груза весом 100 или 200 г. После этого удаляют груз, и на дисплее снова должен отображаться ноль.

Вводят параметры испытания в микропроцессор или персональный компьютер.

Провод сматывают с катушки через щеку катушки, пропускают через устройство натяжения, через направляющие и наматывают на приемный шпиндель.

Регулируют направляющие ролики таким образом, чтобы провод двигался параллельно испытательной плите. Очищают поверхность плиты, все направляющие ролики и поверхности сапфиров соответствующим растворителем.

Размещают соответствующий груз по таблице В.1 на блоке нагрузки.

Таблица В.1 — Испытательные грузы блока нагрузки для определения динамического коэффициента трения

Диаметр провода, мм	Вес, г
0,050 — 0,071	100
0,071 — 0,125	200
0,125 — 0,450	600
0,045 — 1,600	1 000

Регулируют плиту таким образом, чтобы испытательный груз был установлен параллельно испытательной поверхности. Включают натяжное устройство и начинают сбор данных после прекращения колебания провода, продолжают сбор до момента сохранения требуемого числа данных.

Анализируют данные для нахождения минимального значения, максимального значения, среднего значения и среднеквадратического отклонения.

Значение динамического коэффициента трения μ_d определяют по формуле

$$\mu_d = \frac{F_d}{L}, \qquad (B.4)$$

где F_d — значение усилия, грамм-сила;

L — испытательный груз, грамм-сила.

В.5 Испытание D. Определение усилия трения методом скрученной пары

В.5.1 Круглые эмалированные провода с жилой номинальным диаметром от 0,100 до 1,500 мм включительно

Образец эмалированного провода скручивают, как при испытании 13 (пробивное напряжение) по 4.3 IEC 60851-5. Конец одного отрезка проволоки скрутки закрепляют в неподвижном зажиме, к противоположному концу другого отрезка через, например динамометр, прикладывают усилие, под действием которого этот отрезок начинает скользить, не вращаясь. Усилие, необходимое для разделения двух отрезков, принимают за силу трения скольжения.

В.5.2 Проведения испытания

Образец провода длиной около 400 мм складывают пополам и скручивают на отрезке длиной 125 мм, как показано на рисунке В.7. Усилие (нагрузка), прикладываемое к паре при скручивании, и число кручений указаны в таблице В.2.

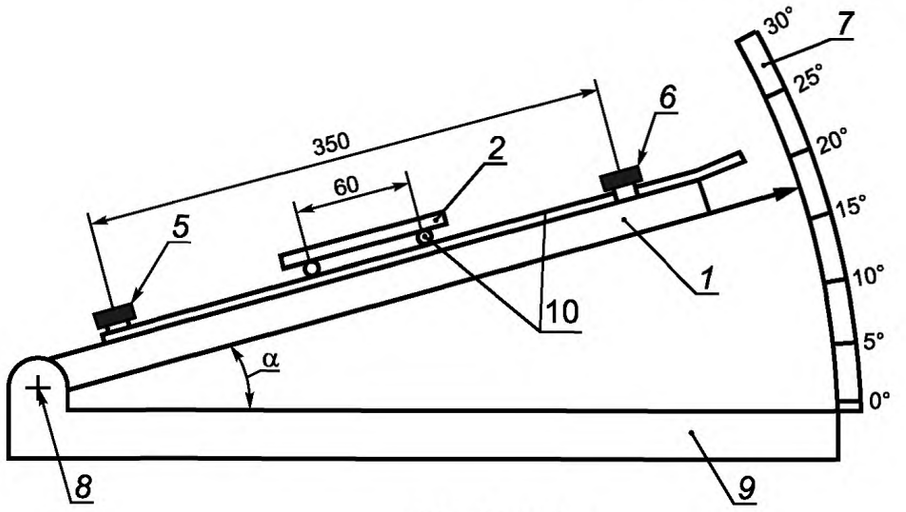
Петлю на конце скрученного участка разрезают в двух местах, чтобы обеспечить максимальное расстояние между разрезанными концами. При разделении отрезков провода следует избегать резких изгибов или повреждения изоляции на скрученном участке и нескрученных концах.

