ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 72182.9— 2025 (МЭК 60352-9:2024)

СОЕДИНЕНИЯ БЕЗ ПАЙКИ

Часть 9

Соединения при помощи сварки ультразвуком. Общие требования и методы испытаний

(IEC 60352-9:2024, Solderless connections — Part 9: Ultrasonically welded connections — General requirements, test methods and practical guidance, MOD)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2025

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Акционерным обществом «Диэлектрические кабельные системы» (АО «ДКС») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 331 «Низковольтная коммутационная аппаратура и комплектные устройства распределения, защиты, управления и сигнализации»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 октября 2025 г. № 1286-ст

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту МЭК 60352-9:2024 «Соединения без пайки. Часть 9. Соединения, сваренные под ультразвуком. Общие требования, методы испытаний и практическое руководство» (IEC 60352-9:2024 «Solderless connections — Part 9: Ultrasonically welded connections — General requirements, test methods and practical guidance», MOD) путем изменения нормативных и библиографических ссылок, которые выделены в тексте курсивом.

Международный стандарт разработан подкомитетом 48B «Соединители» Технического комитета ТК 48 «Электромеханические компоненты и механические конструкции для электронного оборудования» Международной электротехнической комиссии (МЭК).

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5—2012 (пункт 3.5).

Сведения о соответствии ссылочных национальных и межгосударственных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном стандарте, приведены в дополнительном приложении ДА

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «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

© IEC, 2024
© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2025

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 Термины и определения 2
4 Информация о проводах и наконечниках 5
4.1 Материалы жил 5
4.2 Покрытие поверхности токопроводящей жилы 5
5 Требования к ультразвуковой сварке 5
5.1 Примеры соединений при помощи сварки ультразвуком 5
5.2 Общие требования 9
5.3 Влияние длины провода на сварной шов на другом конце соединения с наконечником 10
5.4 Требования к конструкции 10
5.5 Механическая и электрическая защита сваренного пучка 12
5.6 Требования к конструкции кабельных изделий 13
5.7 Степень уплотнения соединений, сваренных ультразвуковой сваркой 14
6 Образцы 15
6.1 Общие положения 15
6.2 Образцы типа A1 или A2 15
6.3 Образцы типа B1 или B2 15
6.4 Образец типа C 16
6.5 Образец типа D 17
7 Испытания 17
7.1 Общая информация об испытаниях 17
7.2 Визуально-оптический контроль с проверкой размеров 17
7.3 Механические испытания 21
7.4 Проверка изображений с помощью микросекционных разрезов 33
7.5 Электрические испытания 34
8. Климатические испытания 38
8.1 Общая информация о климатических испытаниях 38
8.2 Быстрая смена температуры 38
8.3 Сухое тепло 39
8.4 Холод 39
8.5 Влажное тепло 39
8.6 Последовательность климатических испытаний 39
8.7 Коррозия, промышленная атмосфера 40
9 Классификация по классам изделия 40
9.1 Общие положения 40
9.2 Класс изделия A 40
9.3 Класс изделия B 41
9.4 Класс изделия C 41
10 Программа испытаний 41
10.1 Программа испытаний A (класс изделия A, см. 9.2) 41
10.2 Программа испытаний B (класс изделия B, см. 9.3) 42
10.3 Программа испытаний C (класс изделия C, см. 9.4) 43
11 Дополнительно применяемые группы испытаний (при необходимости) 46
11.1 Испытание сухим теплом и защита от напряжения 46
11.2 Коррозия 47
12 Технологические карты 47
Приложение A (справочное) Практическое руководство 52
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных национальных и межгосударственных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте 54
Библиография 57

Введение

Настоящий стандарт распространяется на соединения, сваренные с помощью ультразвуковой сварки, и содержит требования, испытания и практическое руководство.

Ультразвуковая сварка — это разновидность холодной сварки трением, которая набирает популярность во многих отраслях промышленности. При этом типе сварки применяют ультразвуковую вибрацию для соединения материалов друг с другом, создавая прочное и надежное соединение. Международная организация по стандартизации (ISO) определила ультразвуковую сварку как процесс, соответствующий *ГОСТ Р ИСО 4063.*

Процесс ультразвуковой сварки основан на использовании высокочастотных ультразвуковых волн, в результате чего в месте соединения образуется тепло. Для данного специального метода сварки не требуется высокая температура, поэтому такой способ соединения двух материалов считают одним из наиболее дешевых.

Кроме того, он требует меньшего количества операций, чем традиционные методы, что означает, что его можно выполнить быстро и с минимальными затратами ресурсов.

Ультразвуковая сварка существует уже несколько десятилетий, но только недавно получила более широкое распространение благодаря технологическому прогрессу и ее низкой стоимости. Ее можно использовать на различных материалах, включая пластмассы, каучуки, металлы, текстиль и композиты. Благодаря своей точности и прочным связям, которые создаются при этом методе, ультразвуковая сварка стала чрезвычайно популярной в таких производственных процессах, как автомобилестроение, электронная промышленность, производство мебели и даже при производстве медицинских изделий.

В настоящем стандарте описана система классификации продукции в соответствии с предполагаемым конечным назначением изделия. Выделяют классы A, B и C. Изделия класса A предназначены для общего назначения и включают потребительские товары, некоторые компьютеры и компьютерную периферию, а также аппаратное обеспечение, подходящее для приложений, где основным требованием является функциональность готовой сборки. Изделия класса B — это специализированные электронные устройства для обслуживания, обеспечивающие высокую производительность и длительный срок службы. Наконец, изделия класса C отличаются высокой производительностью и не имеют простоев оборудования; сюда входят системы жизнеобеспечения и другие критически важные системы. Изготовитель или потребитель соединений, сваренных ультразвуковой сваркой, должен определить класс, к которому относится изделие.

В настоящем стандарте изложены требования к испытаниям соединений, сваренных ультразвуком, которые используются в изделиях классов A, B и C. Указаны группы испытаний P0 — P11, а по требованию изготовителя и потребителя доступны дополнительные группы испытаний P9 и P12.

Представлены три программы испытаний — A (базовая), B (промежуточная) и C (расширенная), основанные на конкретном выборе групп испытаний, каждая из которых подтверждает соответствие минимальным требованиям для каждого определенного класса изделия.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СОЕДИНЕНИЯ БЕЗ ПАЙКИ

Часть 9

Соединения при помощи сварки ультразвуком. Общие требования и методы испытаний

Solderless connections.
Part 9. Ultrasonically welded connections. General requirements and test methods

Дата введения — 2026—06—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на соединения при помощи сварки ультразвуком и содержит требования, испытания и практическое руководство.

Настоящий стандарт распространяется на соединения при помощи сварки ультразвуком из многопроволочных или гибких жил (классы 2, 5 или 6 согласно *ГОСТ 22483*), изготовленные из меди, медного сплава, алюминия или алюминиевого сплава.

Для этих сварных соединений металл-металл необходимо использовать токопроводящие жилы с номинальным сечением от 0,08 до 160,00 мм^2, а в случае применения пучка токопроводящих жил номинальное сечение не должно превышать 200,00 мм^2.

Минимальное номинальное сечение жил, изготовленных из алюминия или алюминиевого сплава, составляет 2,50 мм^2.

В настоящий стандарт включена информация о материалах, производственном опыте и процедурах испытания для обеспечения электрически стабильных соединений в заданных условиях окружающей среды.

Целью настоящего стандарта является достижение сопоставимых результатов при использовании устройства для ультразвуковой сварки с аналогичными характеристиками и техническими характеристиками, установленными изготовителем.

Примечание — На рисунках настоящего стандарта представлены примеры возможных решений для соединений прямоугольной формы, выполненных ультразвуковой сваркой, но не ограничиваются ими.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 9.302—88 (ИСО 1463—82, ИСО 2064—80, ИСО 2106—82, ИСО 2128—76, ИСО 2177—85, ИСО 2178—82, ИСО 2360—82, ИСО 2361—82, ИСО 2819—80, ИСО 3497—76, ИСО 3543—81, ИСО 3613—80, ИСО 3882—86, ИСО 3892—80, ИСО 4516—80, ИСО 4518—80, ИСО 4522-1—85, ИСО 4522-2—85, ИСО 4524-1—85, ИСО 4524-3—85, ИСО 4524-5—85, ИСО 8401—86) Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Методы контроля

ГОСТ 22483 (IEC 60228:2004) Жилы токопроводящие для кабелей, проводов и шнуров

ГОСТ 28203 (МЭК 68-2-6—82) Основные методы испытаний на воздействие внешних факторов. Часть 2. Испытания. Испытание Fc и руководство: Вибрация (синусоидальная)

Издание официальное

ГОСТ 28216 (МЭК 68-2-30—82) Основные методы испытаний на воздействие внешних факторов. Часть 2. Испытания. Испытание Db и руководство: влажное тепло, циклическое (12 + 12-часовой цикл)

ГОСТ 28381 (МЭК 512-1—84, МЭК 512-2—85, МЭК 512-3—76, МЭК 512-4—76, МЭК 512-5—77, МЭК 512-6—84, МЭК 512-7—78, МЭК 512-8—84, МЭК 512-9—77) Электромеханические компоненты для электронной аппаратуры. Основные методы испытаний и измерений

ГОСТ 30630.2.1 Методы испытаний на стойкость к климатическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Испытания на устойчивость к воздействию температуры

ГОСТ 31602.1 (IEC 60999-1:1999) Соединительные устройства. Требования безопасности к контактным зажимам. Часть 1. Требования к винтовым и безвинтовым контактным зажимам для соединения медных проводников с номинальным сечением от 0,2 до 35 мм^2

ГОСТ IEC 60050-581 Международный электротехнический словарь. Часть 581. Электромеханические компоненты для электронного оборудования

ГОСТ Р 51801 Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям в части стойкости к воздействию агрессивных и других специальных сред

ГОСТ Р МЭК 60068-2-30 Испытания на воздействие внешних факторов. Часть 2-30. Испытания. Испытание Db: Влажное тепло, циклическое (12 ч + 12-часовой цикл)

ГОСТ Р ИСО 4063 Сварка, пайка высоко- и низкотемпературная, резка. Перечень и условные номера процессов

ГОСТ Р ИСО 22514-2 Статистические методы. Управление процессами. Часть 2. Оценка пригодности и воспроизводимости процесса на основе модели его изменения во времени

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по *ГОСТ IEC 60050-581* и *ГОСТ 28381*, а также следующие термины с соответствующими определениями:

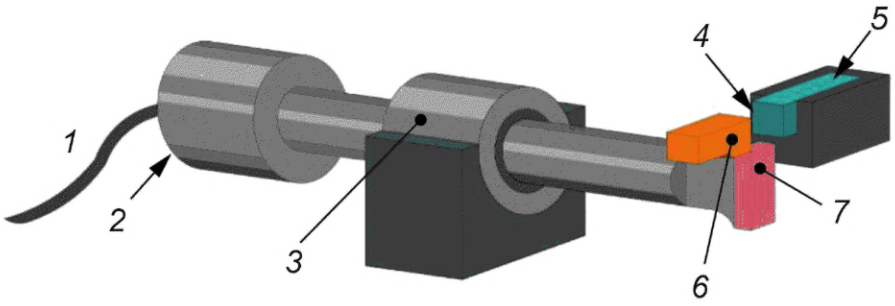
3.1

сварка ультразвуковая (ultrasonic welding): Сварка давлением, при которой механические колебания высоких частот и низкой амплитуды, создающие статическую силу, образуют сварной шов между двумя деталями при температуре значительно ниже точки плавления материала.

[*ГОСТ Р 58905—2020/ISO/TR 25901-3:2016*, 2.2.1.6.1]

3.2 **машина ультразвуковой сварки** (ultrasonic welding machine — ultrasonic welding system): Система для ультразвуковой сварки, состоящая из ультразвукового преобразователя, сонотрода и, при необходимости, электрических и механических устройств для управления установкой.

Примечание — На рисунке 1 показана конструкция установки для ультразвуковой сварки, специально сконструированная для сваривания токопроводящих жил.



1 — генератор-соединение; *2* — преобразователь; *3* — генератор высокого напряжения; *4* — область сварки; *5* — наковальня; *6* — ползун; *7* — сонотрод

Рисунок 1 — Установка для ультразвуковой сварки, сконструированная для сваривания не менее двух токопроводящих жил

3.3 **ультразвуковой генератор** (ultrasonic generator): Источник, генерирующий высокочастотную электрическую энергию для ультразвуковых преобразователей.

3.4 **ультразвуковой преобразователь** (ultrasonic converter): Устройство, которое преобразует электрическую энергию ультразвуковой частоты в механические колебания.

3.5 **сонотрод** (sonotrode): Компонент, передающий ультразвуковые колебания напрямую на свариваемые детали.

3.6 **виброусилитель** (vibration booster): Промежуточный элемент между преобразователем и сонотродом, усиливающий ультразвуковые колебания.

3.7 **опорная плита;** *плита наковальни* (surface plate; anvil plate): Неподвижная стенка, расположенная под наковальней или сбоку от нее и отделенная от сонотрода определенным зазором для предотвращения контакта и возможного повреждения инструментов.

Примечание — Опорная плита или плита наковальни предусмотрены только в сварочном аппарате для стыковой сварки, который является разновидностью машины ультразвуковой сварки.

3.8 **ультразвуковой ползун** (ultrasonic side slider): Устройство для регулировки высоты сварного шва.

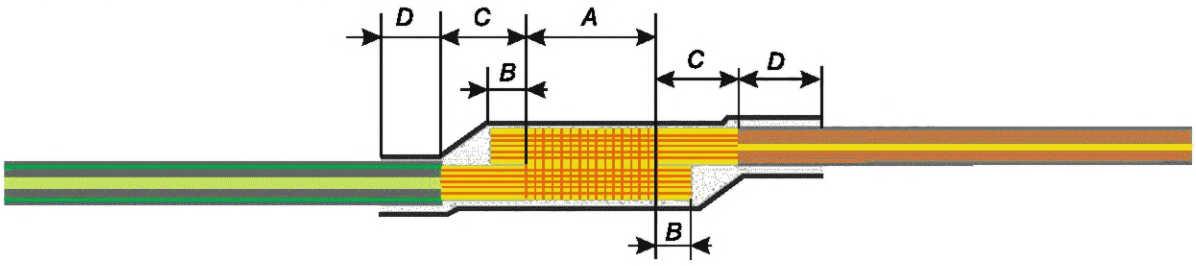
Примечание — Ультразвуковой ползун — это устройство, которое используют для регулирования ширины сварного шва, которое расположено либо над сонотродом, либо над наковальней в зависимости от типа установки ультразвуковой сварки.

3.9 **наковальня** (anvil): Компонент установки ультразвуковой сварки, расположенный на противоположной стороне горна и образующий одну из стен для области ультразвуковой сварки.

3.10 **область ультразвуковой сварки** (ultrasonic welding room): Специальная область применения, предназначенная для установки материалов и компонентов для сваривания вместе.

3.11 **длина спайки ультразвуковой сваркой** (ultrasonically welded splice length): Специфическая зона сонтрода, характерная для данной системы, служащая для определения длины сварного шва.

Примечание — См. рисунок 2.

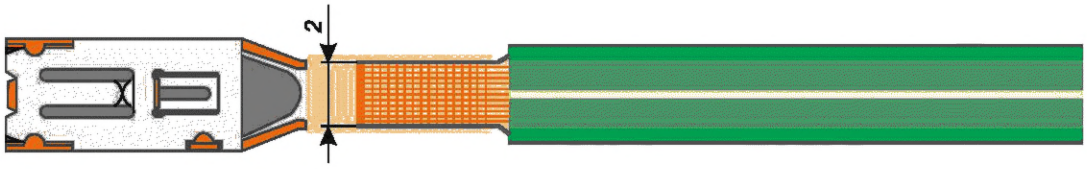


A — длина спайки; *B* — длина выступа провода после спайки; *C* — расстояние между изоляцией и спайкой; *D* — длина накладки термоусадки на изоляцию провода

Рисунок 2 — Спайка ультразвуковой сваркой двух токопроводящих жил, защищенных термоусадкой

3.12 **ширина шва ультразвуковой сварки** (ultrasonic weld width): Величина, определяемая с помощью неподвижных инструментов в станке для сварки, которые образуют область ультразвуковой сварки.

Примечание — См. рисунок 3.

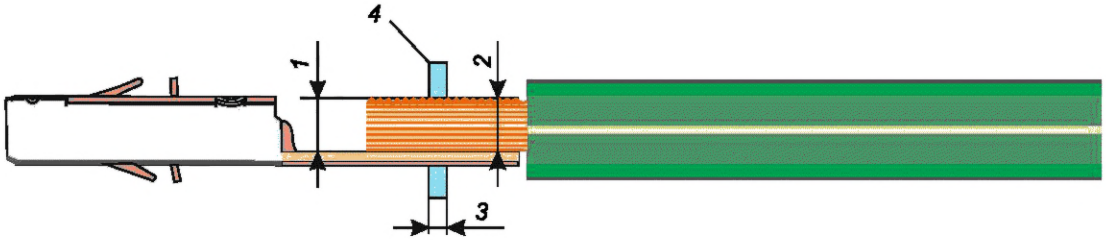


2 — ширина шва

Рисунок 3 — Вид сверху на изолированную токопроводящую жилу в наконечнике после ультразвуковой сварки

3.13 **высота шва ультразвуковой сварки** (ultrasonic weld height): Высота сварочного материала (т. е. проволок).

Примечание — См. рисунок 4.



1 — высота, включая дно наконечника; *2* — высота шва; *3* — ширина измерительного прибора; *4* — измерительный прибор

Рисунок 4 — Вид сбоку на изолированную токопроводящую жилу в наконечнике после ультразвуковой сварки

3.14 **односторонняя ультразвуковая сварка** (ultrasonically welded end compaction): Жила, проволоки которой сварены вместе на одном неизолированном конце.

Примечание — См. рисунок 5.

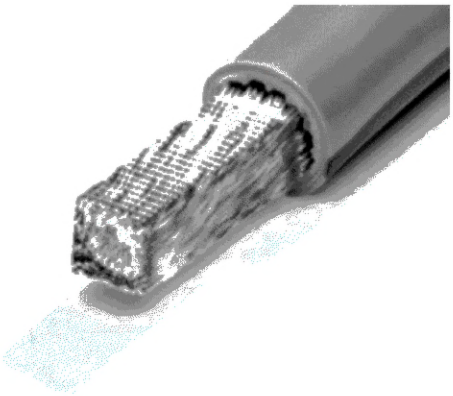


Рисунок 5 — Односторонняя ультразвуковая сварка

3.15 **коэффициент ультразвукового уплотнения** (ultrasonic compaction ratio): Отношение номинального сечения сваренных токопроводящих жил к номинальному сечению суммы всех свариваемых проволок.

3.16 **пучок для ультразвуковой сварки** (ultrasonic weld package): Сварное соединение проволок друг с другом или в соединении с компонентами в зависимости от длины и ширины пучка.

3.17 **двустороннее сваривание ультразвуковой сваркой** (ultrasonically welded splice connection; inline splice): Пучок, состоящий из двух или более сваренных вместе токопроводящих жил, концы которых направлены в разные стороны.

3.18 **одностороннее сваривание ультразвуковой сваркой** (ultrasonically welded end splice): Способ надежного соединения вместе двух или более токопроводящих жил, концы которых направлены в одну сторону.

Примечание — См. рисунок 6.

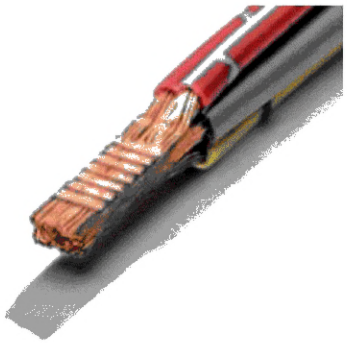


Рисунок 6 — Одностороннее сваривание, полученное сваркой ультразвуком

4 Информация о проводах и наконечниках

4.1 Материалы жил

Для ультразвуковой сварки обычно используют многопроволочные (класс 2), гибкие (класс 5) и с гибкостью более, чем гибкость жил класса 5 (класс 6), жилы (в соответствии с *ГОСТ 22483*).

Максимальное номинальное сечение медной токопроводящей жилы в пучке не должно выходить за пределы от 0,08 до 200,00 мм^2. Номинальное сечение жил, изготовленных из алюминия или алюминиевого сплава, не должно быть менее 2,05 мм^2. Исходя из опыта при размерах меньше указанных эти материалы могут быть небезопасны.

Изоляция токопроводящей жилы должна иметь определенное расстояние до сварного шва, чтобы тепло в процессе сварки не изменяло физические свойства изоляции.

В процессе ультразвуковой сварки важно помнить, что температура изоляции токопроводящей жилы не должна достигать точки воспламенения материала. Допускаются единичные точки плавления или незначительное плавление изоляции, если это не влияет на ее функции.