Конец одного отрезка надежно закрепляют в зажиме, а к противоположному концу другого отрезка прикладывают усилие, обеспечивая скольжение отрезка без вращения. Испытание проводят на трех образцах.

Т а б л и ц а В.2 — Параметры скрученной пары

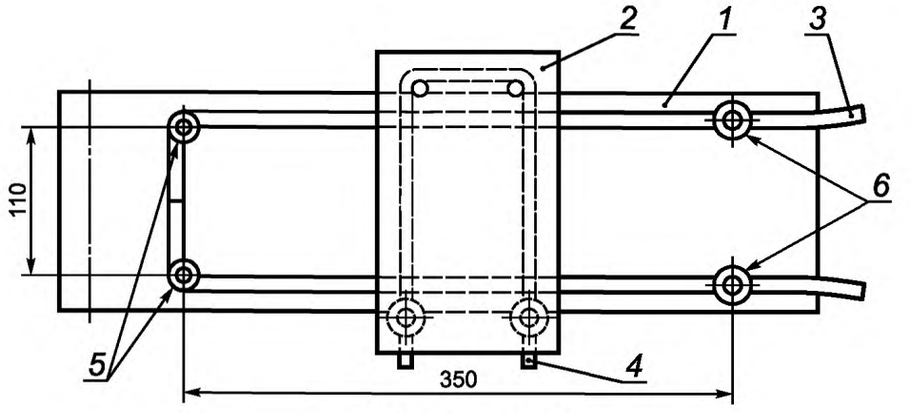
Номинальный диаметр жилы, мм	Усилие, прикладываемое к паре провода, Н	Число кручений на отрезке длиной 125 мм
Св. 0,100 до 0,250 включ.	0,85	17
Св. 0,250 до 0,315 включ.	1,40	15
Св. 0,315 до 0,400 включ.	2,40	13
Св. 0,400 до 0,500 включ.	3,40	12
Св. 0,500 до 0,710 включ.	6,00	11
Св. 0,710 до 0,800 включ.	8,50	10
Св. 0,800 до 0,900 включ.	10,00	9
Св. 0,900 до 1,000 включ.	12,50	8
Св. 1,000 до 1,120 включ.	15,00	7
Св. 1,120 до 1,250 включ.	20,00	6
Св. 1,250 до 1,500 включ.	27,00	5