Необходимо испытать пригодность материалов токопроводящих жил и наконечников к свариванию (например, сварить ультразвуком два конца одной и той же токопроводящей жилы друг с другом и провести испытание на разрыв в соответствии с 7.3.3. Для наконечников с наибольшим и наименьшим номинальным сечением проводят испытание на усилие отсоединения в соответствии с 7.3.5).

4.2 Покрытие поверхности токопроводящей жилы

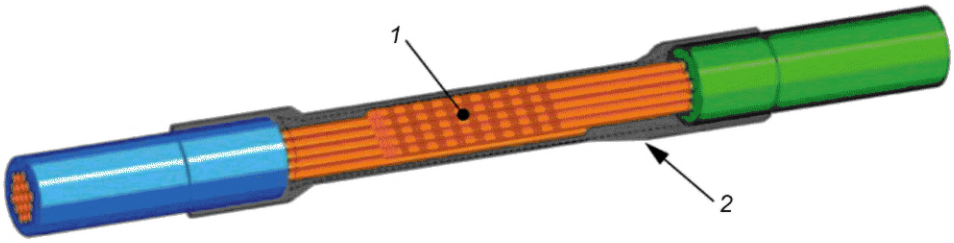
Как правило, используют неизолированные токопроводящие жилы.

Токопроводящие жилы с покрытием из олова не применяют. Остальные покрытия необходимо испытать перед применением.

5 Требования к ультразвуковой сварке

5.1 Примеры соединений при помощи сварки ультразвуком

Примеры соединений при помощи сварки ультразвуком, на которые распространяется настоящий стандарт, представлены на рисунках 1—16.



1 — зона сварки; *2* — герметичная трубка

Рисунок 7 — Зона сварки для двух зачищенных токопроводящих жил в термический усадке герметичной трубки для изоляции

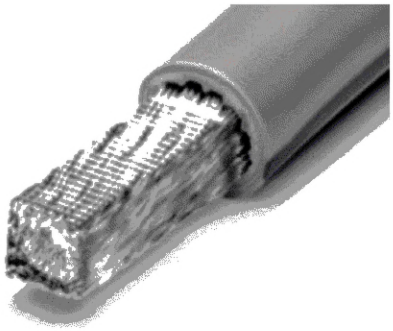


Рисунок 8 — Односторонняя ультразвуковая сварка

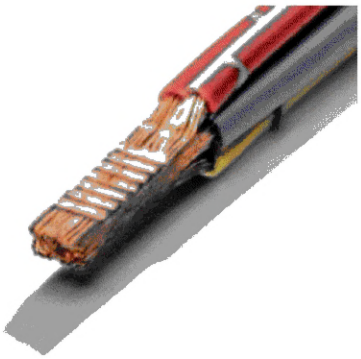


Рисунок 9 — Одностороннее сваривание ультразвуковой сваркой

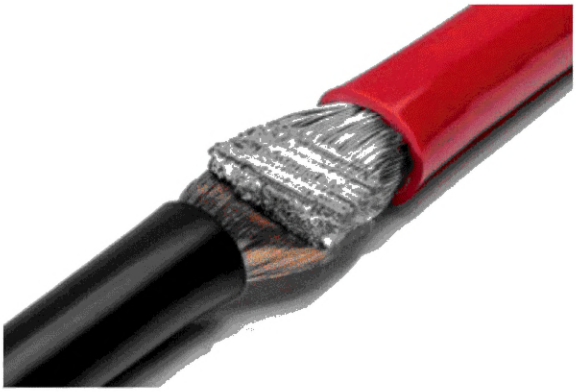


Рисунок 10 — Двустороннее сваривание ультразвуковой сваркой медно-алюминиевое

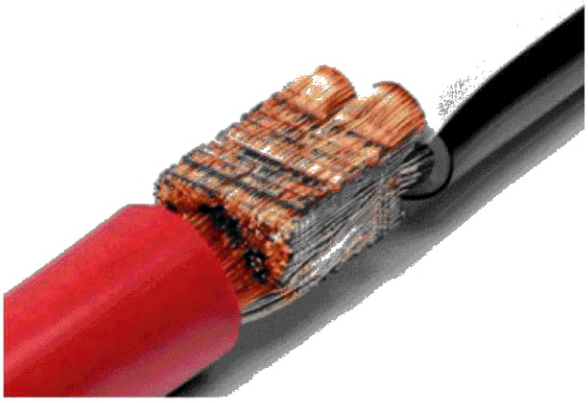


Рисунок 11 — Двустороннее сваривание ультразвуковой сваркой медно-медное

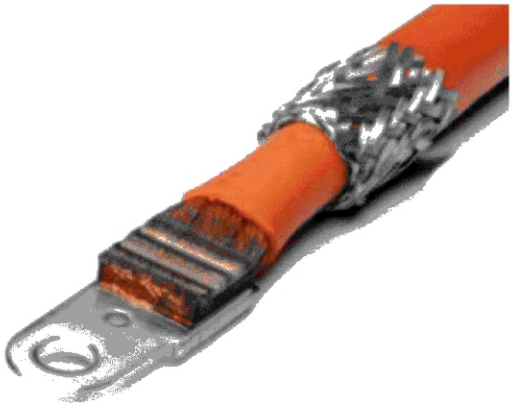


Рисунок 12 — Пример 1 ультразвуковой сварки на наконечнике

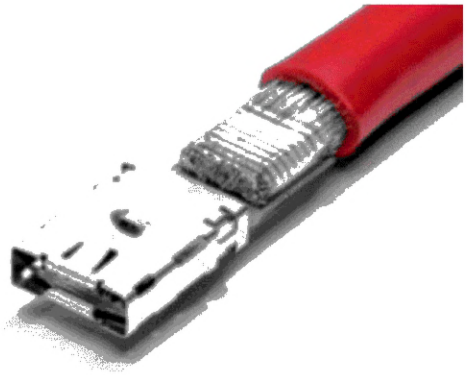


Рисунок 13 — Пример 2 ультразвуковой сварки на наконечнике



Рисунок 14 — Пример 3 ультразвуковой сварки на наконечнике



Рисунок 15 — Пример 4 ультразвуковой сварки на наконечнике



Рисунок 16 — Пример сваривания на наконечнике нескольких токопроводящих жил

5.2 Общие требования

Материалы свариваемых токопроводящих жил должны удовлетворять следующим требованиям к конструкции.

Необходимо использовать только свариваемые токопроводящие жилы.

Многие изготовители предоставляют информацию о свариваемости токопроводящих жил (или по запросу). В случае, если изготовитель не предоставляет такой информации, проводят испытания: испытание на разрыв, описанное в 7.3.3. Две токопроводящие жилы сваривают вместе. Значения, полученные в ходе испытаний трех образцов, должны удовлетворять значениям согласно таблицам 9 и 10.

Такие идеальные условия, как хранение обрезанных или зачищенных токопроводящих жил при температуре от плюс 15 °С до плюс 35 °С и относительной влажности воздуха 75 %, сложно соблюдать на практике. Чтобы продлить срок службы проводниковой продукции, даже если не всегда получается соблюдать эти требования, следует проводить испытания для проверки функциональности. Это поможет обеспечить надежность проводниковой продукции, несмотря на условия окружающей среды.

В процессе сварки могут вызвать серьезную проблему частицы посторонних предметов. Их образуют многие источники: производственный процесс изготовителя проводов, окружающая среда или даже ненадлежащее обращение перед сваркой. Чтобы минимизировать загрязнение в области сварки, важно по возможности удалить все посторонние частицы. К сожалению, это не всегда возможно из-за присущей способности изолированных токопроводящих жил переносить частицы в зону сварки. Остатки изоляции, присутствующие на токопроводящей жиле, могут загрязнить область, если их не удалить. В таких случаях следует рассмотреть решение, позволяющее свести к минимуму риск повреждения, вызванного этими загрязнениями.

Не допускается наличие трещин или разломов в свариваемом пучке.

Отпечаток инструмента на поверхности свариваемого пучка должен четко идентифицироваться.

Чтобы снизить вероятность отказа при ультразвуковой сварке, необходимо обеспечивать в процессе резки и зачистки изолированных токопроводящих жил отсутствие пропущенных, незакрепленных, сдавленных или выступающих проволок. К сожалению, хоть это и установлено в теории, на практике невозможно достичь и гарантировать оптимальные результаты. В результате проведения ультразвуковой сварки металл подвергают деформации, которая может привести к появлению следов на отдельных проволоках за пределами зоны сварки. Хотя это неизбежный фактор, следует приложить усилия, чтобы свести к минимуму возможные поломки или срезание проволок.

Следует избегать использование любых смазочных материалов или других внешних воздействий.

При сваривании токопроводящих жил с большим номинальным сечением необходимо установить их со стороны сонотрода (в большинстве устройств для сварки — снизу, в аппаратах для сварки с наконечниками — как правило, сверху).

Поставляемые токопроводящие жилы должны соответствовать требованиям технической документации изготовителя и не должны быть скрученными, переделанными или измененными любым другим способом вручную или с помощью станка.

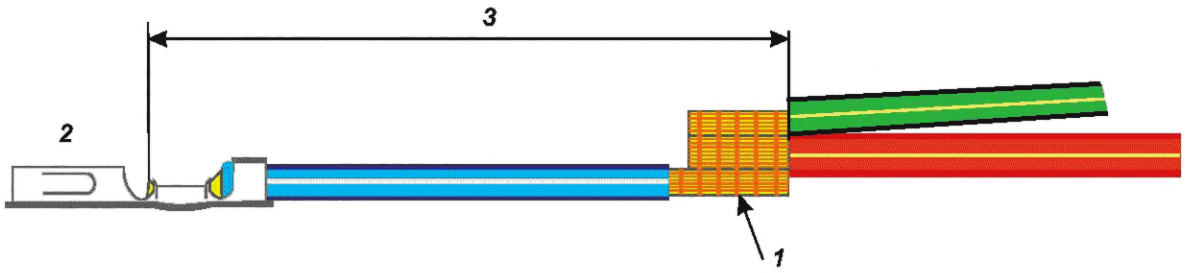
Все проволоки токопроводящей жилы должны полностью располагаться в зоне сварки по всей длине.

Токопроводящие жилы следует вставлять асимметрично, поскольку симметрично сваренные токопроводящие жилы имеют меньшую прочность на разрыв.

Необходимо соблюдать конструктивные размеры, защиту от механического разрыва (для многожильных соединений) и требования к изоляции.

После проведения ультразвуковой сварки необходимо провести внешний осмотр пучка.

5.3 Влияние длины провода на сварной шов на другом конце соединения с наконечником



1 — свариваемый пучок; *2* — наконечник; *3* — длина токопроводящей жилы

Рисунок 17 — Схема длины токопроводящей жилы между наконечником и свариваемым пучком

При ультразвуковой сварке токопроводящих жил, у которых уже есть наконечник на другом конце (см. рисунок 17), часть ультразвукового импульса, передающаяся вдоль токопроводящей жилы, может вызвать потенциальные проблемы с функциональностью/качеством имеющегося наконечника.

Вероятность таких изменений в наконечнике возрастает по мере того, как:

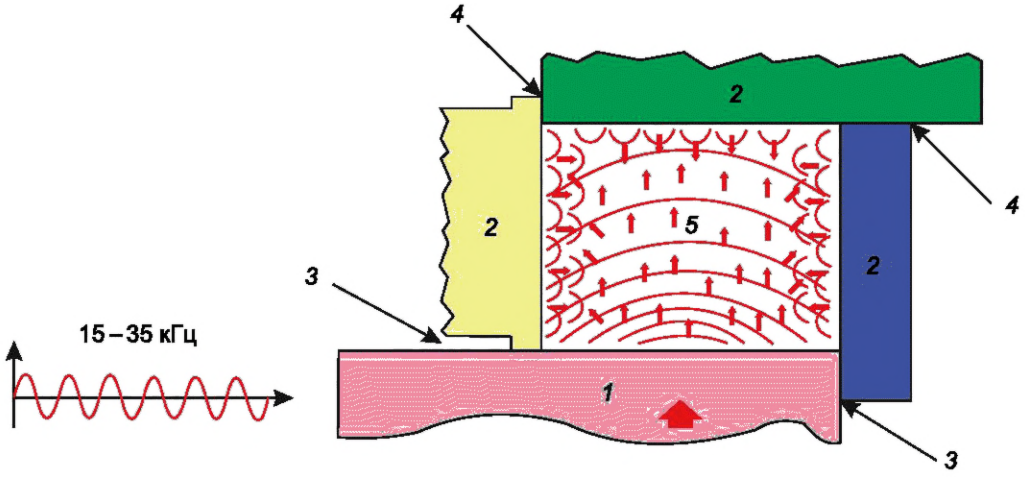
- укорачивается токопроводящая жила;
- увеличивается общее номинальное сечение приваренного наконечника.

Рекомендуется проверить длину, указанную изготовителем контактной части, прежде чем выбрать минимальную длину токопроводящей жилы между первым и вторым сварными швами, так как при длине менее 400 мм может наблюдаться воздействие ультразвука на наконечники (см. рисунок 17).

Обязательно используйте подходящий инструмент для проверки на наличие дефектов на противоположном конце токопроводящей жилы. Это может включать в себя использование увеличительного стекла или микроскопа, так как некоторые виды повреждений могут быть незаметны без увеличения.

5.4 Требования к конструкции

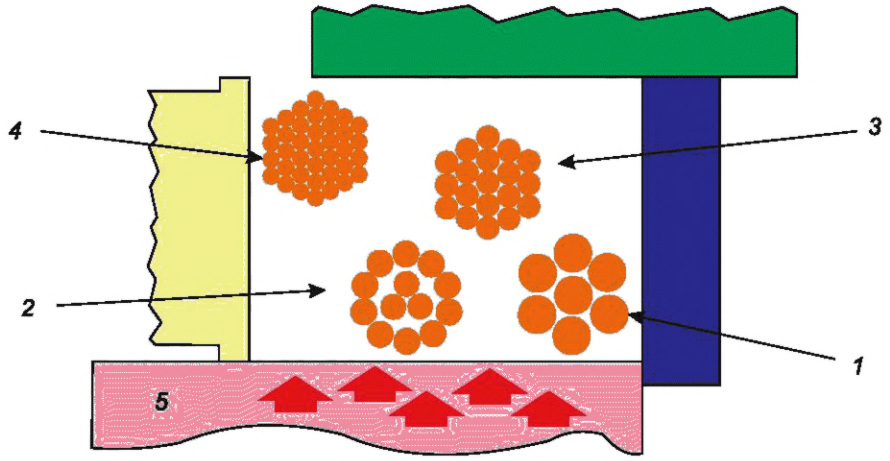
Красные стрелки на рисунке 18 иллюстрируют направление распространения ультразвука, а не движение сонотрода или направление силы. Ультразвуковая энергия передается через сонотрод *1* и, как видно, распространяется наружу в виде цилиндрической формы, воздействуя на поверхности *2* с зазором *3* и без зазора *4* в области сварки *5*.



1 — сонотрод; *2* — поверхности; *3* — поверхности с зазором; *4* — поверхности без зазора; *5* — область сварки

Рисунок 18 — Поперечный разрез процесса распространения ультразвука через сонотрод в области сварки по неподвижным поверхностям с зазором между инструментами и без него

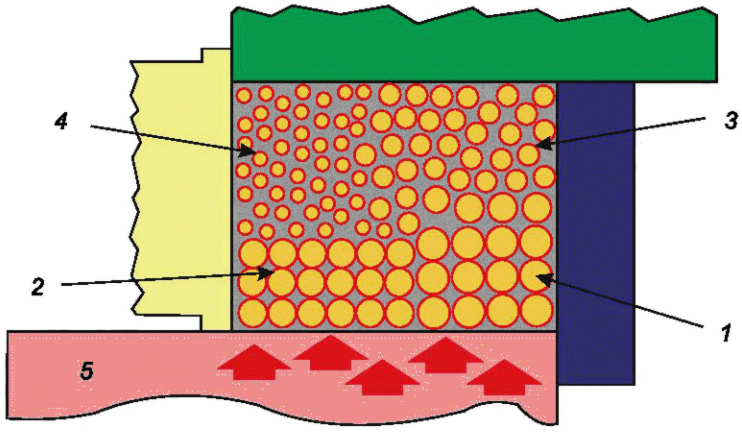
На рисунке 19 показано поперечное сечение, рекомендуемое для асимметричного размещения отдельных токопроводящих жил над сонотродом *5* в области сварки, токопроводящие жилы большого *1*, среднего *2*, маленького *3*, наименьшего размера *4*.



1 — жилы большого сечения; *2* — жилы среднего сечения; *3* — жилы маленького сечения; *4* — жилы наименьшего сечения; *5* — сонотрод

Рисунок 19 — Поперечный разрез рекомендуемого асимметричного расположения отдельных токопроводящих жил над сонотродом в области сварки

На рисунке 20 показано поперечное сечение, альтернативный вариант рекомендуемого размещения отдельных токопроводящих жил над сонотродом *5* в области сварки: токопроводящие жиды с большим *1*, средним *2*, маленьким *3* и наименьшим размером проволок.



1 — жилы большого сечения; *2* — жилы среднего сечения; *3* — жилы маленького сечения; *4* — жилы наименьшего сечения; *5* — сонотрод

Рисунок 20 — Альтернативный вид поперечного разреза рекомендуемого асимметричного расположения для отдельных жил над сонотродом

В таблице 1 приведены эмпирические значения, которые могут быть использованы в качестве рекомендуемых для применения, показанного на рисунке 21.

Эти значения не рассматривают как требования. Таблица служит руководством для принятия решений, но для более конкретных применений могут потребоваться дальнейшие исследования и анализ.

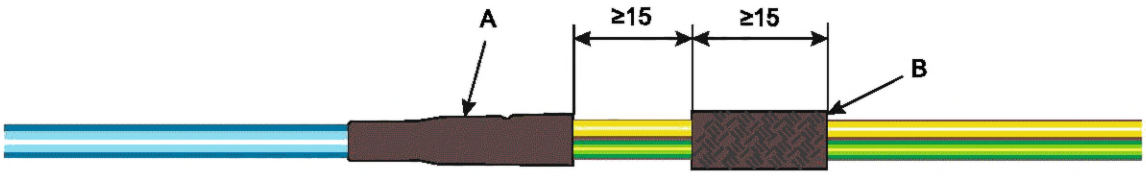
Таблица 1 — Рекомендуемые значения для пучков, сваренных ультразвуком

Номинальные сечения сваривания S, мм^2		S < 1	1 ≤ S < 4	4 ≤ S < 10	10 ≤ S < 25	S ≥ 25
A	Длина * сваривания, мм	5—16	5—16	7—16	10—16	10—19
B	Выступ жилы, мм	>0,5	<1	>1	<1,5	<2
C	Расстояние изоляции, мм	1	2	3	4	<5
D	Наложение изоляции, мм	3	4	>5	>8	>10
* Не следует прокалывать термоусадочную трубку, в качестве альтернативы можно использовать клейкую ленту (изоленту). Значения, приведенные в таблице 1, являются рекомендуемыми, а длина жилы может оставаться неизменной независимо от номинального сечения. Это зависит от инструмента, используемого изготовителем установки.						

5.5 Механическая и электрическая защита сваренного пучка

Сваренный пучок необходимо изолировать пригодными материалами в соответствии с требованиями к конструкции.

Для обеспечения оптимальной безопасности сварные швы следует защитить защитной оболочкой, усилие отслаивания которой должно составлять не менее 80 Н. Для проволок размером менее 0,35 мм^2 следует дополнительно обмотать их клейкой лентой (изолентой), см. рисунки 21—23.



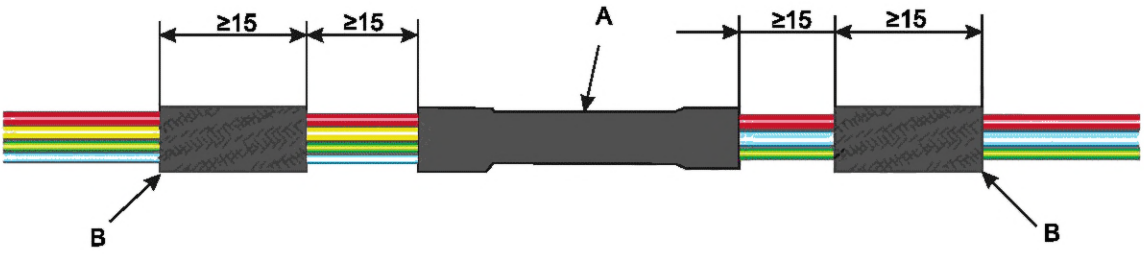
Примечания

1 В точке А необходимо использовать термоусадочную трубку или не менее 2,5 слоев клейкой ленты (изоленты).

2 В точке В необходимо использовать не менее 2,5 слоев клейкой ленты (изоленты).

3 Клейкую ленту (изоленту) используют только для применения в сухих местах.