Размеры в миллиметрах



В.1а – Вид сбоку

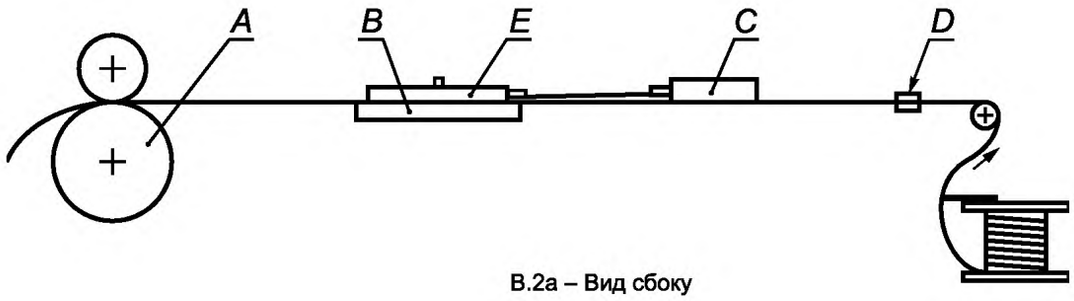
Размеры в миллиметрах



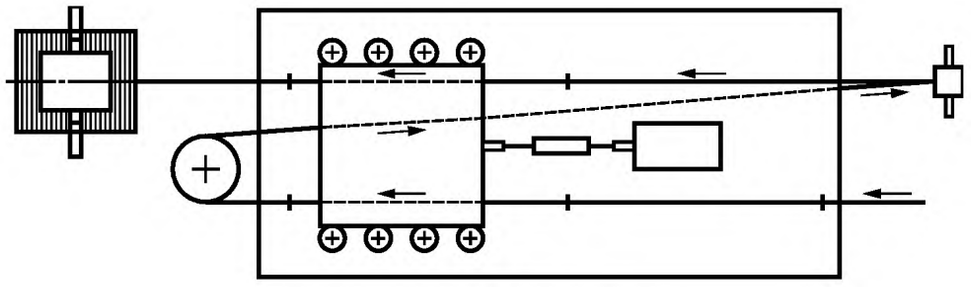
В.1b – Вид сверху

1 — пластина, *2* — блок; *3*, *4* — образец провода; *5* — стойки; *6* — зажимы; *7* — шкала; *8* — ось; *9* — основание; *10* — образец обмоточного провода

Рисунок В.1 — Испытательное устройство для определения статического коэффициента трения



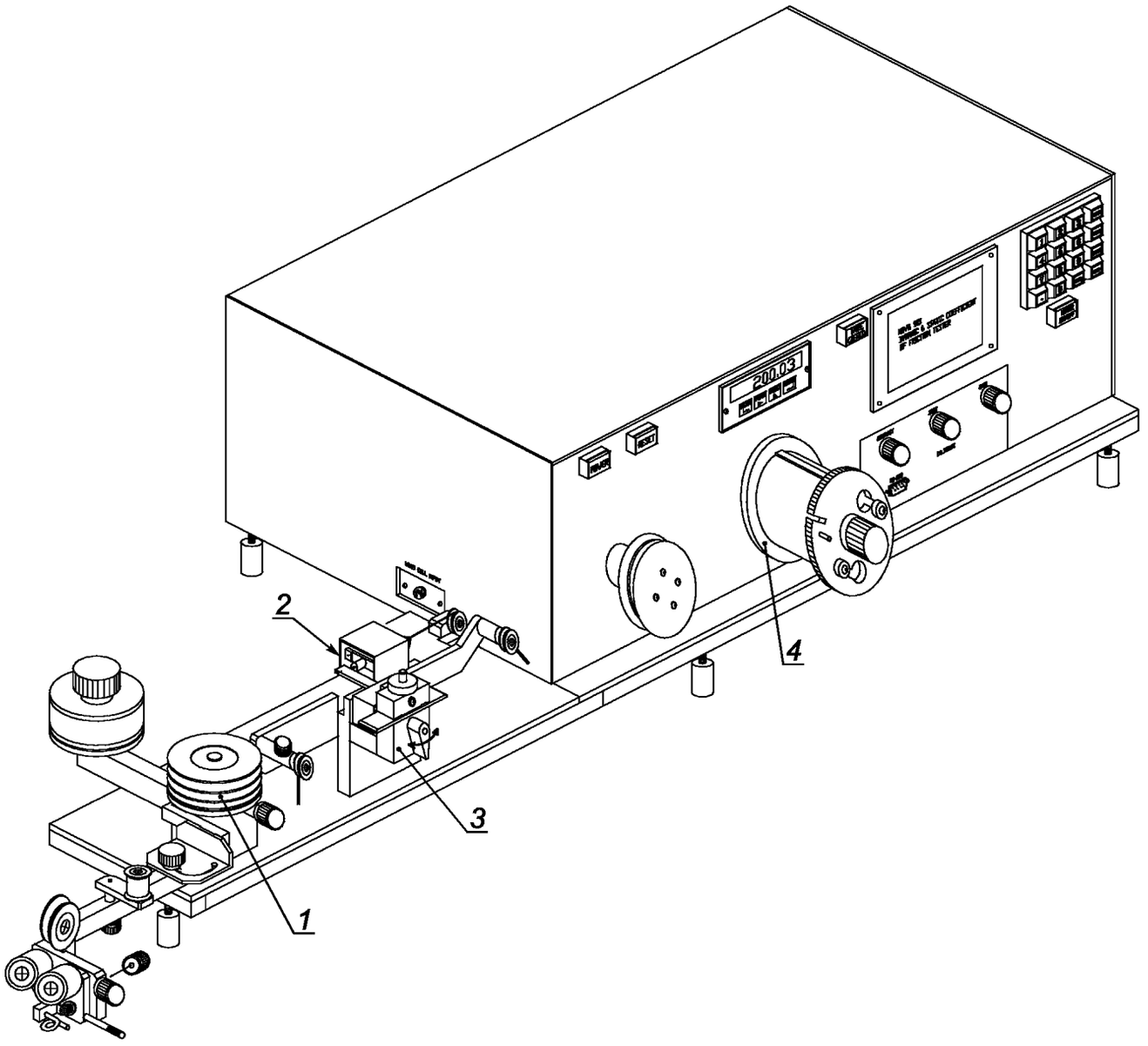
B.2a – Вид сбоку



B.2b – Вид сверху

A — привод; *B* — плита; *C* — измеритель силы трения; *D* — притормаживающее устройство; *E* — груз

Рисунок B.2 — Испытательное устройство для определения динамического коэффициента трения



1 — натяжное устройство; *2* — датчик нагрузки; *3* — блок с сапфирами и блок поддержки провода; *4* — оправка тягового устройства

Рисунок В.3 — Типовое испытательное устройство для определения динамического коэффициента трения

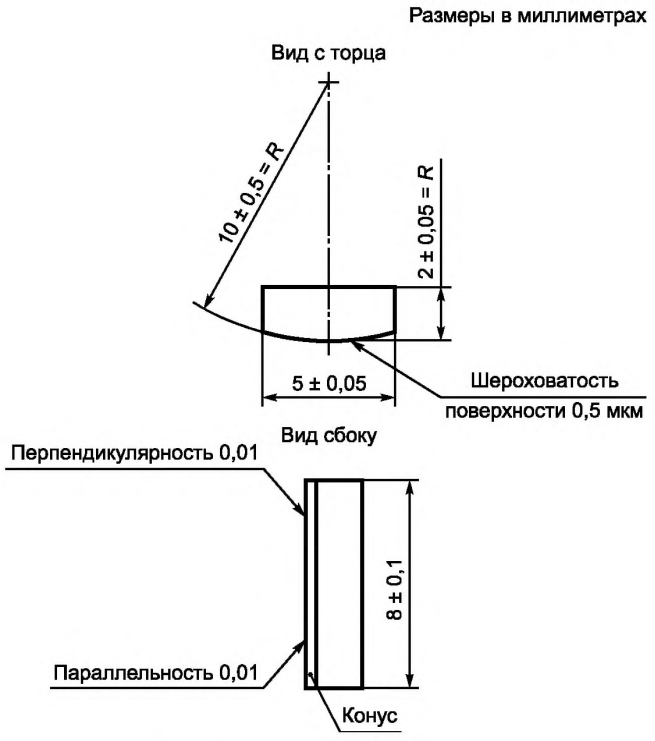


Рисунок В.4 — Материал — сапфир (синтетический)