Рисунок 21 — Меры по изоляции двустороннего сваривания между одной токопроводящей жилой и несколькими



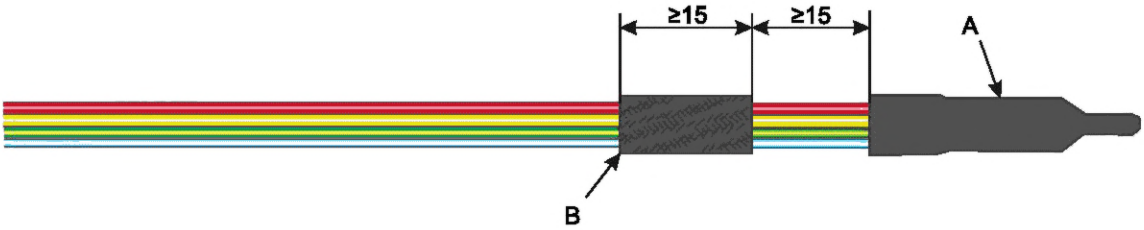
Примечания

1 В точке А необходимо использовать термоусадочную трубку или не менее 2,5 слоев клейкой ленты (изоленты).

2 В точке В необходимо использовать не менее 2,5 слоев клейкой ленты (изоленты).

3 Клейкую ленту (изоленту) используют только для применения в сухих местах.

Рисунок 22 — Меры по изоляции двустороннего сваривания между несколькими кабелями с обеих сторон



Примечания

1 В точке А необходимо использовать термоусадочную трубку или не менее 2,5 слоев клейкой ленты (изоленты).

2 В точке В необходимо использовать не менее 2,5 слоев клейкой ленты (изоленты).

3 Клейкую ленту (изоленту) используют только для применения в сухих местах.

Рисунок 23 — Меры по изоляции для одностороннего сваривания нескольких токопроводящих жил (герметизированный конец)

5.6 Требования к конструкции кабельных изделий

Рекомендуется сваривать не более чем 20 изолированных жил в одном свариваемом кабеле, потому что при серийном производстве оператор не может обрабатывать более восьми жил в одном свариваемом кабеле.

Рекомендуется, чтобы номинальное сечение сваривания было наименьшим в соответствии с таблицей 2. Это обеспечивает теоретический минимум в 9 % надежности при обнаружении пропущенных жил и потенциально может снижаться до 5 %. Однако толщина сварного шва 5 мм^2 затрудняет обнаружение проволоки толщиной 0,35 мм^2, что является пределом возможностей современных технологий.

Таблица 2 — Конструкция многожильных кабелей и проводов

Количество жил в кабеле	Наименьшее сечение токопроводящей жилы, мм^2
До 5	0,35
Св. 5 до 10	0,50
Св. 10 до 15	0,75
Св. 15 до 20	1,00
Св. 20 до 30	1,50
Св. 30 до 50	2,50

Если сваривание не соответствует вышеуказанным условиям, его разделяют на несколько сварований.

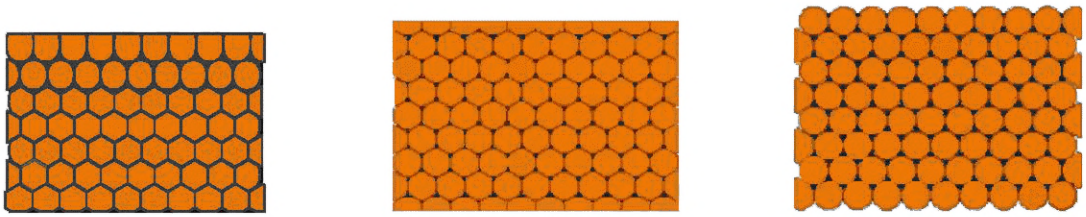
Для соединения токопроводящих жил используется максимальное номинальное сечение, которое соответствует условиям сваривания, с учетом допустимой токовой нагрузки на эту токопроводящую жилу.

Рекомендуется, чтобы места соединения располагались на расстоянии не менее 50 мм друг от друга во избежание влияния друг на друга.

5.7 Степень уплотнения соединений, сваренных ультразвуковой сваркой

В качестве основного критерия рекомендуют использовать измерения усилия на разрыв, измерение степени уплотнения следует проводить только после сварки. Все проволоки отдельных токопроводящих жил должны быть деформированы и соединены друг с другом.

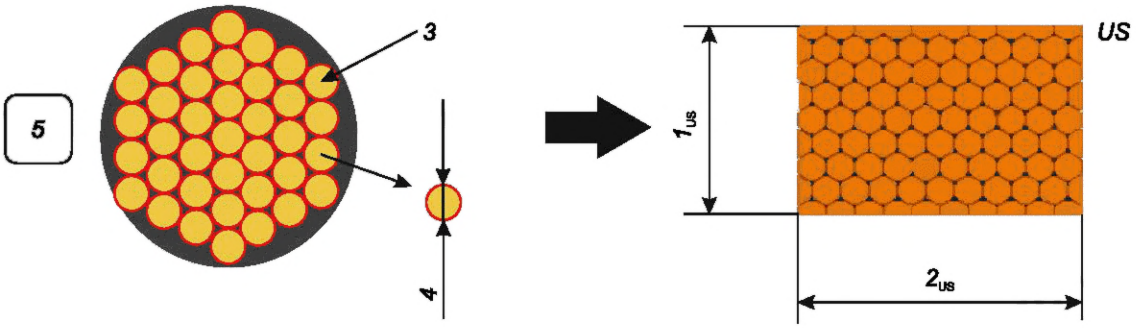
Коэффициент уплотнения V должен быть в пределах от 95 % до 120 %, а для токопроводящих жил из алюминия и алюминиевых сплавов — от 60 % до 115 %. На рисунке 24 схематично показано поперечное сечение сваренной ультразвуком медной жилы с высокой степенью уплотнения 95 % [см. рисунок 24 *а*)], сбалансированной 107 % [см. рисунок 24 *б*)] и слабой 120 % [см. рисунок 24 *в*)].



а) б) в)

Рисунок 24 — Схема расположения коэффициента уплотнения медной жилы от высокой к слабой степени

На рисунке 25 показана токопроводящая жила до и после сварки с указанием высоты сварочного шва *1*, ширины сварочного шва *2*, проволоки *3*, диаметра проволоки *4* и номинального сечения A_5 *5*.



1 — высота сварного шва; *2* — ширина сварного шва; *3* — проволока; *4* — диаметр проволоки; *5* — площадь поперечного сечения проводника

Рисунок 25 —Токопроводящая жила до и после сварки

Расчет площади проводника A_5 должен проводиться в соответствии с формулой (1) или методом расчета через вес

$$A_5 = \frac{n_3 d_4^2 \pi}{4}, \quad (1)$$

где A_5 — площадь проводника;

n_3 — количество проволок;

d_4 — диаметр каждой проволоки.

Расчет площади поперечного сечения A_{US} после ультразвуковой сварки по формуле

$$A_{US} = 1_{US} \cdot 2_{US}, \quad (2)$$

где A_{US} — площадь сваривания;
1_{US} — высота пучка;
2_{US} — ширина пучка.

Расчет коэффициента уплотнения V_{US} проводят по формуле

$$V_{US} = \frac{A_{US}}{A_5} \cdot 100, \quad (3)$$

где V_{US} — коэффициент уплотнения, %;
A_{US} — площадь поперечного сечения сварочного шва;
A_5 — площадь проводника.

6 Образцы

6.1 Общие положения

Если для испытания требуется сборка, образцы должны быть установлены с использованием обычной технологии сборки, если иное не указано в технической документации изделия.

Перед испытанием необходимо подготовить требуемые типы образцов в указанном количестве.

6.2 Образцы типа А1 или А2

Для электрических измерений рекомендуется использовать образцы типов А1 и А2 (см. рисунки 26 и 27) длиной 200 мм. Для механических испытаний длина может быть выбрана произвольно, при условии, что все провода в группе имеют одинаковую длину; это должно быть указано в протоколе испытаний. Все провода должны быть идентичными; не рекомендуется смешивать различные типы.



1 — тип изолированной токопроводящей жилы

Рисунок 26 — Образец типа А1



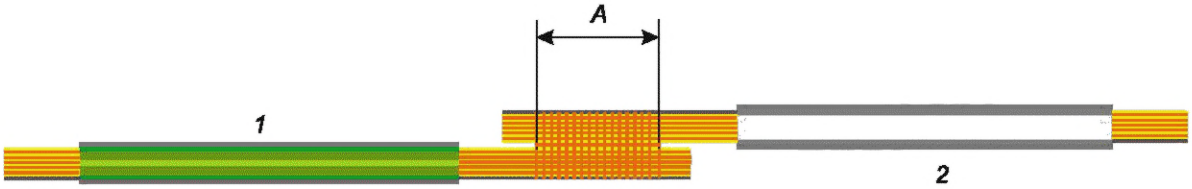
1—4 — типы изолированных токопроводящих жил

Рисунок 27 — Образцы типа А2

Для достижения оптимального электрического соединения у образцов А1 или А2 следует подготовить зачищенные концы путем уплотнения, сварки, пайки, обжима или с использованием другого подходящего метода.

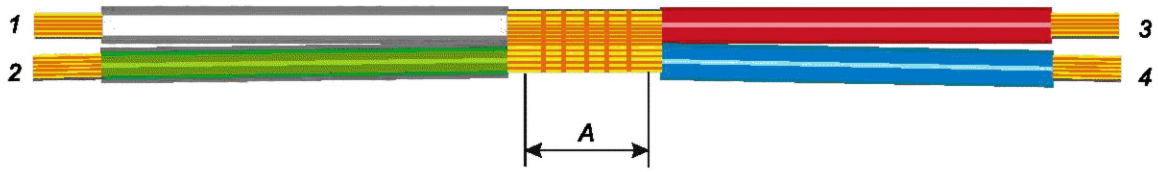
6.3 Образцы типа В1 или В2

Образец сваривания типа В1 или В2 состоит как минимум из двух токопроводящих жил (*1* и *2*, максимальное количество жил — 20, см. 5.6).



1 — тип изолированной токопроводящей жилы 1; *2* — тип изолированной токопроводящей жилы 2;
A — длина сваривания ультразвуковой сваркой

Рисунок 28 — Образец типа B1, двустороннее сваривание двух токопроводящих жил типов 1 и 2



1—4 — типы изолированных токопроводящих жил; *A* — длина сваривания ультразвуковой сваркой

Рисунок 29 — Образец типа B2

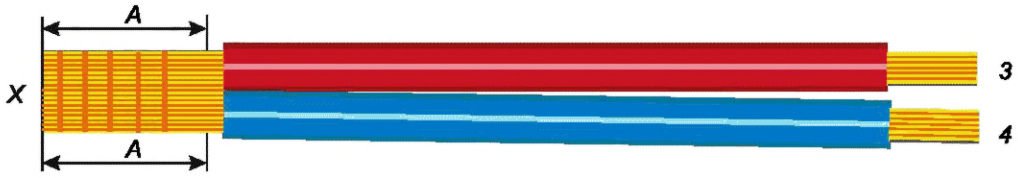
Образцы типа B1 или B2, токопроводящие жилы *1*, *2*, *3*, *4* (и последующие, максимальное количество — 20 жил).

Для электрических измерений рекомендуется использовать образцы типов B1 и B2 (см. рисунки 28 и 29) длиной 200 мм. Для механических испытаний длина может быть выбрана произвольно, при условии, что все токопроводящие жилы в группе имеют одинаковую длину; это должно быть указано в протоколе испытаний. Все токопроводящие жилы должны быть идентичными; не рекомендуется смешивать различные типы.

Для достижения оптимального электрического соединения у образцов B1 или B2 зачищенные концы необходимо уплотнить, сварить, спаять, обжать или использовать другой подходящий метод.

6.4 Образец типа C

Образец типа C состоит, по меньшей мере, из двух изолированных токопроводящих жил (*3* и *4*, максимальное количество жил: 20, см. 5.6), одностороннее сваривание.



3, *4* — типы изолированных токопроводящих жил; *X* — одностороннее сваривание; *A* — длина сваривания ультразвуковой сваркой

Рисунок 30 — Образец типа C — одностороннее сваривание изолированных токопроводящих жил 3 и 4

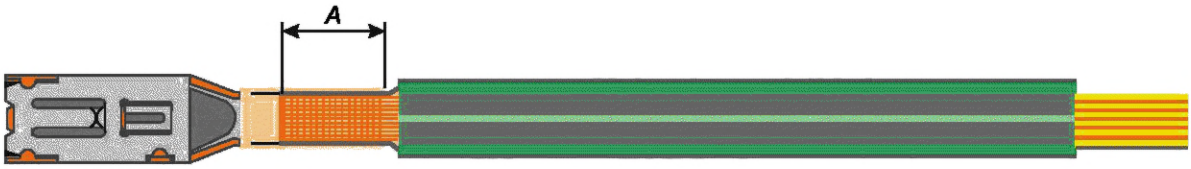
Образец типа C одностороннего сваривания *X*, тип: *1*, *2*, *3*, *4* (и далее, максимальное количество — 20 жил).

Для электрических измерений рекомендуется использовать образцы длиной 200 мм (см. рисунок 30). Для механических испытаний длина может быть выбрана произвольно при условии, что все токопроводящие жилы в группе имеют одинаковую длину; это должно быть указано в протоколе испытаний. Все токопроводящие жилы должны быть идентичными; не рекомендуется смешивать различные типы.

Для достижения оптимального электрического соединения у образцов зачищенные концы необходимо уплотнить, сварить, спаять, обжать или использовать другой подходящий метод.

6.5 Образец типа D

Образец типа D (см. рисунок 31) представляет собой сварное соединение токопроводящей жилы с наконечником.



A — длина сваривания ультразвуковой сваркой

Рисунок 31 — Образец типа D — соединение токопроводящей жилы с наконечником

Для механических испытаний длина может быть выбрана произвольно, при условии, что все токопроводящие жилы в группе имеют одинаковую длину; это должно быть указано в протоколе испытаний. Все токопроводящие жилы должны быть идентичными; не рекомендуется смешивать различные типы.

Для достижения оптимального электрического соединения у образцов зачищенные концы необходимо уплотнить, сварить, спаять, обжать или использовать другой подходящий метод.

7 Испытания

7.1 Общая информация об испытаниях

7.1.1 Общие условия проведения квалификационных испытаний продукции

Все испытания необходимо проводить в соответствии с общими условиями испытаний, изложенными в *ГОСТ 28381*. Условия: температура от 15 °С до 35 °С, относительная влажность от 25 % до 75 % и атмосферное давление от 86 до 106 кПа. В протоколе испытаний также должны быть указаны температура и относительная влажность, которые были измерены во время испытания.

7.1.2 Предварительная выдержка

Сваренные соединения необходимо предварительно выдержать перед проведением испытаний в стандартных условиях в течение 24 часов в соответствии с *ГОСТ 28381*.

7.1.3 Восстановление

Период для восстановления образца после выдержки в стандартных условиях для проведения испытаний составляет 1—2 часа.

7.2 Визуально-оптический контроль с проверкой размеров

7.2.1 Общие положения

Испытания проводят в соответствии с *ГОСТ 28381* (испытание 1a или 1b).

7.2.2 Средства увеличения (визуально-оптический контроль)

Визуальный контроль является важной частью обеспечения качества компонентов. В таблице 3 приведены рекомендации по оптическому увеличению, которые следует использовать при выборе соответствующего испытательного оборудования для данной задачи. Следует учитывать возможности всех измерительных приборов, которые могут быть использованы перед началом визуального контроля, а также приборы должны быть откалиброваны и поверяться. Это поможет обеспечить точные результаты и качественный визуальный контроль.

Таблица 3 — Рекомендации по увеличению для визуального контроля

Номинальное сечение жилы, мм^2	Увеличение	Контрольное увеличение *
>1,5	1,5x	1,75x
0,75 ≤ 1,5	1,5x — 3x	4x
0,35 ≤ 0,75	3x — 7,5x	10x
0,08 ≤ 0,35	10x	20x
* Контрольное увеличение используют только в том случае, если обнаружен дефект, который не может быть идентифицирован полностью.		

7.2.3 Визуальный контроль процесса сварки ультразвуком

Все образцы визуально осматривают в соответствии с *ГОСТ 28381* (испытание 1a).

Размеры проверяют в соответствии с *ГОСТ 28381* (испытание 1b).

Используют образцы типа B1, B2 или C.

Внешний осмотр включает в себя также измерение указанных размеров (см. 7.2.3) и расчет степени уплотнения ультразвукового шва в соответствии с 5.7 (см. также рисунки 23 и 24), а также в соответствии с формулами (1), (2) и (3).

Внешний осмотр каждого сваривания (одностороннего или двустороннего) выполняют в соответствии с инструкциями, приведенными в таблицах 4 и 5.

Таблица 4 — Пример правильных односторонних и двусторонних свариваний

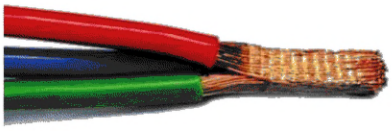
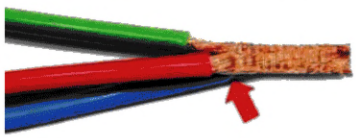
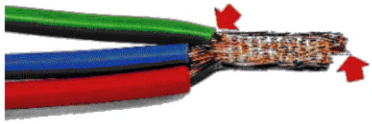
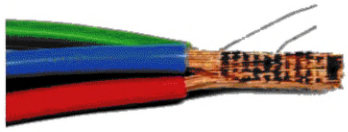
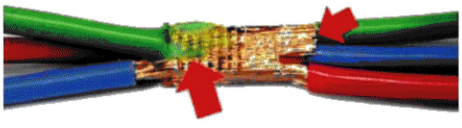
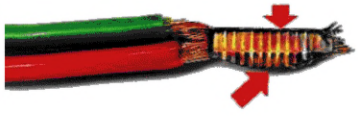
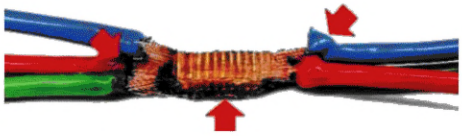
Одностороннее сваривание	Двустороннее сваривание	Комментарий
		Правильный сварочный шов

Таблица 5 — Примеры характерных ошибок для одностороннего и двустороннего сваривания

	Одностороннее сваривание	Двустороннее сваривание	Комментарий
а)			Зачищенные жилы слишком далеко от места сваривания
б)			Зачищенные жилы слишком близко к месту сваривания
в)			Одиночные торчащие проволоки
г)			Изоляция в месте сваривания
д)			Переваренный сварочный шов; деформация или расплавленная изоляция; изменение цвета — не критерий качества

7.2.4 Внешний осмотр токопроводящей жилы, сваренной ультразвуком с наконечником

Все образцы визуально осматривают в соответствии с *ГОСТ 28381* (испытание 1a).

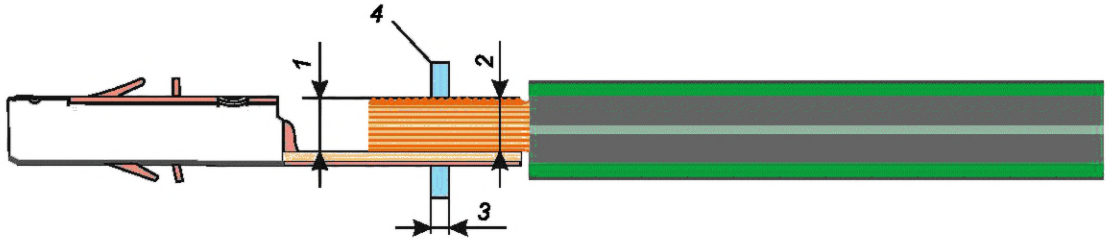
Размеры проверяют в соответствии с *ГОСТ 28381* (испытание 1b).

Используют образцы типа D.

Все требования должны быть проверены в соответствии с технической документацией изготовителя наконечников.

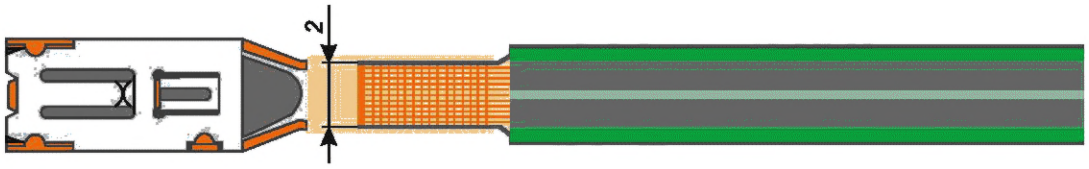
Внешний осмотр включает в себя измерение указанных размеров (см. 7.2.3) и расчет коэффициента уплотнения высоты *2* ультразвукового сварного шва, показанного на рисунке 32, в соответствии с 5.7, рисунками 24 и 25, а также формулами (1), (2) и (3).

Высота сварного шва (см. рисунок 32, *2*) в настоящем стандарте обозначается только для свариваемого материала (т. е. проволоки). Во многих технических условиях к применению указывается высота сварного шва (см. рисунок 32, *1*) вместе с толщиной наконечника. Это объясняется тем, что проще точно измерить высоту сварки с помощью штангенциркуля (см. рисунок 32, *4*) или микрометра. Чтобы оба прибора соответствовали поставленной задаче, их измерительные инструменты (см. рисунок 32, *3*) должны быть больше расстояния между наивысшими точками для проведения точных измерений. См. также рисунок 33.



1 — высота, включая сплавленный наконечник; *2* — высота сварочного соединения;
3 — ширина измерительного инструмента; *4* — измерительный инструмент

Рисунок 32 — Измерение высоты ультразвукового сварного шва

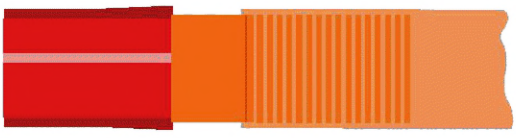
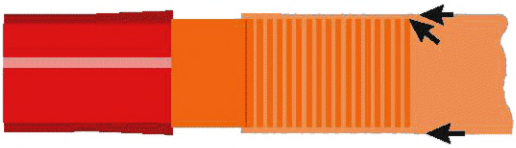
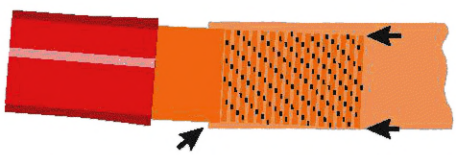


2 — высота сварочного шва

Рисунок 33 — Измерение высоты сварочного шва

В дополнение к этим требованиям применяют примечания таблиц 6 и 7.

Таблица 6 — Допустимые состояния токопроводящей жилы, сваренной ультразвуком на наконечнике

Рисунок		Примечание	Комментарий
а)		Соблюдение требований к размерам	Правильный сварочный шов
б)		Смещение: кромка полностью видна с обеих сторон. Соблюдение размеров	Правильный сварочный шов
в)		Наклонное положение: кромка полностью видна с обеих сторон и размеры соблюдены	Правильный сварочный шов

Окончание таблицы 6

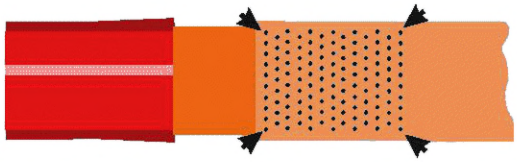
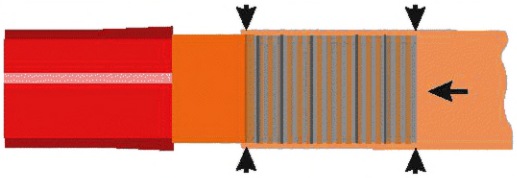
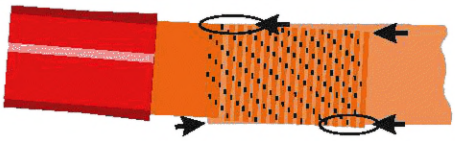
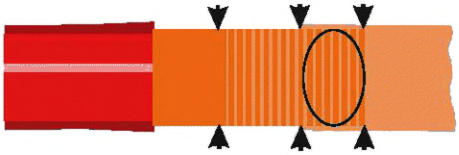
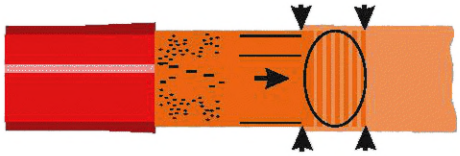
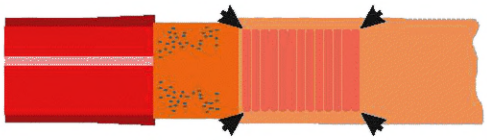
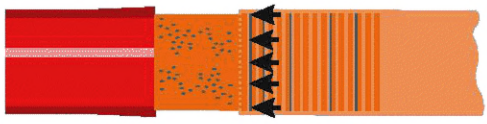
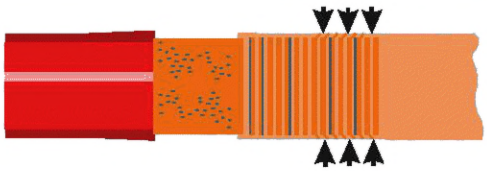
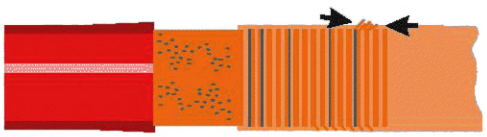
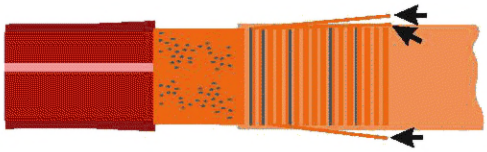
	Рисунок	Примечание	Комментарий
г)		Виден отпечаток наковальни на сварочном соединении (в особых случаях, когда деталь закреплена сбоку, отпечатка нет)	Правильный сварочный шов
д)		Изменение цвета не является критерием качества	Правильный сварочный шов

Таблица 7 — Недопустимые характеристики токопроводящей жилы, сваренной ультразвуком на наконечнике

	Рисунок	Примечание	Комментарий
а)		Под наклоном: кромка видна только с одной стороны	Дефектное состояние
б)		Неправильная центровка инструмента: сварочный шов находится не полностью на наконечнике	Дефектное состояние
в)		Слишком короткая глубина вставки токопроводящей жилы	Дефектное состояние
г)		Износ инструмента: нет четкого отпечатка наковальни на сварочном шве	Дефектное состояние
д)		Более 3 % проводок обрезано после процесса сварки	Дефектное состояние
е)		Выступающие слишком длинные проволоки не должны выходить за пределы зоны сварки	Дефектное состояние
ж)		Выступающие проволоки в нижней части (основании) свариваемого пучка не допускаются	Дефектное состояние

Окончание таблицы 7

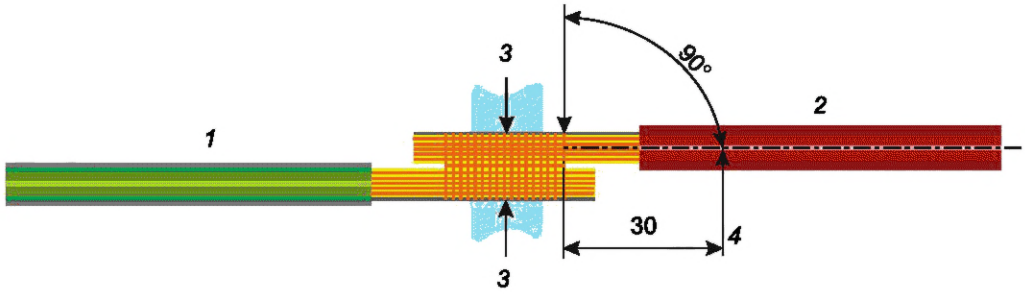
Рисунок		Примечание	Комментарий
и)		Длинные свисающие проволоки не должны выходить за пределы зоны сварки	Дефектное состояние

7.3 Механические испытания

7.3.1 Испытание на изгиб двустороннего сваривания

Используют образцы типа B1 или B2.

На рисунке 34 схематично показано испытание на изгиб для одной *1*, второй *2* токопроводящих жил, крепления *3* и точки воздействия *4*.



1, *2* — токопроводящие жилы; *3* — крепление; *4* — точка воздействия

Рисунок 34 — Схематическая иллюстрация установки для испытания на изгиб

Сваривание находится в фиксированном положении и не может быть смещено. Его верхнюю токопроводящую жилу дважды сгибают под углом 90°, затем возвращают в исходное положение с точкой срабатывания на расстоянии 30 мм от сваривания.

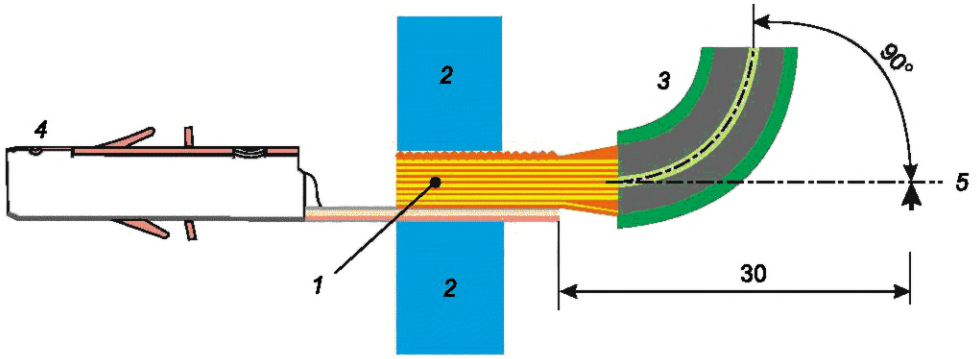
Должны соблюдаться следующие требования:

- ни одна проволока не должна обрываться в зоне перехода к сварочному соединению;
- ни одна проволока не должна вылезти из пучка.

7.3.2 Испытание на изгиб сваренной ультразвуком токопроводящей жилы с наконечником

Использует образцы типа D. Испытание проводят для номинального сечения до 35 мм^2 включительно.

На рисунке 35 показана схема испытания на изгиб с пучком для сварки *1*, креплением *2*, изолированной токопроводящей жилой *3*, наконечником *4* и точкой воздействия *5*.



1 — пучок для сварки; *2* — крепление; *3* — изолированная токопроводящая жила; *4* — наконечник; *5* — точка воздействия

Рисунок 35 — Схематическая иллюстрация установки для испытания на изгиб с наконечником

Наконечник закреплен и неподвижен. Токопроводящую жилу дважды сгибают под углом 90°, затем возвращают в исходное положение в точку на расстоянии 30 мм от наконечника.

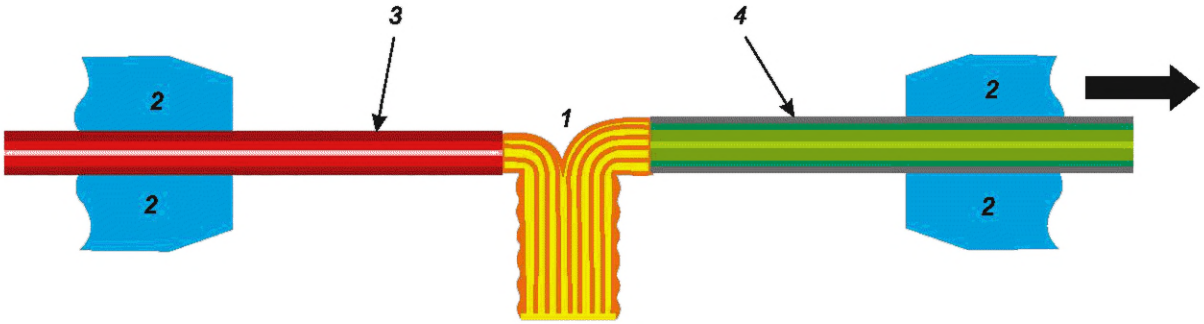
Должны соблюдаться следующие требования:

- ни одна проволока не должна обрываться в зоне перехода к сварочному соединению;
- ни одна проволока не должна вылезти из пучка.

7.3.3 Испытание на разрыв после сваривания

Испытание на разрыв проводят на установке в соответствии с рисунком 36.

Используют образцы типа С.



1 — сваривание; *2* — крепление; *3* — токопроводящая жила типа *1*; *4* — токопроводящая жила типа *2*

Рисунок 36 — Установка для испытания на разрыв

При каждом типе сваривания следует проверять наименьшее номинальное сечение токопроводящей жилы (см. также таблицы 4 и 5).

Скорость разрыва: (50 ± 5) мм/мин.

Следует выбирать место сваривания токопроводящей жилы, где проволоки лежали на поверхности пучка со стороны наковальни.

Номинальное сечение второй токопроводящей жилы должно быть больше номинального сечения испытуемой токопроводящей жилы; при необходимости несколько токопроводящих жил объединяют и закрепляют.

Таблица 8 — Значения усилия на разрыв для медных токопроводящих жил после сваривания ультразвуковом

Номинальные сечения медных токопроводящих жил, мм^2	Эквивалент в AWG	Минимальное усилие на разрыв, Н
0,08	28	4
0,15	26	5
0,35	22	12
0,50	21	15
0,60	20	18
0,75	19	23
1,00	18	35
1,50	16	45
2,00	14	58
2,50	13	70
4,00	12	100
6,00	10	130
10,00	8	150
12,00	7	200

Окончание таблицы 8

Номинальные сечения медных токопроводящих жил, мм^2	Эквивалент в AWG	Минимальное усилие на разрыв, Н
14,00	6	240
16,00	5	270
20,00	—	330
25,00	4	410
35,00	3	570
40,00	2	650
50,00	1	800
70,00	0	1100
85,00	2/0	1300
95,00	3/0	1500
110,00	—	1750
120,00	4/0	1900
150,00	250	2400
160,00	300	2500
200,00	400	3200

Таблица 9 — Значения усилия на разрыв для токопроводящих жил из алюминия и алюминиевых сплавов после сваривания ультразвуковом

Номинальные сечения токопроводящих жил из алюминия и алюминиевых сплавов	Эквивалент в AWG	Минимальное усилие на разрыв, Н
2,5	13	40
4,0	12	48
6,0	10	52
10,0	8	56
12,0	7	60
14,0	6	65
16,0	5	70
20,0	—	77
25,0	4	90
35,0	3	100
40,0	2	116
50,0	1	135
70,0	0	175
85,0	2/0	200
95,0	3/0	222
110,0	—	250
120,0	4/0	270

Окончание таблицы 9

Номинальные сечения токопроводящих жил из алюминия и алюминиевых сплавов	Эквивалент в AWG	Минимальное усилие на разрыв, Н
150,0	250	330
160,0	300	350
200,0	400	430

Недостающие значения в таблицах (—) необходимо изучить и согласовать между потребителем и изготовителем.

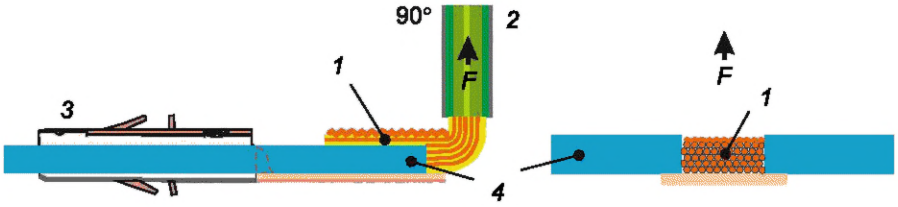
Значения испытаний на разрыв для номинального сечения, превышающие значения, указанные в таблицах 8 и 9, должны быть определены путем испытаний, поскольку из-за большего номинального сечения не всегда удается достичь требуемого усилия на разрыв. Может произойти резкое отслаивание без видимого усилия на разрыв.

7.3.4 Испытания на разрыв пучка, сваренного на наконечнике

Испытания проводят, используя установку, показанную на рисунке 37.

Используют образцы типа D. Испытание проводят для номинального сечения до 35 мм^2 включительно. Однако при больших номинальных сечениях невозможно гарантировать достоверные результаты испытания на разрыв, потому что сваренный пучок необходимо испытывать полностью, а не частями.

Испытание проводят со скоростью (50 ± 5) мм/мин. Значения усилия на разрыв для медных и токопроводящих жил из алюминия и алюминиевых сплавов приведены в таблицах 10 и 11.



Примечание — Боковые крепления выступают на 1,0 мм с каждой стороны наконечника.

1 — пучок, сваренный ультразвуком; *2* — токопроводящая жила; *3* — наконечник; *4* — крепления

Рисунок 37 — Установка для испытания на разрыв

Таблица 10 — Значения усилия на разрыв для медных токопроводящих жил, сваренных с наконечником с помощью ультразвуковой сварки

Номинальные сечения медных токопроводящих жил, мм^2	Эквивалент в AWG	Минимальное усилие на разрыв, Н
0,08	28	3
0,22	24	10
0,35	22	11
0,50	21	17
0,60	20	18
0,75	19	24
1,00	18	34
1,50	16	45
2,00	14	50
2,50	13	55

Окончание таблицы 10

Номинальные сечения медных токопроводящих жил, мм^2	Эквивалент в AWG	Минимальное усилие на разрыв, Н
4,00	12	70
6,00	10	75
10,00	8	80
12,00	7	100
14,00	6	130
16,00	5	150
20,00	—	180
25,00	4	220
35,00	3	300

Таблица 11 — Значения усилия на разрыв для токопроводящих жил из алюминия и алюминиевых сплавов, сваренных с наконечником с помощью ультразвуковой сварки

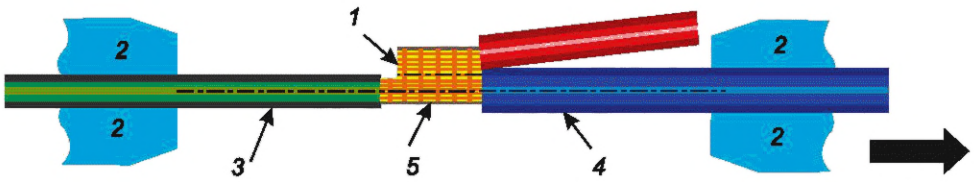
Номинальные сечения токопроводящих жил из алюминия и алюминиевых сплавов, мм^2	Эквивалент в AWG	Минимальное усилие на разрыв, Н
2,5	13	40
4,0	12	48
6,0	10	52
10,0	8	56
12,0	7	60
14,0	6	65
16,0	5	70
20,0	—	77
25,0	4	87
35,0	3	100

7.3.5 Испытание на разрыв соединений, сваренных ультразвуком

Испытание проводят в соответствии с *ГОСТ 28381* (испытание 16d) с использованием установки, показанной на рисунке 38.

Используют образцы типа В1 или В2.

Для проверки достигнутой прочности соединения методом ультразвуковой сварки «двустороннее сваривание» испытывают на разрыв.



1 — сваривание; *2* — крепления; *3* — токопроводящая жила типа *1*; *4* — токопроводящая жила типа *2*; *5* — ось растяжения

Рисунок 38 — Испытательная установка для испытания усилия на разрыв

При фиксации токопроводящих жил необходимо убедиться, что обе зафиксированные токопроводящие жилы выровнены таким образом, чтобы изгибающий момент не влиял на результат измерения.

Аналогичным образом линия осевой симметрии места сваривания должна проходить параллельно зафиксированным токопроводящим жилам. Для каждого типа соединения необходимо проверить номинальное сечение каждой токопроводящей жилы.

Испытание проводят со скоростью (50 ± 5) мм/мин. Значения усилия на разрыв для медных и токопроводящих жил из алюминия и алюминиевых сплавов приведены в таблицах 12 и 13.

Таблица 12 — Значения усилия на разрыв для сваренных ультразвуковой сваркой медных токопроводящих жил

Номинальные сечения медных токопроводящих жил, мм^2	Эквивалент в AWG	Минимальное усилие на разрыв, Н
0,08	28	15
0,35	22	60
0,50	21	80
0,60	20	100
0,75	19	120
1,00	18	160
1,50	16	225
2,00	14	250
2,50	13	275
4,00	12	375
6,00	10	435
8,00	9	500
10,00	8	800
12,00	7	1000
14,00	6	1025
16,00	5	1050
18,00	—	1100
20,00	4	1200
25,00	3	1350
35,00	2	1700
40,00	1	1850
50,00	0	2200
70,00	0	3250
85,00	2/0	3400
95,00	3/0	4400
110,00	—	5000
120,00	4/0	5500
150,00	250	6800
160,00	300	7200
200,00	400	9000

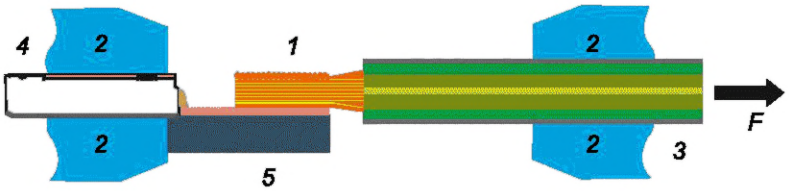
Таблица 13 — Значения усилия на разрыв для сваривания ультразвуковой сваркой токопроводящих жил из алюминия и алюминиевых сплавов

Номинальные сечения токопроводящих жил из алюминия и алюминиевых сплавов, мм^2	Эквивалент в AWG	Минимальное усилие на разрыв, Н
2,5	13	200
4,0	12	260
6,0	10	300
8,0	9	350
10,0	8	400
12,0	7	450
14,0	6	500
16,0	5	550
18,0	—	600
20,0	4	667
25,0	3	833
35,0	2	1155
40,0	1	1330
50,0	0	1650
70,0	0	2200
85,0	2/0	2700
95,0	3/0	3000
110,0	—	3400
120,0	4/0	3700
150,0	250	4600
160,0	300	5000
200,0	400	6000

7.3.6 Испытание на разрыв для сварного соединения токопроводящей жилы с наконечником

Испытание проводят в соответствии с *ГОСТ 28381* (испытание 16d) с использованием установки, показанной на рисунке 38. Используют образцы типа D.

Испытание проводят со скоростью (50 ± 5) мм/мин. Значения усилия на разрыв для медных и токопроводящих жил из алюминия и алюминиевых сплавов приведены в таблицах 14 и 16. В таблицах 15 и 17 приведена ширина пучка и соответствующее номинальное сечение для медных и токопроводящих жил из алюминия и алюминиевых сплавов.



1 — пучок сварки; *2* — крепления; *3* — токопроводящая жила; *4* — наконечник; *5* — держатель наконечника

Рисунок 39 — Установка для испытания на разрыв сварных швов токопроводящих жил с наконечником

Таблица 14 — Значения усилия на разрыв для сваренных ультразвуковой сваркой медных токопроводящих жил с наконечником

Номинальные сечения медных токопроводящих жил, мм^2	Эквивалент в AWG	Минимальное усилие отсоединения, Н
0,08	28	15
0,35	22	50
0,50	21	85
0,60	20	102
0,75	19	138
1,00	18	170
1,50	16	225
2,00	14	250
2,50	13	275
4,00	12	375
6,00	10	480
8,00	9	640
10,00	8	800
12,00	7	1000
14,00	6	1025
16,00	5	1050
18,00	—	1100
20,00	4	1200
25,00	3	1350
35,00	2	1700
40,00	1	1850
50,00	0	2200
70,00	2/0	3080
85,00	3/0	3740
95,00	—	4180
110,00	4/0	4500
120,00	250	4800
150,00	300	6200
160,00	400	6600

Таблица 15 — Зависимость ширины пучка медных токопроводящих жил от номинального сечения (рекомендованные)

Номинальные сечения медных токопроводящих жил, мм^2	Эквивалент в AWG	Минимальная ширина пучка, мм
8	9	4
10	8	4
12	7	7

Окончание таблицы 15

Номинальные сечения медных токопроводящих жил, мм^2	Эквивалент в AWG	Минимальная ширина пучка, мм
14	6	7
16	5	8
18	—	8
20	4	9
25	3	9
35	2	11
40	1	13
50	0	15
70	2/0	17
85	3/0	17
95	—	17
110	4/0	18
120	250	19

Таблица 16 — Значение усилия на разрыв для сваренных ультразвуком токопроводящих жил из алюминия и алюминиевых сплавов с наконечником

Номинальные сечения токопроводящих жил из алюминия и алюминиевых сплавов, мм^2	Эквивалент в AWG	Минимальное усилие на разрыв, Н
2,5	13	200
4,0	12	260
6,0	10	300
8,0	9	350
10,0	8	400
12,0	7	450
14,0	6	500
16,0	5	550
18,0	—	600
20,0	4	667
25,0	3	833
35,0	2	1167
40,0	1	1333
50,0	0	1650
70,0	2/0	1880
85,0	3/0	2000
95,0	—	2050
110,0	4/0	2150
120,0	250	2600
150,0	300	3200
160,0	400	3500

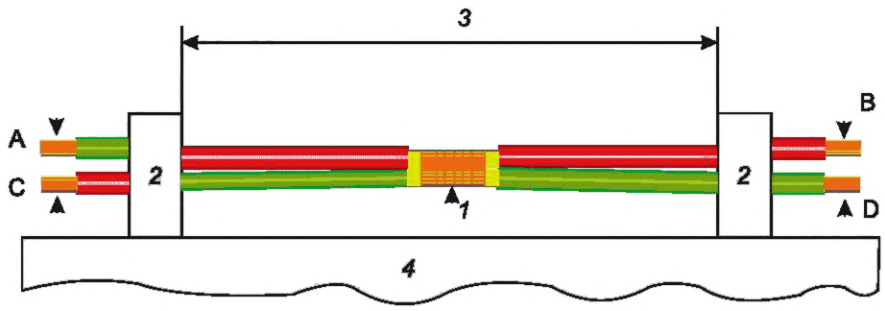
Таблица 17 — Зависимость ширины пучка токопроводящих жил из алюминия и алюминиевых сплавов от номинального сечения (рекомендованные)

Номинальные сечения токопроводящих жил из алюминия и алюминиевых сплавов, мм^2	Эквивалент в AWG	Минимальная ширина пучка, мм
8	9	2
10	8	3
12	7	3
14	6	3
16	5	4
18	—	5
20	4	7
25	3	7
35	2	7
40	1	10
50	0	12
70	2/0	17
85	3/0	20
95	—	21
110	4/0	25

7.3.7 Испытание на воздействие вибрацией на соединение, полученное сваркой ультразвуком

Испытание проводят в соответствии с *ГОСТ 28381* (испытание 6d) с использованием установки, показанной на рисунке 40, и условий испытания, приведенных в таблице 18.

Используют образцы типа B1 или B2.



1 — соединение; *2* — держатели; *3* — расстояние между двумя держателями; *4* — вибрационный стол

Рисунок 40 — Испытательная установка для испытания на воздействие вибрации на соединенные токопроводящие жилы

Испытание на нарушение контакта должно проводиться во время испытания на вибрацию в соответствии с *ГОСТ 28381* (испытание 2e). Максимальная продолжительность прерывания контакта составляет 1 мкс, если в технической документации на изделие не указано иное. Продолжительность испытания на воздействие вибрацией составляет 2, 4 или 8 ч и определяется в зависимости от типа.

Таблица 18 — Параметры испытания на воздействие вибрации (синусоидальное) на соединение, полученное сваркой ультразвуком

Диапазон частоты, Гц	10—55	10—500	10—2000
Частота перехода, Гц	—	57—62	
Амплитуда ниже частоты перехода, мм	0,35	0,35	1,50
Амплитуда ускорения выше частоты перехода, мм/с^2	—	50 (5g)	200 (20g)
Оси испытания	3	3	3
Количество замыканий	5	5	5

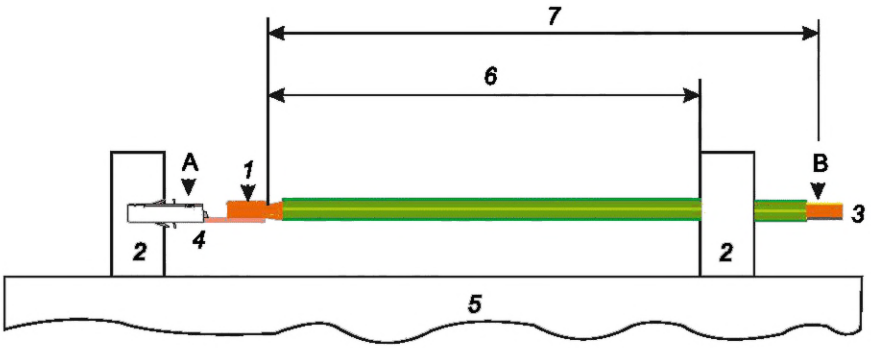
Степень воздействия проводимых испытаний и количество испытываемых элементов должны быть указаны в технической документации.

7.3.8 Испытание на воздействие вибрацией на сваренные ультразвуком токопроводящие жилы с наконечником

Испытание проводят в соответствии с *ГОСТ 28381* (испытание 6d) и *ГОСТ 28203* (испытание Fc), используя установку, показанную на рисунке 41.

Испытание проводят с образцами типа D.

Во время испытания на воздействие вибрации измеряют нарушение контакта токопроводящей жилы с наконечником в соответствии с *ГОСТ 28381* (испытание 2e).



1 — пучок для ультразвуковой сварки; 2 — места крепления на вибрационном столе; *3* — токопроводящая жила; *4* — наконечник; *5* — вибрационный стол; *6* — расстояние между креплениями; *7* — длина испытываемого провода с контрконтактным соединителем

Рисунок 41 — Установка для испытания на воздействие вибрации на пучок для ультразвуковой сварки

Продолжительность испытания на воздействие вибрацией составляет 2, 4 или 8 ч в соответствии с технической документацией на изделие.

7.3.9 Испытание усилием уплотнения на одностороннее сваривание

Испытание проводят в соответствии с *ГОСТ 28381* (испытание 6d) *ГОСТ 31602.1* и требованиями к испытаниям, приведенными в таблице 19.

Для проверки прочности наконечников на сжатие должны применяться требования соответствующих стандартов.

Примечание — При изготовлении низковольтных комплектных устройств в местах ввода-вывода обычно используют одностороннее сваривание, т. е. токопроводящие жилы, сваренные ультразвуком вместе, в качестве замены для односторонних соединений, например, обжимных наконечников.

Используют образцы типов А1 или А2. Примеры правильно уплотненных токопроводящих жил приведены на рисунках 42—45. См. также рисунок 46.

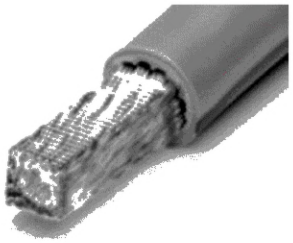


Рисунок 42 — Одностороннее сваривание одной токопроводящей жилы из алюминия и алюминиевых сплавов (одностороннее уплотнение)

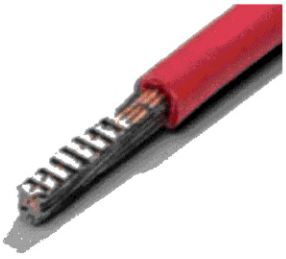


Рисунок 43 — Одностороннее сваривание одной медной токопроводящей жилы малого номинального сечения (одностороннее уплотнение)

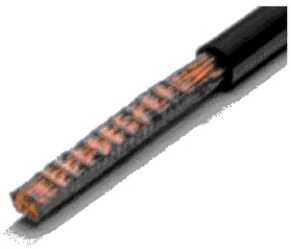


Рисунок 44 — Одностороннее сваривание одной медной токопроводящей жилы среднего номинального сечения (одностороннее уплотнение)

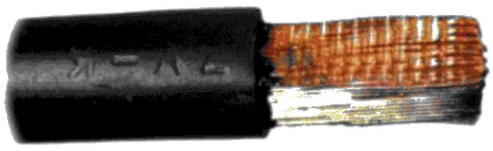
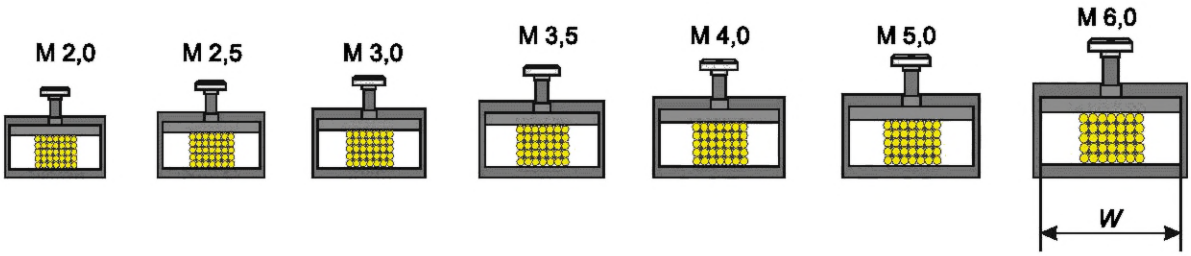


Рисунок 45 — Одностороннее сваривание одной медной токопроводящей жилы большого номинального сечения (одностороннее уплотнение)



M 2,0; M 2,5; M 3,0; M 3,5; M 4,0; M 5,0; M 6,0 — испытательные наконечники; *W* — ширина зажимного устройства

Рисунок 46 — Пример испытательных зажимных устройств для различных размеров

Таблица 19 — Требования к испытаниям на одностороннее сваривание

Номинальное сечение, мм^2	0,35	0,50	0,75	1,00	1,50	2,50
Усилие на разрыв, Н	15	20	30	35	40	50
Испытательные наконечники	M 2,0	M 2,0	M 2,5	M 2,5	M 2,5	M 3,0
Номинальное усилие, Н·м	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,5
Номинальное сечение, мм^2	4,00	6,00	10,00	16,00	25,00	35,00
Усилие на разрыв, Н	60	80	90	100	135	190
Испытательные наконечники	M 3,5	M 4,0	M 4,0	M 5,0	M 6,0	M 6,0
Номинальное усилие, Н·м	0,8	1,2	1,2	2,0	2,5	2,5

Требования к испытаниям для номинальных сечений, не указанных в таблице, должны определяться в соответствии с материалами и согласовываться между изготовителем и потребителем.

Значения для испытаний наконечников приведены в *[1]*, таблицы 4, 5 и 7.

Усилие на разрыв должно действовать без толчков в направлении оси не менее 1 мин.

Токопроводящая жила должна быть подсоединена и отсоединена два раза (без затягивания винтов).

Металлические испытательные контакты должны быть как минимум в 1,5—2 раза шире ширины места соединения образца, подлежащего испытанию.

Во время и после испытания сварной шов не должен разрушаться.

7.4 Проверка изображений с помощью микросекционных разрезов

Анализ микросекционных разрезов необходим для подтверждения требований к свариваниям. См. рисунки 47—49.

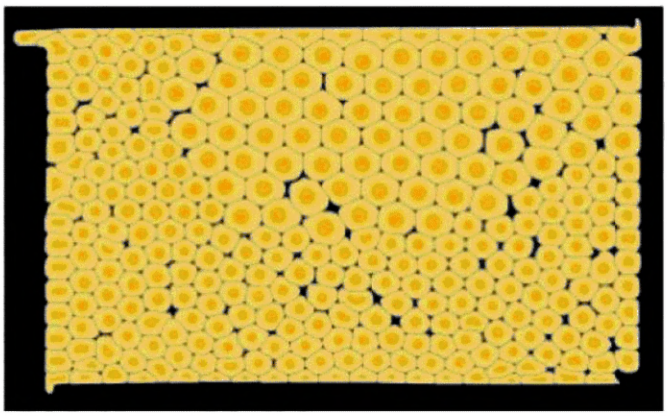


Рисунок 47 — Пример 1 допустимого микросекционного разреза медных жил, сваренных ультразвуком

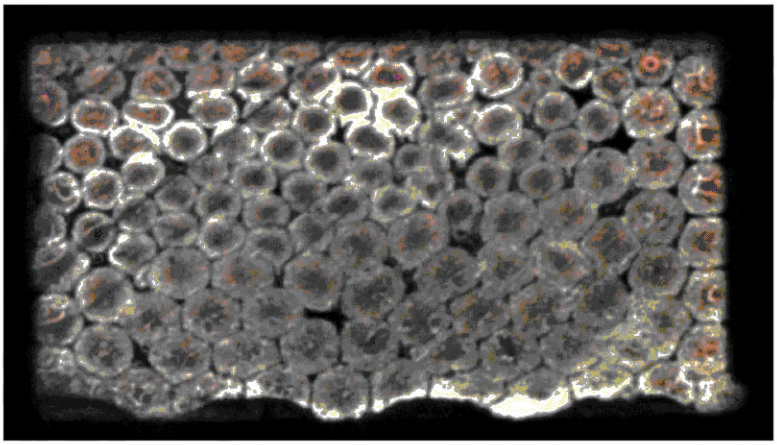


Рисунок 48 — Пример 2 допустимого микросекционного разреза медных жил, сваренных ультразвуком

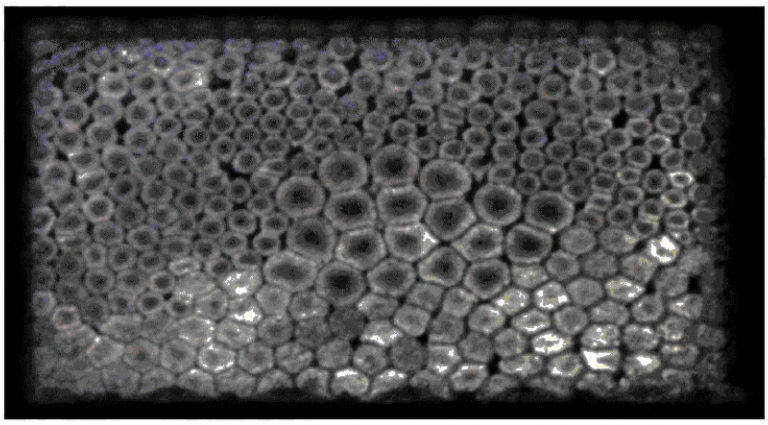


Рисунок 49 — Пример 3 допустимого микросекционного разреза медных жил, сваренных ультразвуком

Разрез должен быть сделан примерно посередине пучка.

Оценку проводят в соответствии с требованиями 5.7.

Смежные пустоты не должны быть обнаружены.

Все жилы должны быть механически соединены с другими окружающими жилами. Примеры хорошо сваренных проволок приведены на рисунках 47—49.

7.5 Электрические испытания

7.5.1 Падение напряжения (сопротивления) на двустороннем или одностороннем сваривании

Для этого испытания должны использоваться образцы типов B1, B2 или C и образцы типа A1 или A2. На рисунке 50 показана схема измерения, а на рисунке 51 — эталонные токопроводящие жилы типа 1 и типа 2.

Испытание на сопротивление должно проводиться в соответствии с *ГОСТ 28381* (испытание 2a или 2b). В технической документации изделия должны быть установлены минимальные требования.

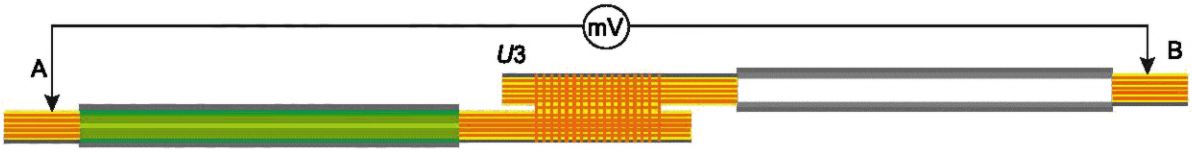


Рисунок 50 — Установка для измерения в месте сваривания (от 2 до 20 проводов)



Рисунок 51 — Измерения эталонных токопроводящих жил типов 1 и 2

Плотность тока 1 А/мм^2 должна быть установлена в зависимости от наименьшего номинального сечения сваривания.

Падение напряжения ΔU, мВ, для контактного сопротивления сварного шва без учета влияния проволоки рассчитывают по формуле

$$\Delta U = U3 - (U1 + U2), \quad (4)$$

где $U1$ — напряжение эталонной токопроводящей жилы типа 1, мВ;

$U2$ — напряжение эталонной токопроводящей жилы типа 1, мВ;

$U3$ — напряжение в месте сваривания, мВ.

Расчет сопротивления $R_{US,}$ мОм, проводят по формуле

$$R_{US} = \frac{\Delta U}{I}, \quad (5)$$

где ΔU — падение напряжения, мВ;

I — сила тока, А.

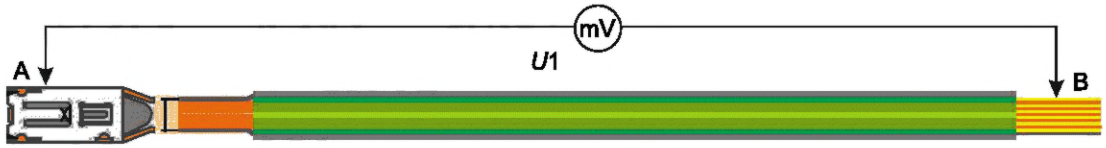
Падение напряжения между ΔU не должно превышать 0,5 мВ до нагрузки и 1,5 мВ после выдержки под нагрузкой.

Температурный диапазон для этих испытаний должен быть определен заранее.

7.5.2 Падение напряжения на соединении токопроводящей жилы с наконечником (сопротивление)

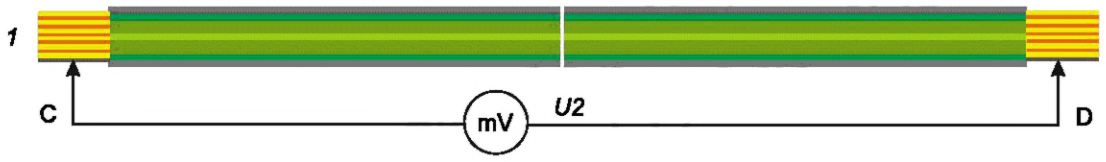
Для этого испытания используют образцы типов D и A.

Испытание на сопротивление передаче проводят в соответствии с *ГОСТ 28381* (испытание 2a или 2b), используя испытательную установку, показанную на рисунках 52 и 53. В технической документации изделия должны быть установлены минимальные требования.



A и B — точки измерения, $U1$ — падение напряжения между точками измерения A и B

Рисунок 52 — Установка для измерения падения напряжения сваренного соединения токопроводящей жилы с наконечником



C и D — точки измерения; $U2$ — падение напряжения между точками измерения C и D; *1* — токопроводящая жила

Рисунок 53 — Измерение падения напряжения с несколькими эталонными жилами

Испытательный ток измеряется в А/мм^2.

Падение напряжения ΔU, мВ, для контактного сопротивления сварного шва без учета влияния проволоки проводят по формуле

$$\Delta U = U1 - U2, \quad (6)$$

где $U1$ — напряжение 1, мВ;

$U2$ — напряжение 2, мВ.

Расчет сопротивления R_{US}, мОм, в сварном соединении проводят по формуле

$$R_{US} = \frac{\Delta U}{I}, \quad (7)$$

где ΔU — падение напряжения, мВ;

I — сила тока, А.

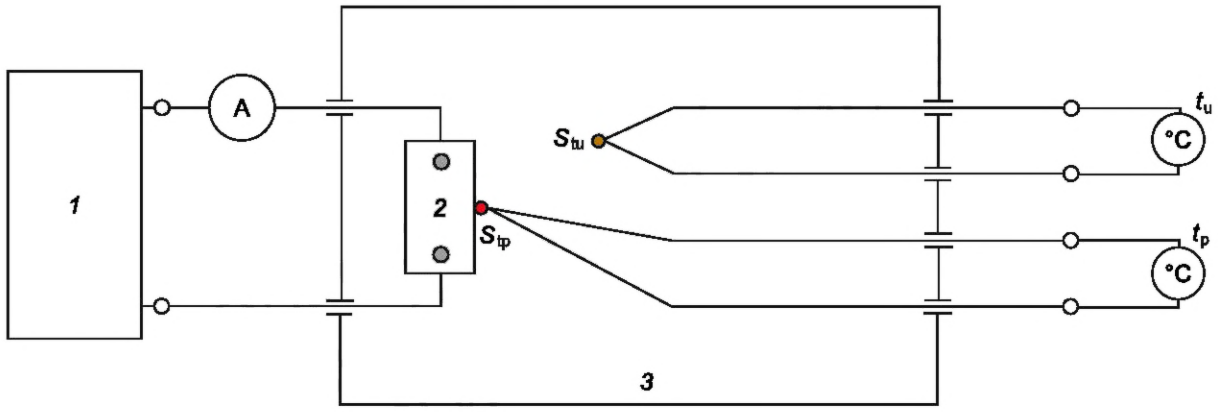
Вычитая напряжение $U2$ на эталонном проводе из напряжения $U1$ на измеряемом образце, вы можете получить падение напряжения ΔU, как показано в формуле (6). Падение напряжения ΔU не должно превышать 0,5 мВ до нагрузки и 1,5 мВ после выдержки под нагрузкой.

Диапазон температур для этих испытаний должен быть определен заранее.

7.5.3 Токонесущая способность

Испытания проводят в соответствии с *ГОСТ 28381* (испытание 5b), а установка в соответствии с рисунками 54 и 55.

Испытывают образцы типов B1 или B2, C или D.



1 — источник постоянного тока; *2* — испытуемое соединение; *3* — температурная камера; S_{tp} — датчик температуры, установленный на испытуемом соединении; S_{tu} — датчик температуры окружающей среды

Рисунок 54 — Установка для измерения повышения температуры при токовой нагрузке

Условия испытания:

- для определения среднего значения необходимо использовать не менее трех образцов для трех измерений;
- испытательное напряжение: переменный ток (в зависимости от типа) частотой от 50 до 60 Гц или постоянный ток с обратной полярностью;
- паузы между измерениями не более 5 мин, изменение температуры более 2 К;
- определение комнатной температуры t_r;
- конечная температура t_e — комнатная температура t_r + n, К (значение увеличения температуры n зависит от типа провода. Например, максимально допустимая рабочая температура провода минус температура в помещении);
- поддержание конечной температуры в течение 1 часа;
- максимально допустимый рабочий ток I_b (понижающий), вычисляемый по формуле

$$I_b = I(t_e) \cdot 0{,}8, \quad (8)$$

где $t_e = t_e + n^{(1)}Ke$.

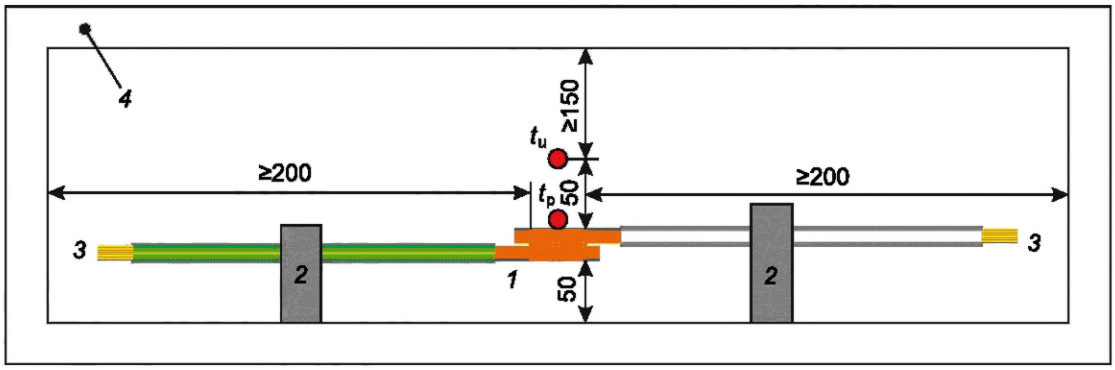
Величина повышения температуры должна определяться в зависимости от типа (например, 30 К).

Длину проволоки L для образцов выбирают в зависимости от номинального сечения токопроводящей жилы S:

$S < 0{,}5$ мм^2: $L = 200$ мм;

$0{,}5 \le S < 5{,}0$ мм^2: $L = 500$ мм;

$S > 5{,}0$ мм^2: $L = 1400$ мм.



1 — образец; *2* — крепления; *3* — соединитель источника постоянного тока; *4* — испытательная комната

Рисунок 55 — Температурная камера с открывающимся клапаном для измерения токонесущей нагрузки

7.5.4 Сопротивление изоляции

Для этого испытания используют образцы типов B1 или B2, C или D.

Это испытание должно проводиться в соответствии с *ГОСТ 28381* (испытание 3a).

Испытательные зоны:

Если в технической документации не указано никаких технических условий, применяются следующие диапазоны испытаний:

(10 ±1) В;

(100 ± 15) В;

(500 ± 50) В.

Значение необходимо считывать, когда оно будет стабильным, по крайней мере, в течение 60 с.

Метод А: Каждое сварное соединение должно быть проверено на соответствие всем другим сварным соединениям и, если применимо, на наличие PE (защитного заземления).

Сопротивление изоляции должно составлять не менее 200 МОм.

7.5.5 Защита от напряжения

Для этого испытания используют образцы типов B1 или B2, C или D.

Испытания проводят в соответствии с *ГОСТ 28381* (испытание 4a).

Испытательные напряжения: 500 В, 1000 В, 1500 В переменного тока (U_{eff} при 50—60 Гц); см. таблицу 20.

Максимально допустимый ток утечки — 2 мА.

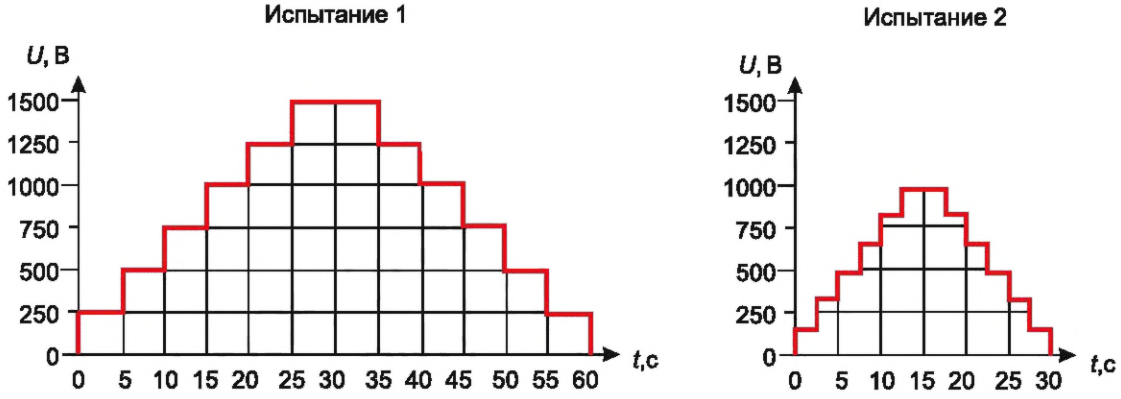
Применение напряжения: каждое соединение должно быть подключено к любому другому соединению и к PE.

Первое испытание: время — 60 с, применение постепенно увеличивают каждые 5 с (в 5 раз), затем удерживают в течение 10 с и затем каждые 5 с (в 5 раз) снижают до нуля, как показано на рисунке 56.

В случае поломки испытание прекращают и считают невыполненным.

Если требуется повторное испытание, применяется следующее.

Повторное испытание: напряжение и время снижают (максимум на 65 % от испытательного напряжения, время 30 с).



Примечания

1 Испытание 1 — максимальное испытательное напряжение 85 %, соответствующее самому слабому компоненту.

2 Испытание 2 — при необходимости, только 65 % от значения испытания 1.

Рисунок 56 — Схема испытания диэлектрика на устойчивость к напряжению (проверка на устойчивость к напряжению)

Таблица 20 — Испытательные напряжения для проверки на устойчивость к напряжению

Номинальное напряжение (постоянное или эффективное значение переменного тока), В	≤36	≤72	≤120	≤240
Испытательное напряжение, U_p (эффективное значение переменный ток при 50—60 Гц), В	500	750	1000	1500

Испытательное напряжение должно составлять не более 85 % от максимально допустимого испытательного напряжения для самого слабого компонента в сборке.

Примечание — Если в условиях эксплуатации проводятся испытания на стойкость диэлектрика к пробою (испытание повышенным напряжением), последовательность и параметры испытаний определяют на основании информации, представленной в технической документации на конкретный тип.

8 Климатические испытания

8.1 Общая информация о климатических испытаниях

При испытаниях должны использоваться следующие температурные пределы:

- верхний предел температуры: плюс 125 °С;
- нижний предел температуры: минус 40 °С.

Верхний предел допускается изменять в сторону уменьшения в зависимости от типа применяемой изоляции токопроводящей жилы.

Нижний предел допускается увеличивать в сторону положительных значений при эксплуатации соединений в устройствах, эксплуатируемых при положительных температурах.

8.2 Быстрая смена температуры

Для этого испытания используют образцы типов B1 или B2, C или D.

Испытание проводят в соответствии с *ГОСТ 28381* (испытание 11d) и *ГОСТ 30630.2.1* (испытание Na). Если в текстах данных стандартов есть ссылки на другие стандарты, то их требования также необходимо выполнить.

Применяют следующие параметры:

- нижняя температура ТА — нижний предел температуры ±2 К;
- наивысшая температура ТВ — верхний предел температуры ±2 К;
- время выдержки t_1 — 30 мин;
- количество циклов — 5;
- скорость подачи воздуха — не более 0,5 м/с;

- время перемещения в камеру — не более 3 мин;
- предварительная подготовка и восстановление — по 1 ч каждая;
- общее время испытания — не более 7,5 ч.

Примечание — Данное испытание не предназначено для проверки свойств изоляции токопроводящей жилы или внешней изоляции предварительно изолированных обжимных наконечников.

8.3 Сухое тепло

Для этого испытания используют образцы типов B1 или B2, C или D.

Испытание проводят в соответствии с *ГОСТ 28381* (испытание 11i) и *ГОСТ 30630.2.1* (испытание Bb). Если в текстах данных стандартов есть ссылки на другие стандарты, то их требования также необходимо выполнить.

Применяют следующие параметры:

- испытательная температура ТВ — верхний предел температуры ±2 К;
- продолжительность испытания — 96 часов.

Для промежуточных измерений на испытуемый объект подают испытательное напряжение.

Примечание — Данное испытание не предназначено для проверки свойств изоляции токопроводящей жилы или внешней изоляции предварительно изолированных обжимных наконечников.

8.4 Холод

Для этого испытания используют образцы типов B1 или B2, C или D.

Испытание проводят в соответствии с *ГОСТ 28381* (испытание 11j) и *ГОСТ 30630.2.1* (испытание Ab). Если в текстах данных стандартов есть ссылки на другие стандарты, то их требования также необходимо выполнить.

Применяют следующие параметры:

- пониженная температура ТА — нижний предел температуры ±3 К;
- время выдержки t_1 — 2 ч/16 ч/72 ч/96 ч (в зависимости от типа);
- скорость подачи воздуха — не более 0,5 м/с;
- предварительная подготовка и восстановление — по 1 ч каждая;
- общее время испытания — минимум 5,5 ч/максимум 99,5 ч.

Примечание — Данное испытание не предназначено для проверки свойств изоляции токопроводящей жилы.

8.5 Влажное тепло

Для этого испытанию используют образцы типов B1 или B2, C или D.

Испытание проводят в соответствии с *ГОСТ 28381* (испытание 11m) и *ГОСТ Р МЭК 60068-2-30*, *ГОСТ 28216* (испытание Db). Если в текстах данных стандартов есть ссылки на другие стандарты, то их требования также необходимо выполнить.

Применяют следующие параметры:

- наивысшая температура — плюс 55 °С;
- время выдержки t_1 12 ч + 12 ч = 24 ч;
- предварительная подготовка и восстановление — по 1 ч каждая;
- измерение температуры — 3 ч каждый;
- общее время испытания — 36 ч.

Примечание — Данное испытание не предназначено для проверки свойств изоляции токопроводящей жилы.

8.6 Последовательность климатических испытаний

Для этого испытания используют образцы типов B1 или B2, C или D.

Испытание проводят в соответствии с *ГОСТ 28381* (испытание 11a). Если в текстах этих стандартов есть ссылки на другие стандарты, то требования этих стандартов также должны быть выполнены.

Применяют следующие параметры:
- этап 1: сухое тепло — температура испытания: верхний предел температуры;
- этап 2: влажное тепло — наивысшая температура испытания: плюс 55 °С;
- этап 3: холод — температура испытания: нижний предел температуры;
- этап 4: (низкое давление воздуха, техническая документация изделия);
- влажное тепло, циклическое — наивысшая температура испытания: плюс 55 °С.

Количество циклов — 6 варианта 1 или 2 (необходимо выбрать).

Общее время испытания — 12 дней.

Примечание — Данное испытание не предназначено для проверки свойств изоляции токопроводящей жилы.

8.7 Коррозия, промышленная атмосфера

Для этого испытания используют образцы типов B1 или B2, C или D.

Испытание проводят в соответствии с *ГОСТ 28381* (испытание 11g), см. также *[2]* (испытание Ke). Если в текстах этих стандартов есть ссылки на другие стандарты, то требования этих стандартов также должны быть выполнены.

Применяют следующие параметры:
- требование к испытанию приведено в *[2]* (испытание Ke);
- применяемый метод — Метод 1;
- продолжительность испытания — 10 дней;
- газы — H_2S и SO_2;
- температура — (25 ± 1) °С;
- относительная влажность — (75 ± 3) %;
- изменение объема в час — от 3 до 10;
- увеличение массы медных пластинок, мг/дм^2/день — от 1 до 2.

После внешнего осмотра, а также до и после этого испытания на коррозию необходимо измерить переходное сопротивление.

9 Классификация по классам изделия

9.1 Общие положения

Введение в классификацию изделий позволяет потребителю выбирать требования к качеству изделия в соответствии с конкретной областью применения для конечного потребителя.

В настоящем стандарте признается, что электрическое и электронное оборудование классифицируют в соответствии с его предполагаемым использованием в качестве конечного изделия.

Изготовитель или потребитель сваренных ультразвуком соединений и, следовательно, изготовитель наконечников, которые, как считается, используют эту технологию соединения, несут ответственность за определение класса, к которому относится конечное изделие, в котором, как предполагается, они будут установлены.

9.2 Класс изделия А[1)]

Этот класс охватывает электротехнические и электронные изделия общего назначения. Он включает в себя потребительские товары, компьютеры и компьютерную периферию бытового и аналогичного применения, а также аппаратное обеспечение, подходящее для приложений, где основным требованием является функциональность готовой сборки.

[1)] Классы и методы определения и соответствия им приведены в серии стандартов ГОСТ Р МЭК 61192 под общим наименованием «Печатные узлы. Требования к качеству».

9.3 Класс изделия B[1)]

К этому классу относят электрические и электронные изделия для специальных применений, где высокая производительность, длительный срок службы и бесперебойное обслуживание желательны, но не обязательны. Например, средства связи, сложные офисные машины и оборудование. Как правило, среда конечного использования не приводит к сбоям.

9.4 Класс изделия C[1)]

К этому классу относят электрические и электронные сборочные изделия, для которых постоянная работоспособность или производительность по требованию обязательна. Недопустимы простои оборудования; допускается, что среда конечного использования необычайно суровая, а оборудование функционирует по мере необходимости. Например, системы жизнеобеспечения и другие критически важные системы.

10 Программа испытаний

10.1 Программа испытаний A (класс изделия A, см. 9.2)

Программа испытаний состоит из групп испытаний P0 и P1 (см. таблицы 21 и 22) и представляет минимальные требования к испытаниям для соединения, сваренного ультразвуком, которые, как считается, используются в классах изделия A.

Количество испытываемых образцов — 6 шт. для каждого типа образцов, общее количество — 6 шт.

Таблица 21 — Группа испытаний P0. Общий осмотр

Фаза испытания	Обозначение стандарта	Испытание	Название испытания	Сваривание	Наконечники
P0.1	*ГОСТ 28381*	1a	Внешний осмотр	7.3.1	7.3.2
P0.2		1b	Проверка размера и массы	7.3.1	7.3.2
P0.3		16g	Деформация наконечника после сварки	—	—

На этапе испытания P0.2 также проверяют степень уплотнения соединения, сваренного ультразвуковой сваркой.

Если в технической документации компонента, содержащего наконечник для соединений, сваренных ультразвуком, содержатся требования о проведении испытания на деформацию наконечников после сварки, то проверку проводят в соответствии с *ГОСТ 28381* (испытание 16g).

Испытание 16g охватывает контактную деформацию после обжима и в некоторых случаях требует корректировки, поскольку включает измерения, которые не могут быть непосредственно применены к соединениям, сваренным ультразвуком, которые в основном имеют прямоугольное поперечное сечение (например, измерение контактного износа не применимо).

Для группы испытаний P1, указанной в таблице 22, используют те же образцы, что и для группы испытаний P0.

Таблица 22 — Группа испытаний P1. Испытание на изгиб

Фаза испытания	Название испытания	Структурный элемент настоящего стандарта	Тип образца
P1.1	Испытание на изгиб, соединение свариванием	7.3.1	B или C
P1.2	Испытание на изгиб, соединение на наконечнике	7.3.2	D

[1)] Классы и методы определения и соответствия им приведены в серии стандартов ГОСТ Р МЭК 61192 под общим наименованием «Печатные узлы. Требования к качеству».

Испытание на изгиб применяют либо к двусторонним свариваниям (см. 7.3.1), либо к сваренным ультразвуком проводам на наконечнике (см. 7.3.2).

10.2 Программа испытаний В (класс изделий В, см. 9.3)

10.2.1 Общие положения

Программа испытаний, состоящая из групп испытаний Р0, Р1, Р2, Р3, Р4, Р6, Р7 и Р10 (см. таблицы 23—25), содержит минимальные требования к испытаниям соединений, сваренных ультразвуком, которые, как считается, используются в изделиях класса В.

Если для определенного типа продукции требуются дополнительные испытания, их можно выбрать из программы испытаний С (например, группы испытаний Р5, и/или Р8, и/или Р10) или из раздела 12 (предусматривающего дополнительные необязательные группы испытаний Р9 и Р12).

Общее количество образцов — 43.

Количество образцов — 10 шт. каждого типа образцов.

На этапе испытания Р0.2 также проверяют степень уплотнения сварного шва.

Если техническая документации изделия для компонента, содержащего приваренные наконечники, требует проведения испытания на деформацию наконечника после сварки, то проверку проводят в соответствии с *ГОСТ 28381* (испытание 16g).

Испытание 16g охватывает деформацию контакта после обжима и может потребовать корректировки, поскольку включает измерения, которые не могут быть непосредственно применены к соединениям, сваренным ультразвуком, которые в основном имеют прямоугольное поперечное сечение (например, измерение биения контакта не применимо).

10.2.2 Механические испытания программы испытаний В

Для группы испытаний Р1 используют те же образцы, которые использовались в испытательной группе Р0.

Испытание на изгиб применяют либо к двусторонним свариваниям (см. 7.3.1), либо к сваренным ультразвуком проводам на наконечнике (см. 7.3.2).

В зависимости от требований, содержащихся в технической документации на изделие, проводят группы испытаний Р2, или Р3, или Р5.

Количество образцов — по 10 шт. на каждый тип образца.

Таблица 23 — Группа испытаний Р2. Испытание на разрыв

Фаза испытания	Название испытания	Структурный элемент настоящего стандарта	Тип образца
Р2.1	Испытание на разрыв, двустороннее сваривание	7.3.3	В или С
Р2.2	Испытание на разрыв, на наконечнике	7.3.4	D

Количество образцов — по 10 шт. на каждый тип образца.

Таблица 24 — Группа испытаний Р3. Испытание усилием отсоединения

Фаза испытания	Обозначение стандарта	Испытание	Название испытания	Структурный элемент настоящего стандарта	Тип образца
Р3.1	*ГОСТ 28381*	16d	Испытание усилием отсоединения, двустороннее сваривание	7.3.5	В или С
Р3.2			Испытание усилием отсоединения, на наконечнике	7.3.6	D

Количество образцов — по 10 шт. на каждый тип образца.

Таблица 25 — Группа испытаний Р4. Усилие уплотнения при одностороннем сваривании однопроволочной жилы

Фаза испытания	Обозначение стандарта	Испытание	Название испытания	Структурный элемент настоящего стандарта	Тип образца
Р4.1	*ГОСТ 28381*	16d	Усилие уплотнения, одностороннее сваривание однопроволочной жилы	7.3.9	A

10.2.3 Электрические испытания программы испытаний B

Количество образцов — 10 шт. каждого типа образцов. Фазы испытаний представлены в таблицах 26, 27 и 28.

Таблица 26 — Группа испытаний Р6. Падение напряжение (сопротивление)

Фаза испытания	Обозначение стандарта	Испытание	Название испытания	Структурный элемент настоящего стандарта	Тип образца
Р6.1	*ГОСТ 28381*	2a	Сопротивление (измерение в милливольтах)	7.5.1/7.5.2	B, C, D
Р6.2		2b	Сопротивление наконечника (при 1 А на мм^2 номинального сечения)		

Этап испытания Р6.1 или Р6.2 должен быть предусмотрен в технической документации на изделие (образцы типов B1 или B2, C или D, в зависимости от требований).

Для группы испытаний Р7 используют те же образцы, что и для группы Р6.

Таблица 27 — Группа испытаний Р7. Сопротивление изоляции

Фаза испытания	Обозначение стандарта	Испытание	Название испытания	Структурный элемент настоящего стандарта	Тип образца
Р7.1	*ГОСТ 28381*	3a	Сопротивление изоляции	7.5.4	B, C, D

10.2.4 Микросекционные испытания по программе испытаний B

Количество образцов — по 3 шт. на каждый тип образца.

Таблица 28 — Группа испытаний Р10. Микросекционный разрез

Фаза испытания	Обозначение стандарта	Испытание	Название испытания	Структурный элемент настоящего стандарта	Тип образца
Р10.1	ГОСТ 9.302	—	Микросекционный разрез	7.4	B, C, D

10.3 Программа испытаний C (класс изделий C, см. 9.4)

10.3.1 Общие положения

Данная программа испытаний, которая также является расширенной программой испытаний, состоящая из групп испытаний Р0, Р1, Р2, Р3, Р4, Р5, Р6, Р7, Р8, Р10 и Р11 (см. таблицы 29—36), содержит минимальные требования к испытаниям сваренных ультразвуком соединений, которые, как считается, используют для класса изделия C.

Кроме того, если используются материалы, отличные от указанных в настоящем стандарте (не медные и токопроводящие жилы из алюминия и алюминиевых сплавов), соединения, сваренные ультразвуком, которые, как считается, используются в изделиях класса A или B, также должны быть испытаны в соответствии с настоящей программой испытаний.

Если требуются дополнительные испытания, согласованные между изготовителем и потребителем для конкретного типа изделия, они могут быть выбраны в соответствии с разделом 11 (с указанием дополнительных необязательных групп испытаний P9 и P12).

Общее количество образцов — 213 (B или C), 263 (D).

Количество образцов — 20 шт. каждого типа образцов.

Таблица 29 — Группа испытаний P0. Общий осмотр

Фаза испытания	Обозначение стандарта	Испытание	Название испытания	Сваривание	Наконечники
P0.1	*ГОСТ 28381*	1a	Внешний осмотр	7.2.3	7.2.4
P0.2		1b	Проверка размера и массы	7.2.3	7.2.4
P0.3		16g	Деформация наконечника после сварки	—	—

На этапе испытаний P0.2 также должны быть проверены степень уплотнения и степень сжатия соединения, сваренного ультразвуковой сваркой.

Если в технической документации на изделие для компонента, содержащего приваренный наконечник, содержится требование о проведении испытания на деформацию наконечника после сварки, то необходимо провести данное испытание в соответствии с *ГОСТ 28381* (испытание 16g).

Испытание 16g содержит информацию о контактной деформации после обжима и в некоторых случаях должно быть адаптировано следующим образом: он включает измерения, которые непосредственно неприменимы к соединениям, сваренным ультразвуком, которые в основном имеют прямоугольное поперечное сечение (например, измерение контактного износа практически неприменимо).

Испытание на изгиб проводят либо к двусторонним свариваниям (см. 7.3.1), либо к сваренным ультразвуком токопроводящим жилам с наконечником (см. 7.3.2).

10.3.2 Механические испытания в соответствии с программой испытаний C

В зависимости от изделия должны быть выполнены испытания P2, P3 или P5 (для наконечников P2 и P3). Группы испытаний P2 и P3 должны соответствовать индексу эффективности процесса C_{pk}, равному 1,67, в соответствии с *ГОСТ Р ИСО 22514-2*.

Количество испытываемых образцов — 50 шт. каждого типа.

Таблица 30 — Группа испытаний P2. Испытания на разрыв

Фаза испытания	Название испытания	Структурный элемент настоящего стандарта	Тип образца
P2.1	Испытание на разрыв, двустороннее сваривание	7.3.3	B или C
P2.2	Испытание на разрыв, на наконечнике	7.3.4	D

Количество испытываемых образцов — 50 шт. каждого типа.

Таблица 31 — Группа испытаний P3. Испытания усилием отсоединения

Фаза испытания	Обозначение стандарта	Испытание	Название испытания	Структурный элемент настоящего стандарта	Тип образца
P3.1	*ГОСТ 28381*	16d	Испытание усилием отсоединения, двустороннее сваривание	7.3.5	B или C
P3.2			Испытание усилием отсоединения, на наконечнике	7.3.6	D

Количество испытываемых образцов — 30 шт. каждого типа.

Таблица 32 — Группа испытаний P4. Усилие уплотнения при одностороннем сращивании однопроволочной жилы

Фаза испытания	Обозначение стандарта	Испытание	Название испытания	Структурный элемент настоящего стандарта	Тип образца
P4.1	*ГОСТ 28381*	16d	Усилие уплотнения, одностороннее сваривание однопроволочной жилы	7.3.9	A

Количество испытываемых образцов — 30 шт. каждого типа.

Таблица 33 — Группа испытаний P5. Испытание на вибропрочность (синусоидальное)

Фаза испытания	Обозначение стандарта	Испытание	Название испытания	Структурный элемент настоящего стандарта	Тип образца
P5.1	*ГОСТ 28381*	6d	Вибрация, двустороннее сваривание	7.3.7	B или C
P5.2			Вибрация, на наконечнике	7.3.8	D

10.3.3 Электрические испытания в соответствии с программой испытаний C

Количество испытываемых образцов — 30 шт. каждого типа.

Таблица 34 — Группа испытаний P6. Падение напряжение (сопротивление)

Фаза испытания	Обозначение стандарта	Испытание	Название испытания	Структурный элемент настоящего стандарта	Тип образца
P6.1	*ГОСТ 28381*	2a	Сопротивление (измерение в милливольтах)	7.5.1/7.5.2	B, C, D
P6.2		2b	Сопротивление наконечника (при 1 А на мм^2 номинального сечения)		

Этапы испытаний P6.1 или P6.2 должны быть указаны для выполнения в технической документации (образцы типов B1 или B2, C или D, в зависимости от требований).

Испытывают в группе испытаний P7 те же образцы, что и в P6.

Таблица 35 — Группа испытаний P7. Сопротивление изоляции

Фаза испытания	Обозначение стандарта	Испытание	Название испытания	Структурный элемент настоящего стандарта	Тип образца
P7.1	*ГОСТ 28381*	3a	Сопротивление изоляции	7.5.4	B, C, D

Количество испытываемых образцов — 30 шт. каждого типа.

Таблица 36 — Группа испытаний P8. Токонесущая способность

Фаза испытания	Обозначение стандарта	Испытание	Название испытания	Структурный элемент настоящего стандарта	Тип образца
P8.1	*ГОСТ 28381*	5b	Снижение токонесущей способности	7.5.3	B, C, D

10.3.4 Микросекционные испытания программы испытаний С

Количество образцов — 3 шт. каждого типа образцов (см. таблицу 37).

Таблица 37 — Группа испытаний Р10. Микросекционный разрез

Фаза испытания	Обозначение стандарта	Испытание	Название испытания	Структурный элемент настоящего стандарта	Тип образца
Р10.1	*ГОСТ 9.302*	—	Микросекционный разрез	7.4	B, C, D

10.3.5 Климатические испытания для программы испытаний С

Количество испытываемых образцов — 30 шт. каждого типа, условия — в соответствии с таблицей 38.

Этап испытаний Р11.1 или Р11.2 должны быть указаны для выполнения в технической документации (образцы типов В1 или В2, С или D, в зависимости от требований).

Таблица 38 — Группа испытаний Р11. Климатические испытания

Фаза испытания	Обозначение стандарта	Испытание	Название испытания	Структурный элемент настоящего стандарта	Тип образца
Р11.1	*ГОСТ 28381*	2a	Сопротивление (измерение в милливольтах)	7.5.1/7.5.2	B, C, D
Р11.2		2b	Сопротивление наконечника (при 1 А на мм^2 номинального сечения)		
Р11.3		11d	Быстрое изменение температуры	8.2	
Р11.4		11a	Последовательность изменения климата	8.6	
Р11.5		11i	Сухой нагрев	8.3	
Р11.6		11m	Влажный нагрев, 1 цикл	8.5	
Р11.7		11j	Холод	8.4	
Р11.8		11m	Влажный нагрев, 5 циклов	8.5	
Р11.9		2a	Сопротивление (измерение в милливольтах)	7.5.1/7.5.2	
Р11.10		2b	Сопротивление наконечника (при 1 А на мм^2 номинального сечения)		

Этапы испытаний Р11.9 или Р11.10 должны быть указаны для выполнения в технической документации (образцы типов В1 или В2, С или D, в зависимости от требований).

11 Дополнительно применяемые группы испытаний (при необходимости)

11.1 Испытание сухим теплом и защита от напряжения

Испытания проводят в соответствии с таблицей 39.

Количество испытываемых образцов — 10 шт. каждого типа.

Таблица 39 — Группа испытаний P9. Защита от напряжения

Фаза испытания	Обозначение стандарта	Испытание	Название испытания	Структурный элемент настоящего стандарта	Тип образца
P9.1	*ГОСТ 28381*	2a	Сопротивление (измерение в милливольтах)	7.5.1/7.5.2	B, C, D
P9.2		2b	Сопротивление наконечника (при 1 А на мм^2 номинального сечения)		
P9.3		11i	Сухой нагрев	8.3	
P9.4		4a	Защита от напряжения	7.5.5	
P9.5		2a	Сопротивление (измерение в милливольтах)	7.5.1/7.5.2	
P9.6		2b	Сопротивление наконечника (при 1 А на мм^2 номинального сечения)		

Фазы испытаний P9.1/P9.5 или P9.2/P9.6 должны быть указаны для выполнения в технической документации (образцы типов B1 или B2, C или D, в зависимости от требований).

11.2 Коррозия

Испытания и измерения в соответствии с 8.7 и таблицей 40.

Количество испытываемых образцов — 10 шт. каждого типа.

Таблица 40 — Группа испытаний P12. Коррозия

Фаза испытания	Обозначение стандарта	Испытание	Название испытания	Структурный элемент настоящего стандарта	Тип образца
P12.1	*ГОСТ 28381*	2a	Сопротивление (измерение в милливольтах)	7.5.1/7.5.2	B, C, D
P12.2		2b	Сопротивление наконечника (при 1 А на мм^2 номинального сечения)		
P12.3		11g	Течение смешанного газа, метод 1	8.7	
P12.5		2a	Сопротивление (измерение в милливольтах)	7.5.1/7.5.2	
P12.6		2b	Сопротивление наконечника (при 1 А на мм^2 номинального сечения)		

Группа испытаний P12, если это указано в технической документации на изделие.

Фазы испытаний P12.1/P12.5 или P12.2/P12.6 должны быть указаны для выполнения в технической документации (образцы типов B1 или B2, C или D, в зависимости от требований).

12 Технологические карты

Рисунки 57—60 описывают технологические карты для программ испытаний A, B и C.

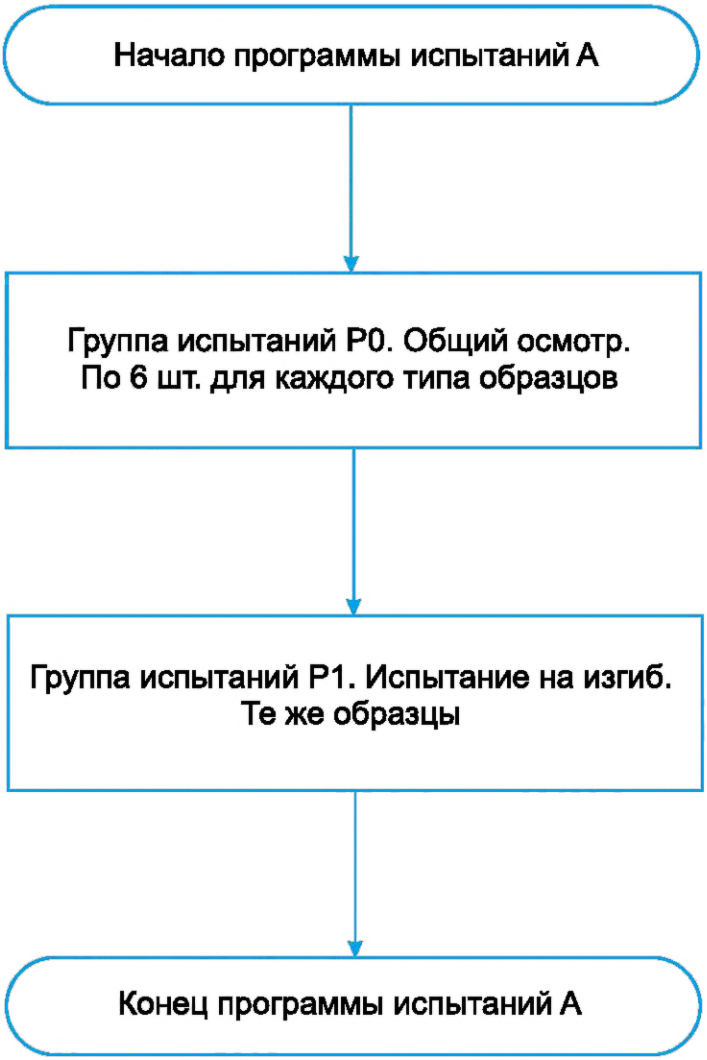


Рисунок 57 — Программа испытаний А

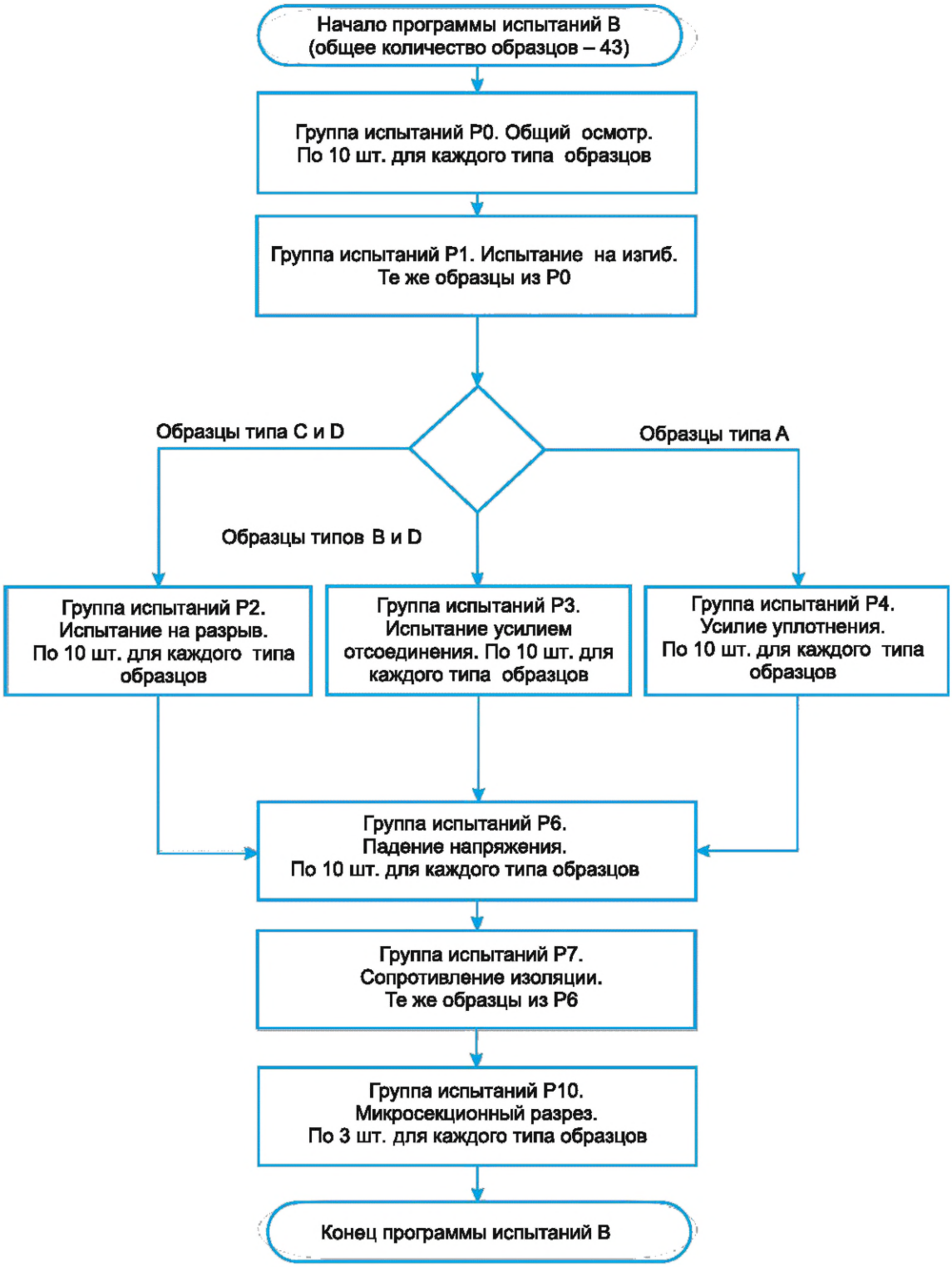


Рисунок 58 — Программа испытаний B

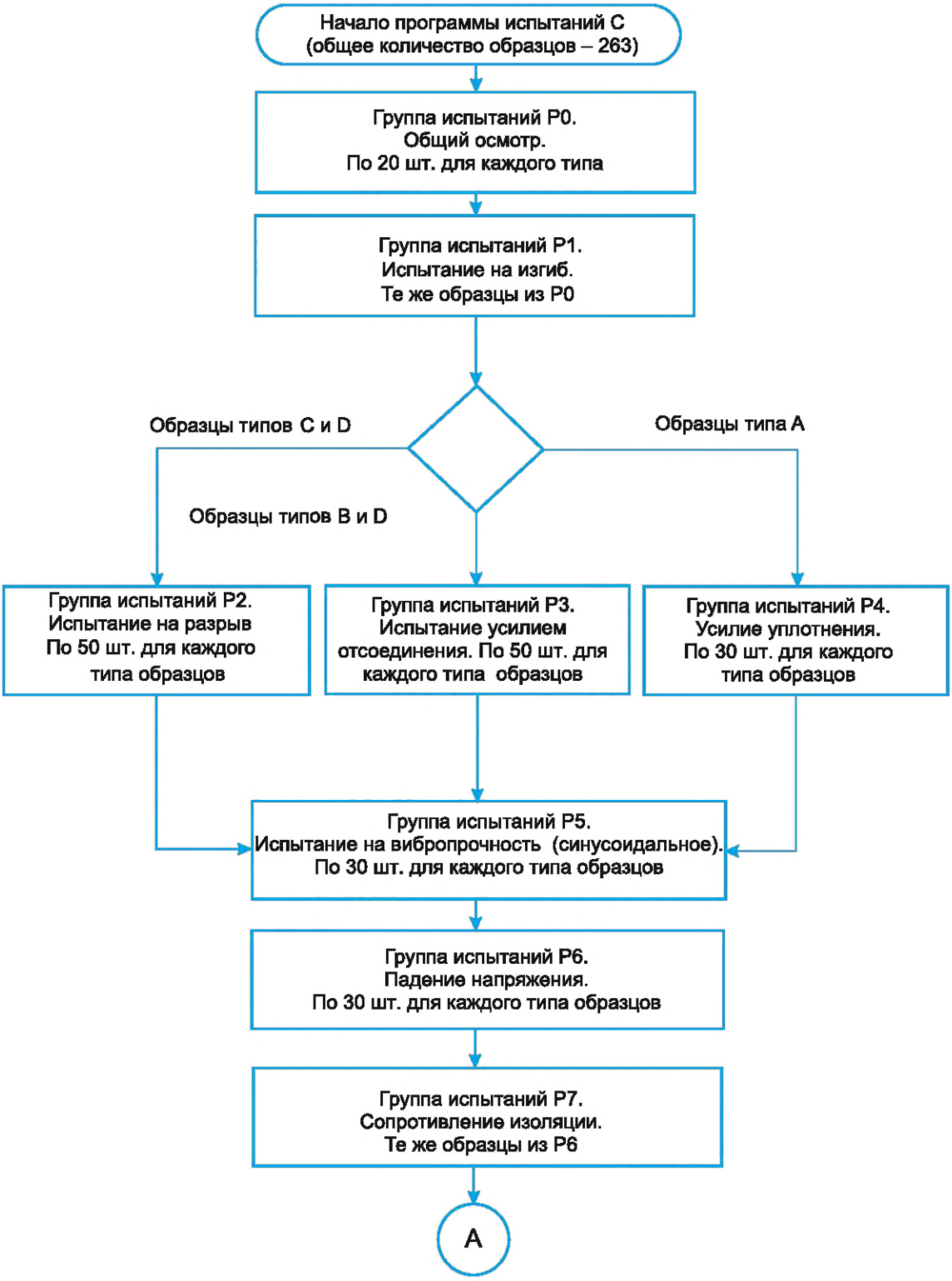


Рисунок 59 — Программа испытаний C, часть 1

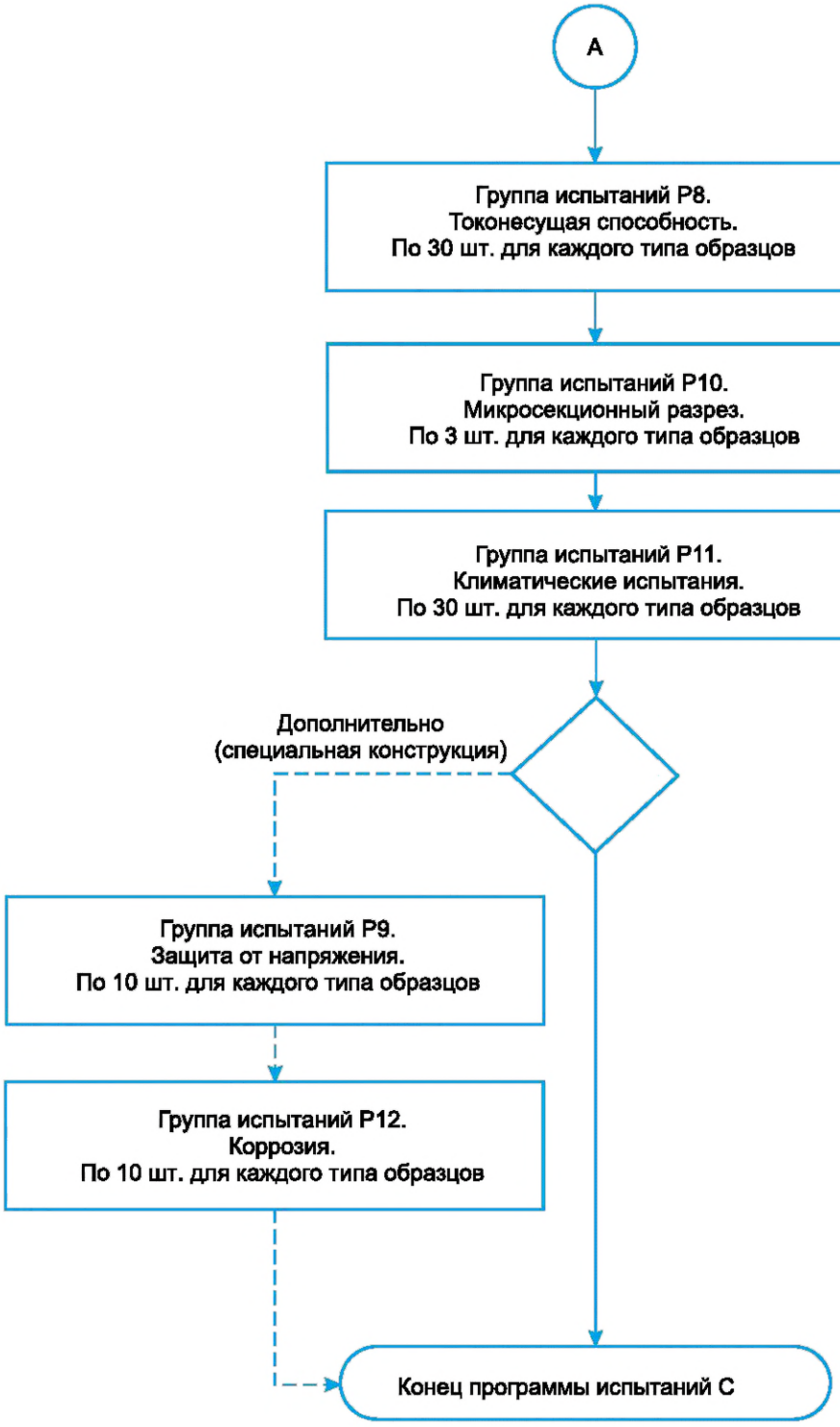


Рисунок 60 — Программа испытаний С, часть 2

Приложение А
(справочное)

Практическое руководство

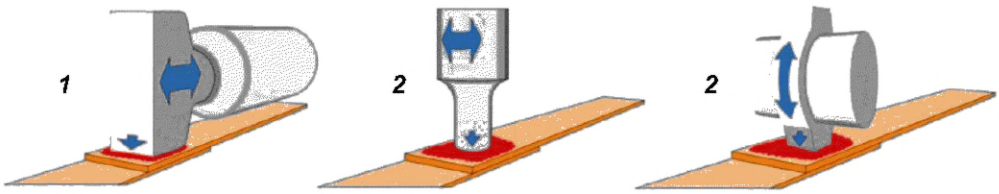
А.1 Система сварки ультразвуком

Ультразвуковая сварка металлов — это процесс, в котором используются механические колебания с небольшой амплитудой и частотой в ультразвуковом диапазоне, а также статическое давление для соединения материалов при температурах ниже их точки плавления. В результате этого процесса возникают упругомеханические колебания с частотой от 15 до 35 кГц. Ультразвуковую сварку используют для соединения металлов, стекла и других материалов с помощью ультразвука, что позволяет создать прочное соединение и металлургически чистое соединение с исключительными физическими свойствами без термической нагрузки на компоненты. Типичные области применения: высоковольтные соединения токопроводящих жил, сборные шины, разъемы аккумуляторных батарей, соединительные клеммы, штекерные контакты и сваривание многопроволочных токопроводящих жил. Система для ультразвуковой сварки включает в себя ультразвуковой генератор, преобразователь, сонотрод и соответствующие электрические и механические компоненты. Существует два вида ультразвуковых сварочных процессов, которые могут быть использованы: продольная сварка с использованием продольных волн и сварка на кручение с использованием поперечных волн по двум различным осям мощностью от 500 Вт до 13 кВт.

На рисунке А.1 показаны примеры двух видов ультразвуковой сварки:

1) продольная сварка — с использованием продольных волн.

2) сварка на кручение — с использованием поперечных волн по двум разным осям.



1 — продольная; *2* — сварка на кручение

Рисунок А.1 — Ультразвуковая сварка

Системы ультразвуковой сварки обеспечивают регулируемую скорость трения до 2,0 м/с и регулируемое контактное давление до 30 Н/мм^2. Машина ультразвуковой сварки задает давление для пневмоцилиндра, который перемещает сонотрод, в результате чего он прижимается к металлу сварного шва с усилием, обычно составляющим до 8000 Н. Величина контактного давления зависит от размера области на раструбе сонотрода, а на дисплее системы управления станка можно увидеть кривую изменения усилия с течением времени после завершения сварки.

Для ультразвуковой сварки необходимо учитывать несколько ключевых параметров, таких как амплитуда движения инструмента (сонотрода), контактное давление между сонотродом и наковальней (опорой), передаваемая энергия (электрическая энергия от генератора в Вт·с) и траектория (относительная и абсолютная). Два основных режима сварки, энергетический и управляемый по траектории, влияют на то, какие параметры необходимы для сварки и какие результаты будут получены. Кроме того, при настройке станка с новым сонотродом необходимо измерить амплитуду его колебаний для обеспечения точности.

А.2 Условия хранения и обработки

Защита провода от сваривания должна быть снята непосредственно перед обработкой, а наконечники необходимо хранить, и транспортировать проволоку следует на катушке в защитной упаковке. Перед сваркой важно учитывать возраст проводов, а также факторы окружающей среды, такие как температура и ограничения по сроку хранения. Высокие температуры и более длительный срок хранения могут снизить свариваемость.

Примечание — Более подробная информация приведена в *[3]*, 5.2.

При обработке и хранении изделий важно соблюдать требования *ГОСТ Р 51801* к условиям окружающей среды. Необходимо дать время наконечникам и проводам для адаптации к окружающей среде, убедиться, что на поверхностях нет конденсата. Температура изделий не должна отличаться более чем на 5 К от температуры рабочей среды и должна быть выше 5 °С. Не следует прикасаться к месту сварки наконечника или зачищенных токопроводящих жил, а также во избежание образования заусенцев или острых кромок при отрезании токонесущей жилы необходимо следить за тем, чтобы избежать образования заусенцев. Если избежать этого не удается, необходимо следить, чтобы во время или после сварки не были повреждены жилы.

А.3 Технология обработки

А.3.1 Общие требования к технологическому инструменту

Все сварочные процессы должны выполняться и контролироваться в соответствии с инструкциями изготовителя. Используемая технология должна обеспечивать стабильные и надежные результаты сварки в течение всего срока службы. Кроме того, соседние станки или технологические процессы не должны иметь негативного влияния на результаты сварки, например скачки напряжения или силиконовые брызги для смазки.

А.3.2 Контроль

Изготовитель жгутов несет ответственность за то, чтобы сварочная технология и инструменты, используемые в производственных и подготовительных зонах, соответствовали требованиям, регулярно контролировались и содержались в чистоте. Для инструментов, требующих калибровки или регулировки, следует разработать подробные инструкции по работе и планы технического обслуживания. Также следует документировать отчеты о калибровке и функциональных испытаниях. Необходима объективная документация, подтверждающая надежность при замене инструментов. Процесс сварки должен быть интегрирован в ультразвуковую систему, которая непрерывно контролирует все необходимые параметры для выявления ошибок, исключая возможность отключения оператором. Неисправные детали должны быть отсортированы, а перегрев инструмента можно предотвратить с помощью ограничения времени цикла или дополнительных методов охлаждения. Наконец, входящий контроль партий материала на свариваемость является необходимым условием эффективного контроля технологического процесса.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных национальных и межгосударственных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного национального, межгосударственного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта
ГОСТ 9.302—88 (ИСО 1463—82, ИСО 2064—80, ИСО 2106—82, ИСО 2128—76, ИСО 2177—85, ИСО 2178—82, ИСО 2360—82, ИСО 2361—82, ИСО 2819—80, ИСО 3497—76, ИСО 3543—81, ИСО 3613—80, ИСО 3882—86, ИСО 3892—80, ИСО 4516—80, ИСО 4518—80, ИСО 4522-1—85, ИСО 4522-2—85, ИСО 4524-1—85, ИСО 4524-3—85, ИСО 4524-5—85, ИСО 8401—86)	NEQ	ISO 1463:1982 «Покрытия металлические и окисные. Измерение толщины покрытия. Микроскопический метод»
		ISO 2064:1980 «Покрытия металлические и другие неорганические покрытия. Определения и понятия, относящиеся к измерению толщины»
		ISO 2106:1982 «Анодирование алюминия и алюминиевых сплавов. Определение массы анодированных окисных покрытий на единицу площади (поверхностной плотности). Гравиметрический метод»
		ISO 2128:1976 «Анодирование алюминия и алюминиевых сплавов. Определение толщины окисной пленки. Неразрушающий контроль с использованием оптического микроскопа»
		ISO 2177:1985 «Покрытия металлические. Измерение толщины покрытия. Кулонометрический метод с применением анодного растворения»
		ISO 2178:1982 «Покрытия немагнитные на магнитных подложках. Измерение толщины покрытия. Магнитный метод»
		ISO 2360:1982 «Покрытия неэлектропроводные на немагнитных основных металлах. Измерение толщины покрытия. Метод вихревых токов»
		ISO 2361:1982 «Покрытия никелевые электролитические на магнитных и немагнитных поверхностях. Измерение толщины покрытия. Магнитный метод»
		ISO 2819:1980 «Покрытия металлические на металлических поверхностях. Покрытия электрическим и химическим осаждением. Обзор имеющихся методов испытания адгезии»
		ISO 3497:1976 «Покрытия металлические. Измерение толщины покрытия. Спектрометрические рентгеновские методы»
		ISO 3543:1981 «Покрытия металлические и неметаллические. Измерение толщины покрытия. Метод отраженных бета-лучей»
		ISO 3613:1980 «Покрытия хроматные конверсионные по цинку и кадмию. Методы испытаний»
		ISO 3882:1986 «Покрытия металлические и другие неорганические покрытия. Обзор толщины методов измерения толщины»
		ISO 3892:1980 «Покрытия конверсионные по металлическим материалам. Определение массы покрытия на единицу площади. Гравиметрический метод»
		ISO 4516:1980 «Покрытия металлические и аналогичные покрытия. Определение микротвердости по Виккерсу и Кнупу»

Продолжение таблицы ДА.1

Обозначение ссылочного национального, межгосударственного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта
		ISO 4518:1980 «Покрытия металлические. Измерение толщины покрытия. Профилометрический метод»
		ISO 4522-1:1985 «Покрытия металлические. Методы испытания электроосажденных покрытий серебром и сплавами серебра. Часть 1. Определение толщины покрытия»
		ISO 4522-2:1985 «Покрытия металлические. Методы испытаний электроосажденных покрытий серебром и сплавами серебра. Часть 2. Испытания на прочность сцепления»
		ISO 4524-1:1985 «Покрытия металлические. Методы испытаний электролитических покрытий золотом и сплавами золота. Часть 1. Определение толщины покрытия»
		ISO 4524-3:1985 «Покрытия металические. Методы испытаний электролитических покрытий золотом и сплавами золота. Часть 3. Электрографические испытания на пористость»
		ISO 4524-5:1985 «Покрытия металлические. Методы испытаний электролитических покрытий золотом и сплавами золота. Часть 5. Испытания на адгезию»
		ISO 8401:1986 «Покрытия металлические. Методы измерения пластичности»
ГОСТ 22483—2021 (IEC 60228:2004)	MOD	IEC 60228:2004 «Проводники изолированных кабелей»
ГОСТ 28203—89 (МЭК 68-2-6—82)	MOD	IEC 60068-2-6:1982 «Основные методы испытания на воздействие внешних факторов. Часть 2. Испытания. Испытание FC и руководство. Вибрация (синусоидальная)»
ГОСТ 28216—89 (МЭК 68-2-30—82)	MOD	IEC 60068-2-30:1982 «Испытания на воздействия внешних факторов. Часть 2. Испытания. Испытание Db и руководство: Влажное тепло, циклическое (12 + 12-часовой цикл). Изменение 1»
ГОСТ 28381—89 (МЭК 512-1—84, МЭК 512-2—85, МЭК 512-3—76, МЭК 512-4—76, МЭК 512-5—77, МЭК 512-6—84, МЭК 512-7—78, МЭК 512-8—84, МЭК 512-9—77)	MOD	IEC 60512-1:1984 «Электромеханические компоненты для электронной аппаратуры, основные методики испытания и методы измерения. Часть 1. Общие положения»
		IEC 60512-2:1985 «Компоненты электромеханические для электронной аппаратуры. Основные методы испытаний и измерений. Часть 2. Общий осмотр, испытания на непрерывность электрической цепи и контактное сопротивление, испытания на сопротивление изоляции и электрическую прочность»
		IEC 60512-3:1976 «Компоненты электромеханические для электронной аппаратуры. Основные методы испытаний и измерений. Часть 3. Испытания на допустимую токовую нагрузку»
		IEC 60512-4:1976 «Компоненты электромеханические для электронной аппаратуры. Основные методы испытаний и измерений. Часть 4. Испытание на воздействие динамических нагрузок

Окончание таблицы ДА.1

Обозначение ссылочного национального, межгосударственного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта
		IEC 60512-5:1977 «Компоненты электромеханические для электронной аппаратуры. Основные методы испытаний и измерений. Часть 5. Испытаний на удар (незакрепленные компоненты), на воздействие статической нагрузки (закрепленные компоненты), испытания на износостойкость и на воздействие перегрузок»
		IEC 60512-6:1984 «Компоненты электромеханические для электронной аппаратуры. Основные методы испытаний и измерений. Часть 6. Климатические испытания и проверка места спая»
		IEC 60512-7:1978 «Компоненты электромеханические для электронной аппаратуры. Основные методы испытаний и измерений. Часть 7. Испытания на механическую работоспособность и на герметичность»
		IEC 60512-8:1984 «Компоненты электромеханические для электронной аппаратуры. Основные методы испытаний и измерений. Часть 8. Механические испытания соединителей, контактов и выводов»
		IEC 60512-9:1977 «Компоненты электромеханические для электронной аппаратуры. Основные методы испытаний и измерений. Часть 9. Различные испытания»
ГОСТ 30630.2.1—2013	NEQ	IEC 60068-2-1:2007 «Испытания на воздействия внешних факторов. Часть 2-1. Испытания. Испытания А: Холод»
		IEC 60068-2-2:2007 «Испытания на воздействие внешних факторов. Часть 2. Испытания. Испытание В: Сухое тепло»
		IEC 60068-2-14:2009 «Испытания на воздействие внешних факторов. Часть 2-14. Испытания. Испытание N. Изменение температуры»
		IEC 60068-3-1:1974 «Испытания на воздействие внешних факторов. Часть 3. Дополнительная информация. Раздел 1. Испытание на холод и сухое тепло»
ГОСТ 31602.1—2012 (IEC 60999-1:1999)	MOD	IEC 60999-1:1999 «Устройства соединительные. Медные электропровода. Требования безопасности к винтовым и безвинтовым зажимам. Часть 1. Общие и частные требования к зажимам для проводов сечением от 0,2 мм^2 до 35 мм^2 (включительно)»
ГОСТ IEC 60050-581	IDT	IEC 60050-581:2008 «Международный электротехнический словарь. Часть 581. Электромеханические компоненты для электронного оборудования»
ГОСТ Р МЭК 60068-2-30—2009	IDT	IEC 60068-2-30:2005 «Испытания на воздействия внешних факторов. Часть 2. Испытания. Испытание Db и руководство. Влажное тепло, циклическое (12+12 — часовой цикл)»

Примечание — В настоящей таблице использованы следующие условные обозначения степени соответствия стандартов:

- IDT — идентичные стандарты;
- MOD — модифицированные стандарты;
- NEQ — неэквивалентные стандарты.

Библиография

[1]	IEC 60947-1:2020	Low-voltage switchgear and controlgear — Part 1: General rules (Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 1. Общие правила)
[2]	IEC 60068-2-60:2015	Environmental testing — Part 2-60: Tests — Test Ke: Flowing mixed gas corrosion test (Испытания на воздействие внешних факторов. Часть 2-60. Испытания. Испытание Ке. Испытание на коррозию в среде текущей газовой смеси)
[3]	ZVEI-TLF 0100:2019	Technical Guideline — Application notes for Automotive Cables (Техническое руководство. Указания по применению автомобильных кабелей)

УДК 621.315.682:006.354 ОКС 29.120.20

Ключевые слова: непаяные соединения, соединения без пайки, ультразвуковая сварка, сваривания, наконечники, одностороннее сваривание, двустороннее сваривание

Редактор *Е.Ю. Митрофанова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *С.И. Фирсова*
Компьютерная верстка *М.В. Малеевой*

Сдано в набор 29.10.2025. Подписано в печать 14.11.2025. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 6,98. Уч.-изд. л. 5,79.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

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

gost.e-ecolog.ru