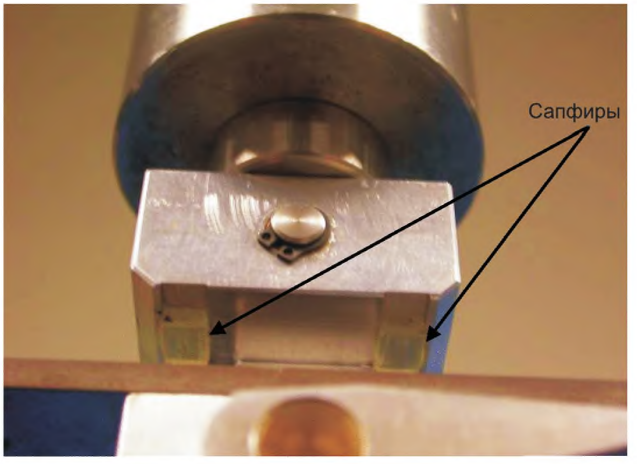


Рисунок В.5 — Синтетические сапфиры, расположенные на блоке нагрузки

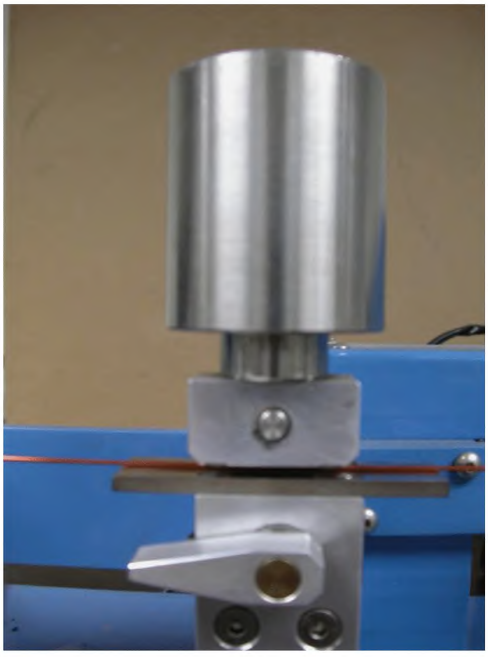


Рисунок В.6 — Нагрузка, приложенная перпендикулярно проволоке

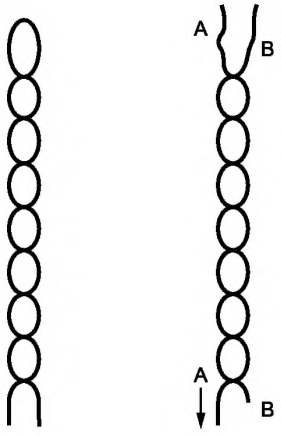


Рисунок В.7 — Скрученный образец

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего межгосударственного стандарта
IEC 60851-1:1996	IDT	ГОСТ IEC 60851-1—2011 «Провода обмоточные. Методы испытаний. Часть 1. Общие положения»
IEC 60851-2:1996	IDT	ГОСТ IEC 69851-2—2011 «Провода обмоточные. Методы испытаний. Часть 2. Определение размеров»
ISO 178: 2001 + Amendment 1:2004	—	*

* Соответствующий межгосударственный стандарт отсутствует. До его принятия рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта ISO 178:2001. Официальный перевод данного международного стандарта находится в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов.

Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение соответствия стандартов:

- IDT идентичные стандарты.

Библиография

IEC 60851-5:2008 Winding wires — Test methods — Part 5: Electrical properties (Методы испытаний обмоточных проводов. Часть 5. Электрические свойства)

IEC 61033:1991 Test methods for the determination of bond strength of impregnating agents to an enameled wire substrate (Amendment 1:2006) (Методы испытания на макетах, изготовленных из эмалированного провода по определению спекаемости пропиточных составов)

УДК 621.315.326.001.4:006.354 МКС 29.060.10 Е49 IDT

Ключевые слова: обмоточный провод, методы испытаний, механические свойства

БЗ 5—2016/51

Редактор *В.Н. Шмельков*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Е.Ю. Митрофанова*
Компьютерная верстка *Е.О. Асташина*

Сдано в набор 07.09.2017. Подписано в печать 03.10.2017. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 4,18. Уч.-изд. л. 3,79. Тираж 29 экз. Зак. 1874.
Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123001 Москва, Гранатный пер., 4.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru