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

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ IEC 61340-2-3— 2023

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

Методы определения сопротивления и удельного сопротивления твердых материалов, используемых для предотвращения накопления электростатического заряда

(IEC 61340-2-3:2016, Electrostatics — Part 2-3: Methods of test for determining the resistance and resistivity of solid materials used to avoid electrostatic charge accumulation, IDT)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2023

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

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

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Акционерным обществом «Научно-производственная фирма «Диполь» (АО «НПФ Диполь») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 5

2 ВНЕСЕН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 31 марта 2023 г. № 160-П)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Армения	AM	ЗАО «Национальный орган по стандартизации и метрологии» Республики Армения
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Россия	RU	Росстандарт
Узбекистан	UZ	Узстандарт

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 мая 2023 г. № 298-ст межгосударственный стандарт ГОСТ IEC 61340-2-3—2023 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июля 2023 г.

5 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту IEC 61340-2-3:2016 «Электростатика. Часть 2-3. Методы определения сопротивления и удельного сопротивления твердых материалов, используемых для предотвращения накопления электростатического заряда» («Electrostatics — Part 2-3: Methods of test for determining the resistance and resistivity of solid materials used to avoid electrostatic charge accumulation», IDT).

Международный стандарт разработан Техническим комитетом по стандартизации IEC/TC 101 «Электростатика» Международной электротехнической комиссии (IEC).

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ 1.5 (подраздел 3.6).

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

Дополнительные сноски в тексте стандарта, выделенные курсивом, приведены для пояснения текста оригинала

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация о введении в действие (прекращении действия) настоящего стандарта и изменений к нему на территории указанных выше государств публикуется в указателях национальных стандартов, издаваемых в этих государствах, а также в сети Интернет на сайтах соответствующих национальных органов по стандартизации.

В случае пересмотра, изменения или отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована на официальном интернет-сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации в каталоге «Межгосударственные стандарты»

© IEC, 2016
© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2023



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

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 2
4 Внешние условия для выдержки и испытаний образцов 2
5 Выбор метода испытаний 3
6 Измерение сопротивления твердых проводящих материалов 3
7 Измерение сопротивления твердых изоляционных материалов 3
8 Измерение сопротивления твердых электростатически рассеивающих материалов (используемых для предотвращения накопления электростатического заряда) 4
9 Определение удельного сопротивления 9
10 Измерение сопротивления для неплоских материалов или изделий малых размеров 10
11 Повторяемость и воспроизводимость результатов 13
12 Протокол испытаний 14
Приложение А (обязательное) Проверка системы 15
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам 18

Введение

Измерение сопротивления и связанные с ним расчеты удельного сопротивления относятся к основным объектам измерения в электротехнике наряду с измерением напряжения и тока.

Удельное сопротивление является электрической характеристикой, которая имеет широчайший диапазон значений, охватывающий тридцатикратное изменение величин от проводящих металлов до практически абсолютных изоляторов.

В основе измерений сопротивления лежит закон Ома для постоянного тока или мгновенных значений переменного тока в электронных проводниках (металлы, углепластики и т.д.). Значения сопротивления, измеренные при переменном токе, могут быть подвержены влиянию емкостного/индуктивного сопротивления, зависящего от частоты тока. Поэтому существующие национальные и международные стандарты, касающиеся измерений сопротивления твердых материалов, требуют проведения измерений при постоянном токе.

Большинство неметаллических материалов, таких как пластмассы, классифицируются как полимеры и ионные проводники. Перенос зарядов может зависеть от приложенной напряженности электрического поля во время проведения измерений. Дополнительно к измерительному току имеет место зарядный ток, который поляризует и/или электростатически заряжает материал, о чем свидетельствует асимптотическое затухание измеряемого тока со временем, вызывающее кажущееся изменение сопротивления. Если этот эффект наблюдается, то будет целесообразно повторить измерение сразу же по истечении определенного времени электрификации, используя обратную полярность для измерительного тока и усредняя оба полученных значения.

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

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

Методы определения сопротивления и удельного сопротивления твердых материалов, используемых для предотвращения накопления электростатического заряда

Electrostatics. Methods of test for determining the resistance and resistivity of solid materials used to avoid electrostatic charge accumulation

Дата введения — 2023—07—01

1 Область применения

Настоящий стандарт описывает методы измерения для определения электрического сопротивления и удельного электрического сопротивления для твердых материалов, используемых для предотвращения накопления электростатического заряда, измеренное сопротивление которых находится в диапазоне от 10^4 до 10^{12} Ом.

В тексте учитываются существующие стандарты IEC/ISO и другая опубликованная информация, даны рекомендации и руководства по соответствующим методам измерений.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты [для датированных ссылок применяют только указанное издание ссылочного стандарта, для недатированных — последнее издание (включая все изменения)]:

IEC 62631-3-1, Dielectric and resistive properties of solid insulating materials — Part 3-1: Determination of resistive properties (DC methods) — Volume resistance and volume resistivity — General method [Материалы изоляционные твердые. Диэлектрические и резистивные свойства. Часть 3-1. Определение резистивных свойств (методы постоянного тока). Объемное сопротивление и объемное удельное сопротивление. Общий метод]

IEC 62631-3-2, Dielectric and resistive properties of solid insulating materials — Part 3-2: Determination of resistive properties (DC methods) — Surface resistance and surface resistivity [Материалы изоляционные твердые. Диэлектрические и резистивные свойства. Часть 3-2. Определение резистивных свойств (методы постоянного тока). Поверхностное сопротивление и поверхностное удельное сопротивление]

IEC 62631-3-3, Dielectric and resistive properties of solid insulating materials — Part 3-3: Determination of resistive properties (DC methods) — Insulation resistance [Материалы изоляционные твердые. Диэлектрические и резистивные свойства. Часть 3-3. Определение резистивных свойств (методы постоянного тока). Сопротивление изоляции]

ISO 1853, Conducting and dissipative rubbers, vulcanized or thermoplastic — Measurement of resistivity (Резины и термоэластопласты, токопроводящие и токорассеивающие. Измерение удельного сопротивления)

ISO 2951, Rubber, vulcanized rubber — Determination of insulation resistance (Каучук вулканизованный или термопластичный. Определение изоляционной прочности)

ISO 3915, Plastics Measurement of resistivity of conductive plastics (Пластмассы. Измерение удельного сопротивления токопроводящих пластмасс)

ISO 7619-1, Rubber, vulcanized or thermoplastic — Determination of indentation hardness — Part 1: Durometer method (Shore hardness) [Каучук вулканизированный или термопластичный. Определение твердости вдавливанием. Часть 1. Метод с применением дюрометра (твердость по Шору)]

Издание официальное

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **электрод** (electrode): Проводник определенной формы, размера и структуры, обеспечивающий контакт с испытываемым образцом.

3.2 **сопротивление *R*** (resistance): Отношение постоянного напряжения (В), приложенного к двум точкам, к значению тока (А), установившегося между двумя точками.

Примечание 1 — Сопротивление выражается в Ом.

3.3 **сопротивление относительно земли R_g** (resistance to ground): Сопротивление, измеренное между электродом, расположенным на поверхности испытуемого образца и используемой линией заземления.

Примечание 1 — Сопротивление относительно земли выражается в Ом.

3.4 **сопротивление относительно точки заземления R_{gp}** (resistance to groundable point): Сопротивление, измеренное между электродом, расположенным на поверхности испытуемого образца и точкой заземления, вмонтированной в образец.

Примечание 1 — Сопротивление относительно точки заземления выражается в Ом.

3.5 **сопротивление «от точки до точки» $R_{p\text{-}p}$** (point-to-point resistance): Сопротивление, измеренное между двумя электродами, расположенными на определенном расстоянии друг от друга на одной поверхности испытуемого образца.

Примечание 1 — Сопротивление «от точки до точки» выражается в Ом.

3.6 **поверхностное сопротивление R_s** (surface resistance): Сопротивление, измеренное между центральным диском и окружающим концентрическим кольцом электрода, расположенного на поверхности испытуемого образца.

Примечание 1 — Поверхностное сопротивление выражается в Ом.

3.7 **удельное поверхностное сопротивление ρ_s** (surface resistivity): Сопротивление, эквивалентное поверхностному сопротивлению квадратной области между двумя электродами, расположенными на противоположных сторонах этого квадрата.

Примечание 1 — В международной системе единиц (СИ) единицей измерения удельного поверхностного сопротивления иногда принимают Ом/кв (Ом на квадрат), чтобы отличать значения удельного сопротивления от значений обычного сопротивления. Однако, использование единиц Ом/кв не рекомендуется, так как может обозначать сопротивление для единицы площади, что не является корректным.

3.8 **объемное сопротивление R_v** (volume resistance): Сопротивление, измеренное между двумя электродами, расположенными на противоположных поверхностях испытуемого образца.

Примечание 1 — Объемное сопротивление выражается в Ом.

3.9 **удельное объемное сопротивление ρ_v** (volume resistivity): Отношение напряженности поля постоянного тока (В/м) к плотности установившегося тока (А/м^2) в материале, которое равно объемному сопротивлению куба образца материала со стороной, равной единице длины.

Примечание 1 — На практике удельное объемное сопротивление эквивалентно объемному сопротивлению образца материала в форме куба со стороной, длина которой равна единице, измеренному между электродами, расположенными на двух противоположных поверхностях куба.

Примечание 2 — Объемное удельное сопротивление не является необходимой характеристикой для электрически неоднородных материалов.

Примечание 3 — Объемное удельное сопротивление выражается в Ом · м.

4 Внешние условия для выдержки и испытаний образцов

Свойства электростатических материалов зависят от условий окружающей среды, таких как относительная влажность и температура.

По этой причине измерения следует проводить в установленных контролируемых условиях окружающей среды. Соответствующие условия для испытаний выбирают в зависимости от типа материала (технических характеристик) и условий его применения, основываясь на самых экстремальных условиях, которые могут возникнуть во время использования (например, очень низкая или очень высокая влажность).

Если не оговорено иное, условия окружающей среды при выдержке и испытаниях должны соответствовать температуре (23 ± 2) °С и относительной влажности (12 ± 3) %, время выдержки образцов перед испытаниями должно быть не менее 24 часов.

Если при испытаниях необходимо установить, что измеренное сопротивление не ниже установленного минимального значения, то следует провести испытания при повышенной влажности. Если не оговорено иное, условия окружающей среды во время выдержки и испытаний при повышенной влажности должны соответствовать температуре (23 ± 2) °С и относительной влажности (60 ± 10) %. Время выдержки образцов перед испытаниями должно быть не менее 24 часов.

Как правило, образцы подвергают выдержке и испытаниям в одинаковых условиях окружающей среды, если не установлено иное. Однако для уменьшения эффектов коробления, появляющегося после процесса отливки для некоторых пластиковых материалов или при сушке перед испытаниями, может потребоваться предварительная выдержка. Предварительную выдержку осуществляют в условиях, отличных от условий испытаний.

Подходящими средствами испытаний являются сушильные печи или климатические камеры, в предпочтительном варианте оснащенные системой принудительной циркуляции воздуха.

5 Выбор метода испытаний

При выборе метода испытаний для плоских материалов используют следующую последовательность действий:

а) если диапазон электрического сопротивления испытуемого материала известен, то применяют соответствующие разделы (разделы 6, 7, 8 или 10), где приведены соответствующие стандарты или описаны методы измерений;

б) для материала с неизвестным удельным сопротивлением измерения начинают с применения методов испытаний проводящих материалов, приведенных в разделе 6.

Если проведение измерений невозможно или полученные результаты выходят за рамки допустимого диапазона, приведенного в соответствующем методе испытаний, результаты измерений признают несоответствующими и их не принимают во внимание. В этом случае измерения повторяют в соответствии с разделом 8 или разделом 10 для электростатически рассеивающих материалов. Если описанная выше ситуация повторяется, то измерения повторяют в соответствии с разделом 7 для изоляционных материалов.

Для неплоских материалов или для изделий, чья форма слишком мала для использования электрода, приведенного в 8.2, следует использовать метод испытаний, приведенный в разделе 10.

Если результат измерений, полученный по методу раздела 10, менее 10^4 Ом или более 10^{12} Ом, и форма или размеры испытуемого изделия не позволяют проводить измерения в соответствии с разделом 6 или разделом 7, результаты испытаний следует записать как “менее 10^4 Ом” или “более 10^{12} Ом”.

6 Измерение сопротивления твердых проводящих материалов

Измерение сопротивления твердых проводящих материалов проводят в соответствии с ISO 3915 для пластика или ISO 1853 для резины. Если измеренное значение сопротивления больше или равно 10^4 Ом, используют методы, описанные в разделах 7, 8 или 10.

7 Измерение сопротивления твердых изоляционных материалов

Измерение сопротивления твердых изоляционных материалов проводят в соответствии с IEC 62631-3-1, IEC 62631-3-2 или IEC 62631-3-3 для пластика, или ISO 2951 для резины.

8 Измерение сопротивления твердых электростатически рассеивающих материалов (используемых для предотвращения накопления электростатического заряда)

8.1 Измерительное оборудование для проведения испытаний

8.1.1 Общие положения

Используемое оборудование может представлять собой совокупность источника питания постоянного тока и амперметра либо один прибор (омметр). При использовании измерительного оборудования необходимо соблюдать обязательные требования безопасности.

8.1.2 Измерительное оборудование для лабораторного подтверждения характеристик образцов

Выходное напряжение под нагрузкой должно составлять (100 ± 5) В при измерении значений сопротивления $1 \cdot 10^6$ Ом и более и (10,0 ± 0,5) В для значений сопротивления менее $1 \cdot 10^6$ Ом.

Если используется омметр, его рабочий диапазон должен быть от $1 \cdot 10^3$ до $1 \cdot 10^{13}$ Ом и погрешность измерений не более ±10 %.

Если используется источник питания постоянного тока и амперметр, рабочий диапазон амперметра должен быть от 10 пА до 10 мА. Суммарная погрешность измерений источника и амперметра должна составлять не более ±10 %.

8.1.3 Измерительное оборудование для приемочных испытаний

Для приемочных испытаний используется измерительное оборудование для лабораторного подтверждения характеристик или оборудование, отвечающее следующим требованиям.

Выходное напряжение без нагрузки должно составлять (100 ± 5) В при измерениях значений сопротивления $1 \cdot 10^6$ Ом и более, и (10,0 ± 0,5) В для значений сопротивления менее $1 \cdot 10^6$ Ом.

Если используется омметр, его рабочий диапазон должен быть от $1 \cdot 10^3$ Ом до $1 \cdot 10^{13}$ Ом и погрешность измерений не более ±20 %.

Если используется источник питания постоянного тока и амперметр, рабочий диапазон амперметра должен быть от 10 пА до 10 мА с погрешностью измерений не более ±20 %.

При возникновении спорных ситуаций следует использовать оборудование для лабораторного подтверждения характеристик образцов.

8.1.4 Оборудование для проверки соответствия (периодических испытаний)

Для проверок соответствия используется измерительное оборудование для лабораторных или приемочных испытаний, или оборудование, отвечающее следующим требованиям.

Оборудование для проверок соответствия должно иметь рабочий диапазон на один порядок выше и на один порядок ниже предполагаемого диапазона измерений. Требования к выходному напряжению оборудования для проверок соответствия могут отличаться от требований к лабораторному или приемочному оборудованию и могут устанавливаться с нагрузкой или без нее. Измерительное оборудование следует проверить на соответствие требованиям к оборудованию для лабораторных или приемочных испытаний, чтобы убедиться в наличии корреляции между результатами измерений.

При возникновении спорных ситуаций следует использовать оборудование для приемочных испытаний или лабораторного подтверждения характеристик образцов.

8.2 Конструкция электродов

8.2.1 Общие положения

Электроды должны состоять из материала, который обеспечивает плотный контакт с поверхностью испытуемого образца и не вносит искажений в результаты измерений из-за сопротивления самого электрода или загрязнения поверхности испытуемого образца. Материал электрода должен быть устойчив к коррозии в условиях испытаний и не вступать в химическую реакцию с испытуемым материалом.

Для проведения испытаний рекомендуется использовать электроды, конструкция которых приведена ниже, но можно использовать другие конструкции, соответствующие требованиям национальных и международных стандартов, если это необходимо. Для определения объемного сопротивления электростатически рассеивающих материалов особенно важно использовать кольцевые электроды, имеющие достаточное пространство между центральным (измерительным) и кольцевым (защитным) контактами электрода для минимизации блуждающих паразитных токов. Рекомендуется, чтобы промежуток *g* был не менее 10 мм (см. рисунок 7). При возникновении спорных ситуаций следует использовать электроды, описанные в настоящем стандарте.

8.2.2 Электрод для измерения поверхностного сопротивления

Конструкция электрода (датчик 1) представляет собой центральный диск, окруженный концентрическим кольцом из проводящего материала, который обеспечивает контакт с испытуемым материалом (см. рисунок 1). Общая масса электрода должна быть (2,5 ± 0,25) кг.

Контактная поверхность электрода должна иметь объемное сопротивление менее 10^3 Ом при ее испытании на нержавеющей металлической пластине (не алюминиевой), используемой в качестве противоэлектрода при приложении испытательного напряжения (10,0 ± 0,5) В, и иметь твердость по Шору-А в диапазоне от 50 до 70, определенную в соответствии с ISO 7619-1.

Изоляционные материалы, используемые в конструкции электрода, должны иметь объемное и/или поверхностное сопротивление более 10^{13} Ом, испытанные по IEC 62631-3-1 и/или IEC 62631-3-2 соответственно.

Испытуемый материал следует поместить на изолирующую подложку, приведенную в 8.2.5.

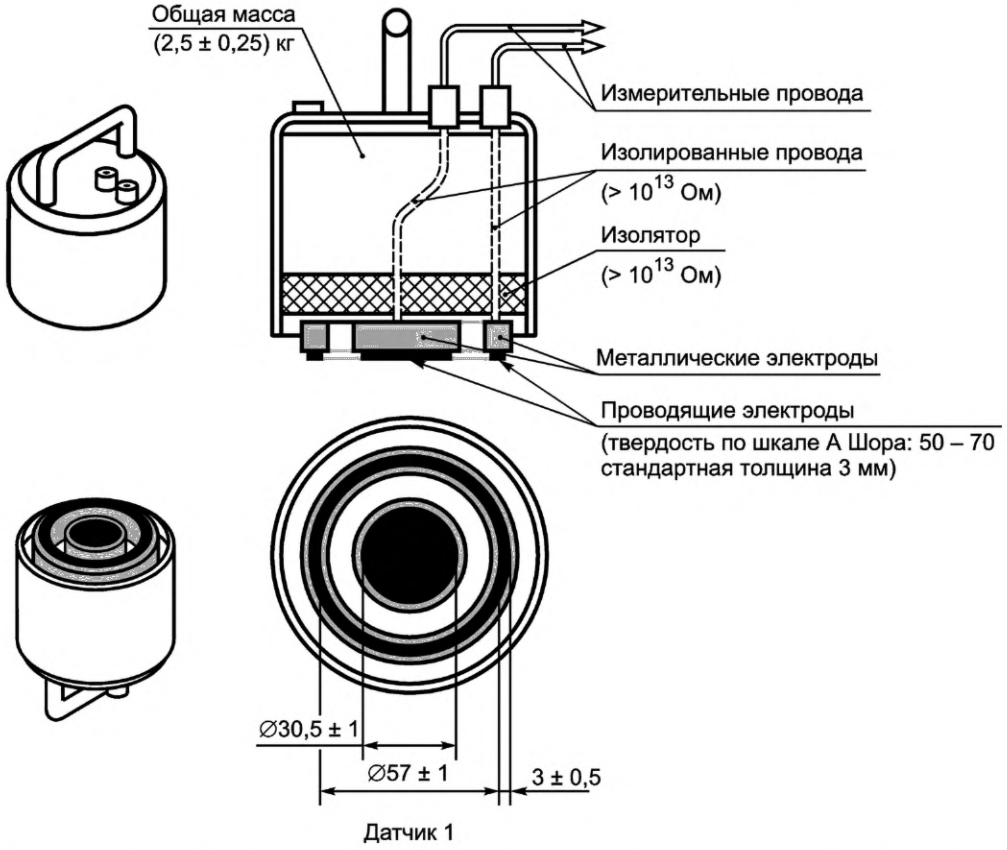


Рисунок 1 — Конструкция электрода для измерения поверхностного и объемного сопротивления

8.2.3 Электроды для измерения объемного сопротивления

Конструкция состоит из двух электродов, расположенных на каждой стороне испытываемого материала (см. рисунок 4). Верхний электрод (датчик 1) должен быть таким, как описано в 8.2.2 и показано на рисунке 1.

Нижний электрод (датчик 2) должен представлять собой нержавеющее металлическое основание (не алюминиевое), достаточно широкое для фиксации испытуемого образца. Следует использовать датчик 2 с вмонтированным соединением (например, штепсельное гнездо, клепаное соединение). Зубчатые зажимы типа «крокодил» использовать нельзя.

До проведения измерений электрод следует поместить на изолирующую подложку, описанную в 8.2.5, или он должен быть оснащен эквивалентным изолирующим основанием.

8.2.4 Электрод для измерения сопротивления заземления/к точке заземления и измерения сопротивления «от точки до точки»

Конструкция состоит из одного (для измерения сопротивления заземления/к точке заземления) или двух (для измерения сопротивления «от точки до точки») электродов (датчик 3), представляющих

собой диск из проводящего материала, который обеспечивает контакт с испытуемым материалом (см. рисунок 2). Общая масса электрода (2,5 ± 0,25) кг.

Проводимость поверхности материала электрода должна быть достаточной, чтобы два датчика, расположенных на металлической поверхности (как на датчике 2), имели сопротивление «от точки до точки» менее 10^3 Ом при приложении испытательного напряжения (10,0 ± 0,5) В, и имели твердость по Шору-А в диапазоне от 50 до 70, определенную в соответствии с ISO 7619-1.

Изоляционные материалы, используемые в конструкции электрода, должны иметь объемное и/или поверхностное сопротивление более 10^{13} Ом, испытанное по IEC 62631-3-1 и/или IEC 62631-3-2 соответственно.

Испытуемый материал следует поместить на изолирующую подложку, приведенную в 8.2.5.

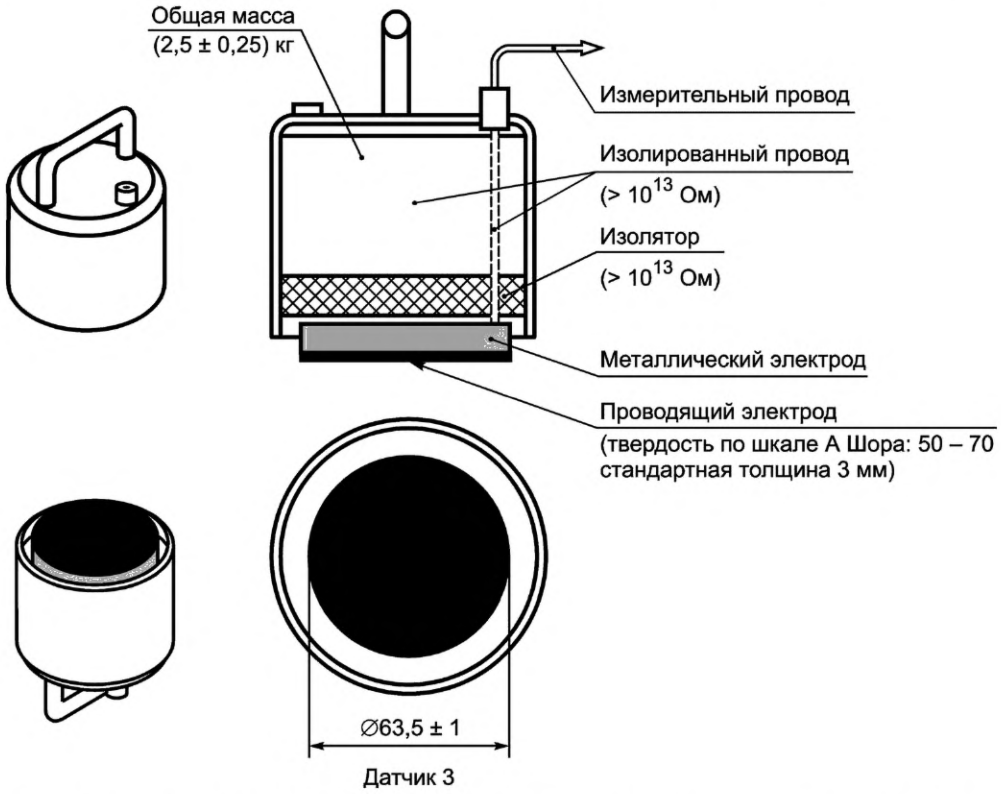


Рисунок 2 — Пример конструкции электрода для измерения сопротивления заземления/к точке заземления и измерения сопротивления «от точки до точки»

8.2.5 Опорная подложка для испытаний

Испытание материалов проводят на плоской гладкой изолирующей подложке с поверхностным сопротивлением более $1 \cdot 10^{13}$ Ом, измеренным в соответствии с IEC 62631-3-2. Размер подложки должен превышать размер испытуемого образца более чем на 10 мм в длину и ширину. Минимальная толщина подложки допускается 1 мм.

8.3 Подготовка образцов и их использование

При выборе образцов учитывают технические характеристики материала образцов. Подготовку и маркирование образцов не следует производить в помещении, где проводят измерения. Если точки приложения электродов были изменены, это необходимо указать в протоколе испытаний. При измерении поверхностного сопротивления поверхность не должна очищаться, если это не предусмотрено или не согласовано. Для минимизации возможной вероятности образования путей утечки токов, искажающих результаты измерений, приложение электродов к материалу и их монтаж в схеме измерения следует проводить аккуратно.

Образцы должны иметь простую геометрическую прямоугольную форму со сторонами размером не менее 80 мм × 120 мм или круглую с диаметром не менее 110 мм.

Если не оговорены иные требования, для испытаний необходимо подготовить не менее трех типовых образцов материала. Тестируемая поверхность должна иметь четкую маркировку или быть идентифицирована иным образом.

8.4 Методы испытаний

8.4.1 Измерение поверхностного сопротивления

Электрод, описанный в 8.2.2, соединяют с измерительным оборудованием (см. рисунок 3). Испытуемый образец помещают на изолирующую подложку испытуемой поверхностью вверх. Электрод помещают точно в центр поверхности или не ближе 10 мм от края каждой из сторон.

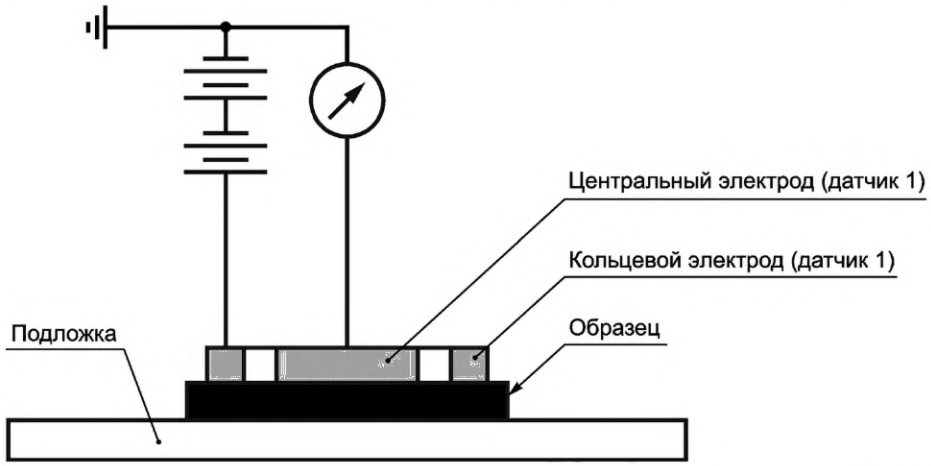


Рисунок 3 — Схема подключения электродов для измерения поверхностного сопротивления

Подсоединяют измерительное оборудование, устанавливают испытательное напряжение (10,0 ± 0,5) В и снимают результаты измерения через (15 ± 1) с, если не указано иное требование. Если измеренное значение сопротивления менее $1{,}0 \cdot 10^6$ Ом, записывают результат измерения и продолжают испытания следующих образцов. Если измеренное сопротивление равно или более $1{,}0 \cdot 10^6$ Ом, оборудование отключают и затем повторяют испытания при выходном напряжении (100 ± 5) В. Результат измерений записывают после окончания периода установления показаний, установленного в А.1.2.

8.4.2 Измерение объемного сопротивления

Электрод, описанный в 8.2.2, соединяют с измерительным оборудованием (см. рисунок 4). Нижний электрод (датчик 2) размещают на изолирующую подложку и сверху помещают испытуемый образец. Затем верхний электрод (датчик 1) располагают точно в центре на поверхности испытуемого образца или не ближе 10 мм от края каждой из сторон образца.

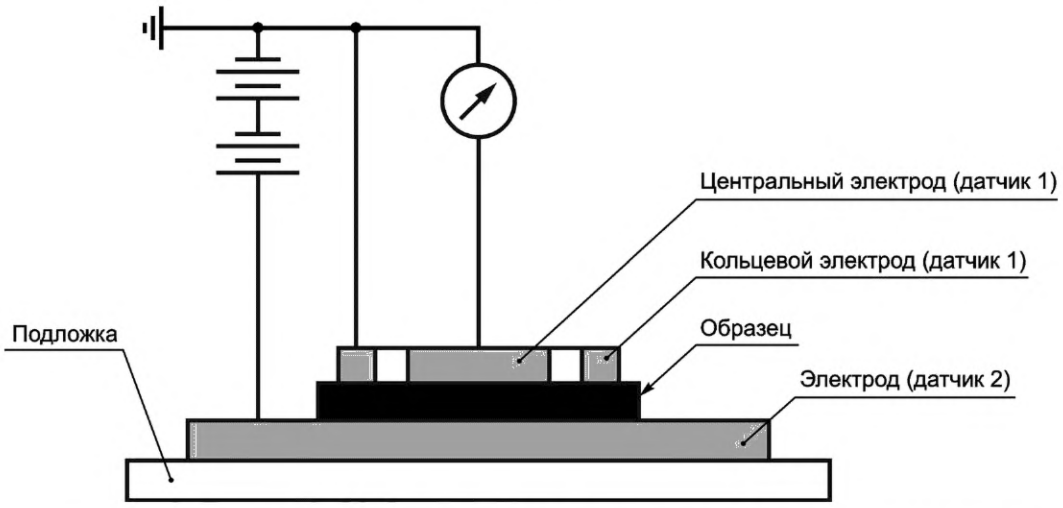


Рисунок 4 — Схема подключения электродов для измерения объемного сопротивления

Подключают измерительное оборудование, устанавливают испытательное напряжение (10,0 ± 0,5) В и снимают результаты измерения через (15 ± 1) с, если не указано иное требование. Если измеренное значение сопротивления менее $1,0 \cdot 10^6$ Ом, записывают результат измерения и продолжают испытания следующих образцов. Если измеренное сопротивление равно или более $1,0 \cdot 10^6$ Ом, оборудование отключают и затем повторяют испытания при выходном напряжении (100 ± 5) В. Результат измерений записывают после окончания периода установления показаний, установленного в А.2.2.

Если необходима оценка удельного объемного сопротивления, среднюю толщину *h* каждого образца определяют до проведения измерений в соответствии с инструкциями изготовителя по применению образцов.

8.4.3 Измерение сопротивления относительно точки заземления

8.4.3.1 Испытания образцов при лабораторном подтверждении характеристик

Испытуемые образцы соединяют с типовой точкой заземления. Образцы помещают на изолирующую подложку для испытаний испытуемой стороной вверх. Электрод (датчик 3) помещают на поверхность образца, чтобы центр электрода находился не ближе 50 мм от краев образца или точки заземления (см. рисунок 5). Подсоединяют электрод к одному выходу измерительного оборудования, а точку заземления — к другому выходу.

Подключают измерительное оборудование, устанавливают испытательное напряжение (10,0 ± 0,5) В и снимают результаты измерения через (15 ± 1) с, если измеренное значение сопротивления менее $1,0 \cdot 10^6$ Ом. Затем продолжают испытания на следующей позиции электрода или на следующем образце. Если измеренное сопротивление равно или более $1,0 \cdot 10^6$ Ом, оборудование отключают и затем повторяют испытания при выходном напряжении (100 ± 5) В.

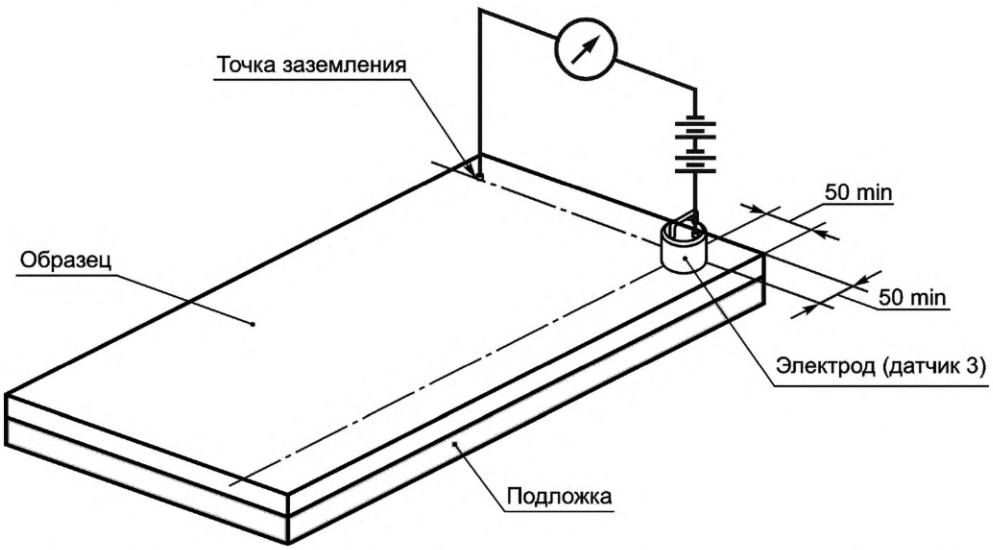


Рисунок 5 — Принцип измерения сопротивления относительно точки заземления

8.4.3.2 Измерения сопротивления применяемых материалов

Электрод (датчик 3) помещают на поверхность образца на расстоянии не менее 50 мм от краев образца или точки заземления (см. рисунок 5). Электрод подсоединяют к одному выходу измерительного оборудования, а точку заземления — к другому выходу.

Подключают измерительное оборудование, устанавливают испытательное напряжение (10,0 ± 0,5) В и снимают результаты измерения через (15 ± 1) с, если измеренное значение сопротивления менее $1,0 \cdot 10^6$ Ом. Затем продолжают испытания на следующей позиции электрода или на следующем образце. Если измеренное сопротивление равно или более $1,0 \cdot 10^6$ Ом, оборудование отключают и затем повторяют испытания при выходном напряжении (100 ± 5) В.

Измерительное оборудование, подключаемое к электрической сети, может потребовать другого способа подключения испытательных проводов, чтобы правильно измерить сопротивление заземленных материалов. Провод заземления измерительного оборудования необходимо изолировать от линии заземления. Дополнительно может потребоваться, чтобы высокопотенциальный испытательный провод был соединен с заземленной стороной испытываемого образца. Для корректного подключения проводов следует использовать инструкции изготовителя измерительного оборудования.

8.4.4 Измерение сопротивления «от точки до точки»

Для проведения измерений соединяют два электрода (датчики 3), описанные в 8.2.4, с измерительным оборудованием. Испытуемый образец помещают на изолирующую подложку испытуемой стороной вверх. Датчики следует расположить на поверхности образца в соответствии с рекомендациями изготовителя или, если необходимо, другим образом, но на расстоянии не менее 250 мм между продольными осями датчиков и не менее 50 мм от краев образца (см. рисунок 6).

Подключают измерительное оборудование, устанавливают испытательное напряжение (10,0 ± 0,5) В и снимают результаты измерений через (15 ± 1) с, если измеренное значение сопротивления менее $1,0 \cdot 10^6$ Ом. Затем продолжают испытания на следующей позиции электрода или на следующем образце. Если измеренное сопротивление равно или более $1,0 \cdot 10^6$ Ом, оборудование отключают и затем повторяют испытания при выходном напряжении (100 ± 5) В.

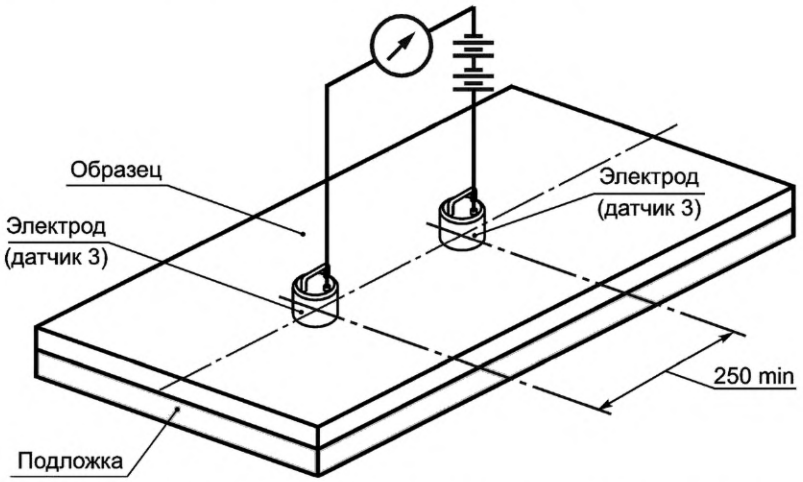


Рисунок 6 — Принцип измерения сопротивления «от точки до точки»

9 Определение удельного сопротивления

9.1 Удельное поверхностное сопротивление ρ_s

Для определения удельного поверхностного сопротивления используют следующую формулу, согласно рисунку 7[1)]:

$$\rho_s = 2\pi \cdot R_s / \log_e(d_2/d_1),$$

$$d_2 = d_1 + 2g,$$

где ρ_s — удельное поверхностное сопротивление (Ом);

R_s — измеренное поверхностное сопротивление (Ом);

d_1 — диаметр внутреннего контактного электрода (м);

d_2 — внутренний диаметр внешнего кольца контактного электрода (м);

g — расстояние между контактными электродами (м).

9.2 Объемное удельное сопротивление ρ_v

Для определения объемного удельного поверхностного сопротивления используют следующую формулу, согласно рисунку 7:

$$\rho_v = R_v(d_1)^2 \cdot \pi/4h,$$

где ρ_v — объемное удельное сопротивление (Ом · м);

R_v — измеренное объемное сопротивление (Ом);

d_1 — диаметр центрального контактного электрода (м);

h — толщина испытываемого образца (м).

[1)] *При использовании электрода, приведенного на рисунке 1, можно использовать упрощенную формулу: $\rho_s \approx 10 \cdot R_s$ с погрешностью 0,5 %.*

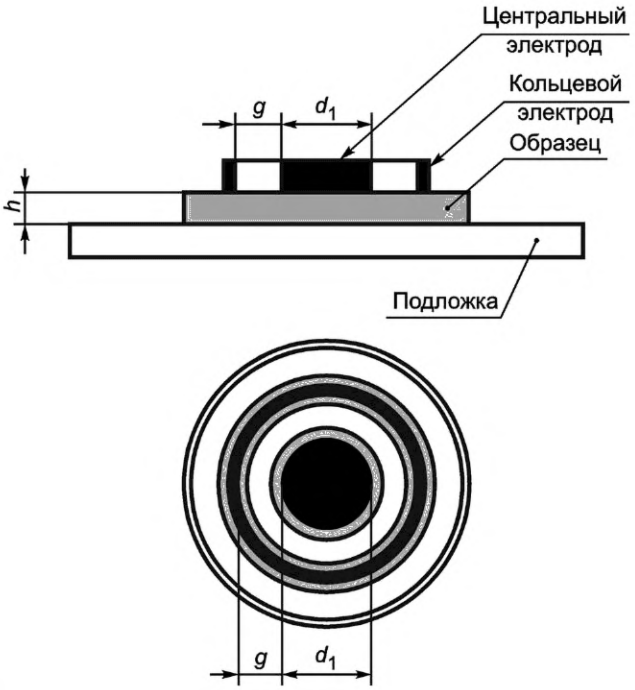


Рисунок 7 — Необходимые размеры для пересчета значения измеренного сопротивления в удельное поверхностное или удельное объемное

10 Измерение сопротивления для неплоских материалов или изделий малых размеров

10.1 Общие положения

Данный метод рекомендован для проведения испытаний изделий с поверхностью неплоской формы. Традиционные конфигурации электродов с концентрическим кольцом и параллельным расположением электродов используются для тестирования только плоских изделий. Однако, большинство видов упаковочных изделий не плоские. Например, это транспортировочные пеналы, лотки, ящики для транспортировки и несущие ленты. В таких случаях используют электроды с пружинами для создания постоянного контактного давления между электродом и изделием. Усилие, создаваемое пружинами, зависит от износа, загрязнения и производственного разброса. Такие погрешности приемлемы. Электроды из эластичной резины компенсируют неровности поверхности предметов. Подобная конструкция обеспечивает согласованность результатов между лабораторными и другими испытаниями.

10.2 Оборудование

10.2.1 Используемый датчик

Приведенный на рисунке 8 двухконтактный датчик состоит из изолированного металлического корпуса с политетрафторэтиленовыми (ПТФЭ) изоляторами, расположенными с обоих концов. В первом изоляторе установлены испытательные провода; во втором изоляторе установлены гнезда для пружинных штифтов. Одно гнездо окружено цилиндрическим изолятором, который в свою очередь окружен металлической защитной оболочкой. Данные штифты позолочены и имеют силу упругости (4,6 ± 0,5) Н и диапазон смещения до (4,3 ± 0,1) мм. Наконечники штифтов обработаны для подсоединения контактных электродов диаметром (3,2 ± 0,1) мм из электропроводящей резины. Резина имеет твердость по Шору-А в диапазоне от 50 до 70 (см. ISO 7619-1). Длина электродов составляет (3,2 ± 0,1) мм. Проводимость материала электрода должна быть достаточной, чтобы при испытании на нержавеющей металлической пластине (не алюминиевой) сопротивление «от точки до точки» было менее 10^3 Ом при приложении испытательного напряжения (10,0 ± 0,5) В.

Таблица 1 содержит основные компоненты электрода, приведенные на рисунке 8.

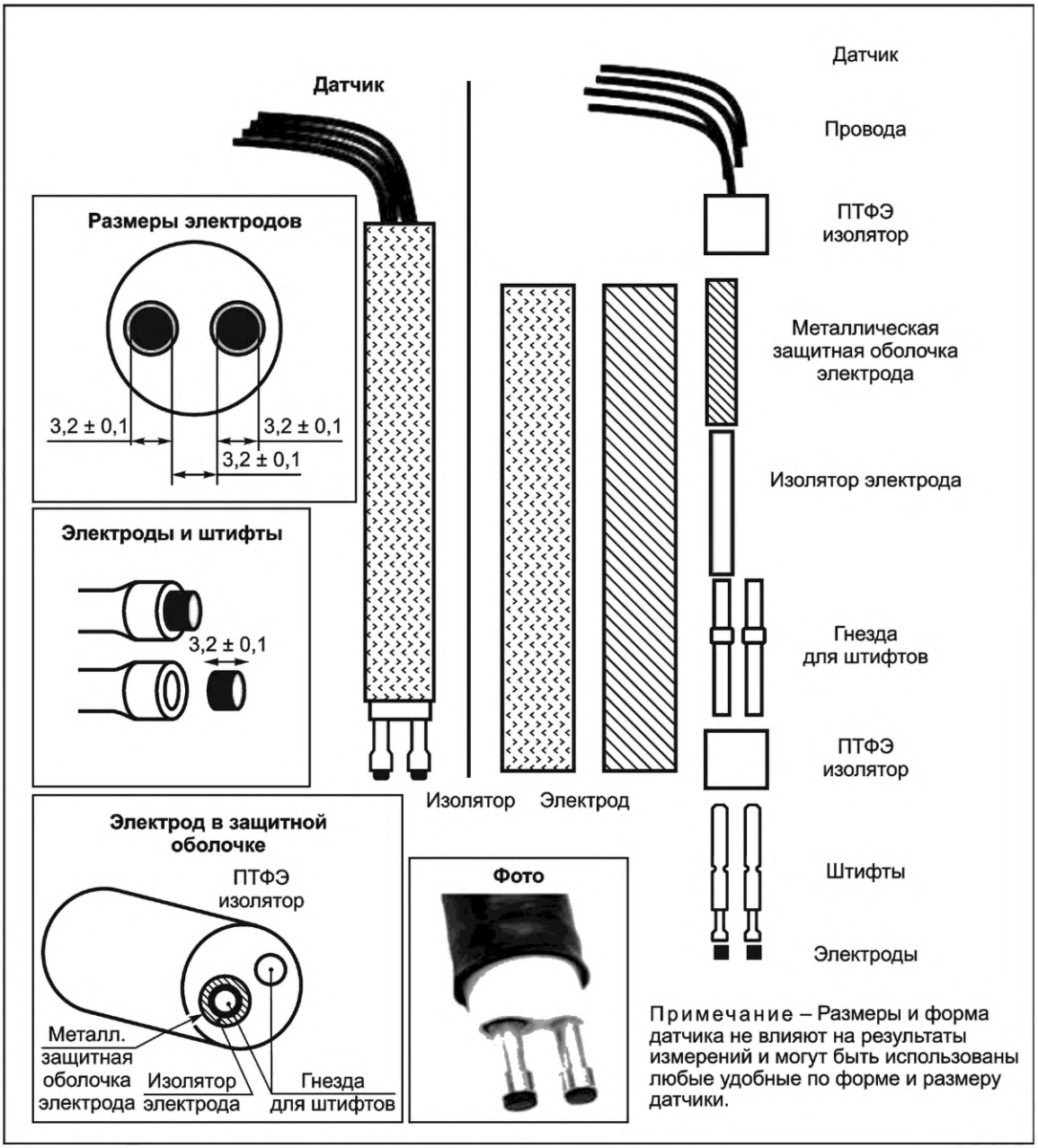


Рисунок 8 — Конструкция двухконтактного датчика

Таблица 1 — Материалы, используемые для двухконтактного датчика

Деталь	Описание	Пример[a]
ПТФЭ изолятор	Около 25,4 мм в длину и диаметром 12,7 мм	
Металлическая защитная оболочка электрода	Металлическая гибкая трубка около 31,8 мм в длину и диаметром 4,75 мм	
Изолятор электрода	ПТФЭ с термоусадкой или другой изолятор	
Гнезда для штифтов	Гнездо с трубчатым выводом под пайку	Interconnect Devices Inc., R-5-SC
Штифты	Силу упругости (4,6 ± 0,5) Н и диапазон смещения до (4,3 ± 0,1) мм, наконечники штифтов обработаны для подсоединения электрода	Interconnect Devices Inc., S-5-F-16/4-G

Окончание таблицы 1

Деталь	Описание	Пример[a]
Электроды	Длина (3,2 ± 0,1) мм, диаметр проводящего материала (3,2 ± 0,1) мм, твердость по Шору-А в диапазоне от 50 до 70 (ISO 7619-1)	Vanguard Products, VC-7815
Примечание — Это не полный список материалов для конструкции датчика, но он содержит ключевые элементы, обеспечивающие повторяемость измерений. Размещение деталей изображено на рисунке 8. [a] Информация, предоставленная в данной колонке, является примерами подходящих продуктов, имеющихся в продаже. Эта информация дается для удобства пользователей данного документа и не является одобрением этих продуктов в IEC. Эквивалентные продукты могут использоваться, если возможно продемонстрировать, что они приводят к тем же результатам.		

10.2.2 Подложка с изолирующей поверхностью

Изолирующая поверхность, используемая для расположения образцов, должна иметь поверхностное сопротивление более $1 \cdot 10^{13}$ Ом, измеренное в соответствии с IEC 62631-3-2.

10.2.3 Средство измерения сопротивления

Для измерения сопротивления следует использовать оборудование, приведенное в 8.1.

Примечание — Для сбора информации при подтверждении методов испытаний использовалось объединенное средство измерений, описанное в 8.1.2. Информация не предоставлялась для проверки состава оборудования.

10.2.4 Испытательные провода

Требуются подходящие для измерителя испытательные провода. Использование экранированного провода от корпуса датчика к оборудованию будет значительно снижать электрические помехи (см. рисунок 9).

Примечание — Измерения для проверки данных методов испытаний были проведены с использованием экранированного провода.

10.3 Проведение испытаний

Далее приведена последовательность действий при проведении измерений:

a) Подсоединяют датчик к измерителю, как показано на рисунке 9.

b) Помещают испытываемый образец на подложку с изолирующей поверхностью.

c) Прижимают пружинные штифты вниз приблизительно на половину длины хода пружин (см. рисунок 10).

d) Подают выходное напряжение (10,0 ± 0,5) В в течение (15 ± 1) с и снимают результаты измерения. Если измеренное значение сопротивления менее $1,0 \cdot 10^6$ Ом, полученные результаты записывают и переходят к пункту f). Если измеренное значение сопротивления равно или более $1,0 \cdot 10^6$ Ом, переходят к пункту e).

e) Если значение сопротивления, измеренное в пункте d), равно или более $1,0 \cdot 10^6$ Ом, меняют значение выходного напряжения на (100 ± 5) В и повторяют измерения. Записывают полученное значение сопротивления.

f) Повторяют испытания для каждого оставшегося образца.

Примечание 1 — Изменение размеров образцов может повлиять на результаты измерений.

Примечание 2 — Повлиять на результаты измерений может размер электродов и расстояние между электродами. Диаметр 3,2 мм и расстояние между электродами 3,2 мм были выбраны для тестирования большого количества типов и размеров упаковки.

Примечание 3 — Измерения сопротивления конкретного материала образца могут отличаться из-за:

a) различий в составе или толщине поверхности образца;

b) смятия образца при прижимании электродов;

c) различий в сопротивлении используемого материала электрода;

d) изменения свойств материала под воздействием измерительного тока;

e) чистоты электродов или образца.

Примечание 4 — Испытания различных материалов для электродов показывают, что использование более твердых резиновых материалов, чем установлено в требованиях, создает больший разброс результатов измерений.

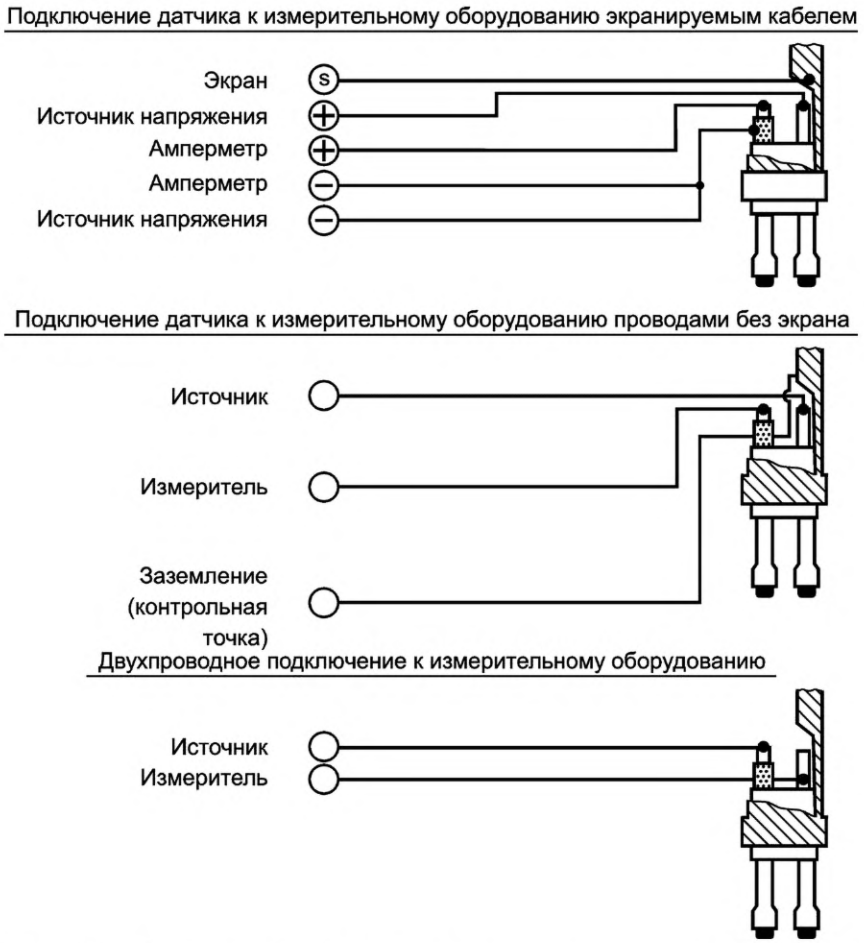


Рисунок 9 — Варианты подключения датчика к измерительному оборудованию

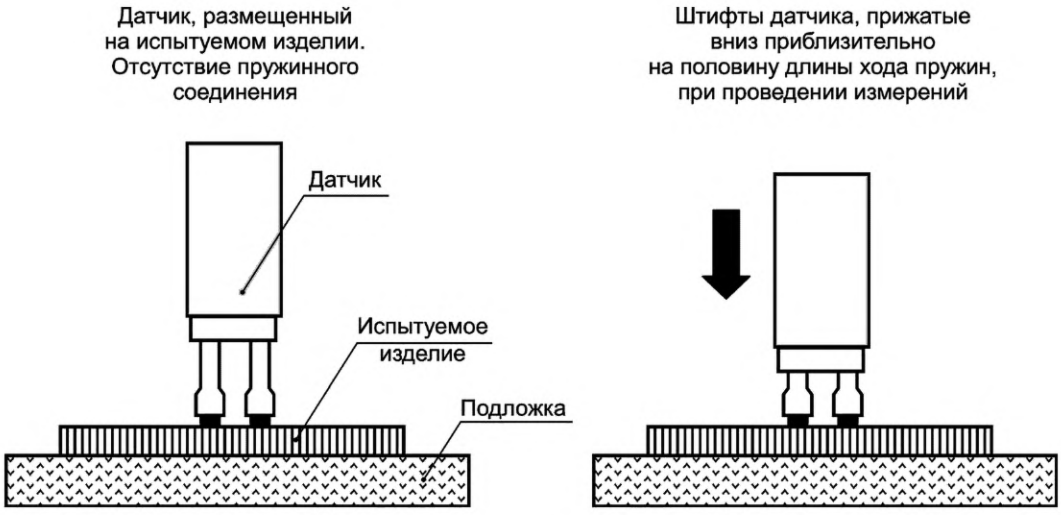


Рисунок 10 — Пример прижатия пружин при проведении испытаний

11 Повторяемость и воспроизводимость результатов

Сопротивление предоставляемых образцов зависит от условий испытаний и это нормально для неоднородных материалов. Поэтому, полученные значения сопротивления могут отличаться на ±10 % и часто расходятся даже больше (при одинаковых условиях испытаний диапазон полученных значений может быть в пределах одного порядка). Для сопоставимости результатов измерений на аналогичных образцах требуется проводить испытания с одинаковыми приложенными напряжениями.

Повторяемость данных методов испытаний может быть достигнута в диапазоне половины полученных результатов измерений. Если усредненное значение для серии лабораторных испытаний составит $5 \cdot 10^{10}$ Ом, границы ожидаемого разброса значений будут от $2{,}5 \cdot 10^{10}$ до $7{,}5 \cdot 10^{10}$ Ом.

12 Протокол испытаний

Протокол испытаний должен включать следующую информацию:

a) описание и идентификацию материала (наименование, категория, цвет, производитель, дата производства и др.);

b) форму, размеры и количество образцов;

c) тип, материал и размеры датчиков (электродов), если они отличаются от требований данного стандарта;

d) условия выдержки образцов (температура, относительная влажность, время выдержки);

e) процедуру очистки;

f) условия проведения испытаний (температура и относительная влажность во время проведения измерений);

g) измерительное оборудование (тип, информация о поверке/калибровке и др.);

h) измерительное напряжение и время его приложения с дополнительной информацией, если эти параметры были установлены отличными от требования стандарта;

i) количество измерений, индивидуальные результаты измерений и усредненные результаты;

j) удельное поверхностное сопротивление для каждого результата измерений и среднее значение, если необходимо;

k) удельное объемное сопротивление для каждого результата измерений и среднее значение, если необходимо;

l) сопротивление заземления/к точке заземления с указанием положения датчика во время проведения измерений, если необходимо;

m) сопротивление «от точки до точки» с указанием положения датчика во время проведения измерений, независимо от того, какой метод из раздела 8 или раздела 10 был применен, и расстояние между осями датчиков, если оно отлично от указанных в настоящем стандарте, и требовалось провести измерения;

n) дату подготовки испытуемых образцов и дату проведения испытаний;

o) любые возможные наблюдения в ходе измерений (например, эффект поляризации).

При отсутствии инструкций в стандарте на изделия или других требований следует учитывать способ расчета средних значений. Обычно, для вычисления средних значений используется среднее арифметическое, т. е. сумма n значений, деленных на n

$$\overline{x} = \sum_{i=1}^{n} \frac{x_i}{n},$$

где $\overline{x}$ — среднее значение;

x_i — единичное значение;

n — количество усредняемых значений.

На практике, когда усредняемые значения различаются на порядки, что часто случается при измерении сопротивления, чаще может использоваться геометрическое среднее значение. Например, пять результатов измерений могут включать в себя значения порядка $1 \cdot 10^9$ Ом и одно значение порядка $1 \cdot 10^{12}$ Ом. Значение измерения $1 \cdot 10^{12}$ Ом влияет на среднее арифметическое значение, тогда как среднее геометрическое не подвержено влиянию и может более точно отражать общее свойство, которым материал, вероятно, будет обладать при использовании.

Среднее геометрическое значение определяется с помощью n-го корня из произведения n значений

$$\overline{x} = \left(\prod_{i=1}^{n} x_i \right)^{1/n},$$

где $\overline{x}$ — среднее значение;

x_i — единичное значение;

n — количество усредняемых значений.

Протокол испытаний должен содержать сведения об использованном арифметическом или геометрическом значении.

Приложение А
(обязательное)

Проверка системы

А.1 Проверка системы для измерения поверхностного сопротивления

А.1.1 Устройство и метод для проверки устройства при низких значениях сопротивления

Устройство для проверки должно соответствовать размерам электродов, описанных в 8.2.2, и иметь 20 индивидуальных контактных металлических площадок, обеспечивающих контакт с центральной (внутренней) поверхностью электрода, и 20 идентичных площадок, обеспечивающих контакт с кольцом (внешним краем) поверхности электрода. Контактные площадки должны быть плоскими, без выступов и установлены на ровной поверхности. Устройство должно содержать 20 резисторов сопротивлением $(1{,}00 \pm 0{,}01) \cdot 10^6$ Ом. Все резисторы установлены на нижней стороне. Каждый резистор должен иметь индивидуальное соединение с внутренней и внешней контактными площадками (рисунок А.1). Материал устройства должен иметь объемное сопротивление не менее 10^8 Ом, при испытательном напряжении (100 ± 5) В между двумя рядами площадок, не соединенных резисторами.

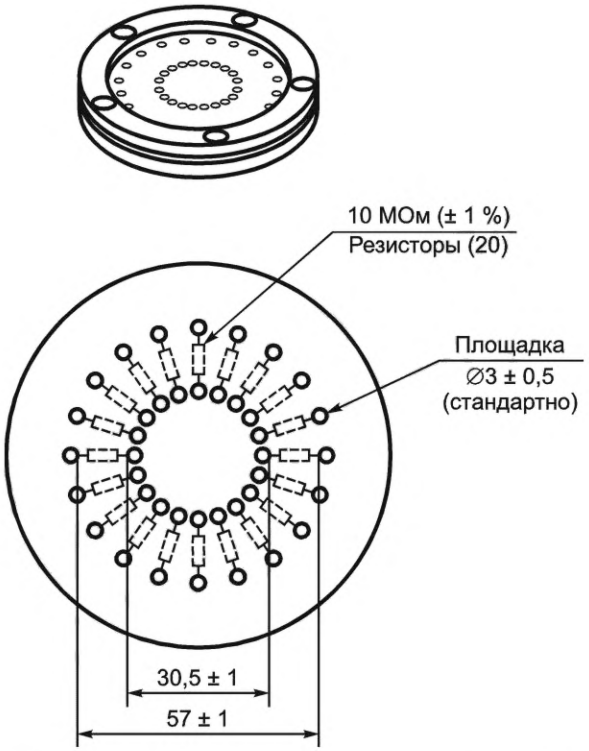


Рисунок А.1 — Устройство для измерения поверхностного сопротивления при нижнем пределе сопротивления

Перед испытанием устройство проверяют следующим образом.

Электрод, описанный в 8.2.2, соединяют с измерительным оборудованием в соответствии с рисунком 3 и затем помещают на устройство. Далее прикладывают испытательное напряжение (10,0 ± 0,5) В и считывают показания через (15 ± 1) с. Полученный результат должен быть в пределах $(5{,}00 \pm 0{,}25) \cdot 10^5$ Ом. После поворота электрода на 90° измерения повторяют.

Примечание — Поворотом электрода проверяют плоскостность приспособления и поверхности измерительного электрода.

А.1.2 Устройство и метод для проверки при верхнем пределе сопротивления и определение времени установления показаний

Устройство должно соответствовать размерам электродов, описанным в 8.2.2, и иметь металлические контактные площадки, обеспечивающие контакт с поверхностями электрода. Контактные площадки должны быть плоскими, без выступов и крепиться на ровной поверхности. Контактные площадки могут быть соединены друг с другом в цепь или круговое кольцо. Центральная (внутренняя) и кольцевая (внешняя) линии контактных площадок соединены между собой с помощью одного резистора сопротивлением $(1{,}00 \pm 0{,}05) \cdot 10^{12}$ Ом (рисунок А.2). При

испытании под напряжением (500 ± 25) В, в соответствии с IEC 60167, изоляционный материал устройства должен иметь изоляционное сопротивление не менее 10^{14} Ом между двумя рядами площадок несоединенных резистором.

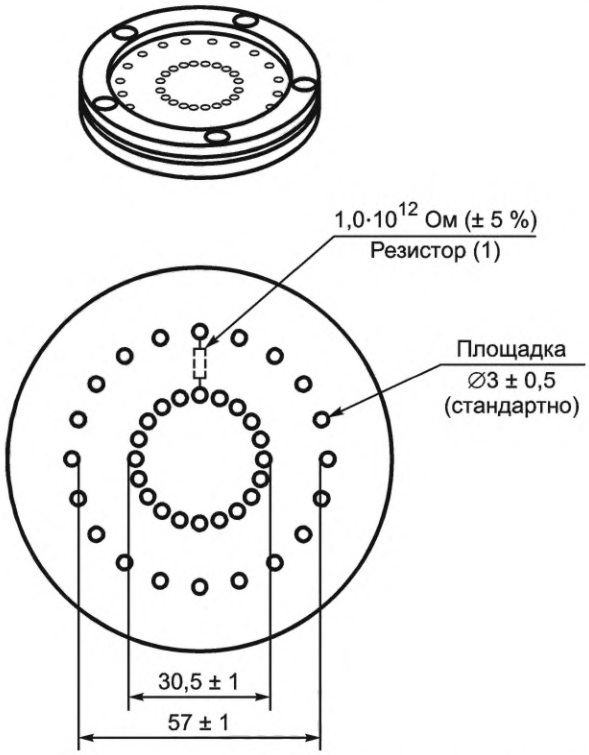


Рисунок А.2 — Устройство для измерения поверхностного сопротивления при верхнем пределе сопротивления

При проверке способности системы измерять сопротивление $1,0 \cdot 10^{12}$ Ом и определения периода установления показаний выполняют следующие операции.

Электрод, описанный в 8.2.2, соединяют с испытательным оборудованием в соответствии с рисунком 3 и затем помещают на устройство. Прикладывают испытательное напряжение (100 ± 5) В и при установившемся значении сопротивления считывают показания. Если результаты измерений соответствуют допускаемым значениям резистора, испытание повторяют пять раз с записью времени установления показаний. Среднее арифметическое из пяти измерений времени является периодом установления показаний. Добавив к этому значению 5 с получают период установления показаний для испытаний образцов с сопротивлением более 10^6 Ом.

А.2 Проверка системы для измерения объемного сопротивления

А.2.1 Устройства и метод для проверки при нижнем пределе сопротивления

Перед испытанием устройство проверяют следующим образом.

Электроды (датчики 1 и 2) соединяют с измерительным оборудованием в соответствии с рисунком 4, но без испытуемого образца между ними. Затем подсоединяют резистор сопротивлением $(5,00 \pm 0,05) \cdot 10^5$ Ом между выходом источника тока и датчиком 2. Прикладывают испытательное напряжение (10,0 ± 0,5) В и снимают показания через (15 ± 1) с. Полученный результат должен быть в пределах $(5,00 \pm 0,25) \cdot 10^5$ Ом.

А.2.2 Устройства и метод для проверки при верхнем пределе сопротивления и определение периода установления показаний

При проверке способности системы измерять сопротивление $1,0 \cdot 10^{12}$ Ом и определения периода установления показаний выполняют следующие операции.

Электроды (датчики 1 и 2) подсоединяют к измерительному оборудованию, как указано на рисунке 4, но без испытуемого образца между ними. Затем подсоединяют резистор сопротивлением $(1,00 \pm 0,05) \cdot 10^{12}$ Ом между выходом источника тока и датчиком 2. Подают испытательное напряжение (100 ± 5) В и при установившемся значении сопротивления считывают показания. Если результат измерений находится в пределах допустимого диапазона резистора, повторяют измерения пять раз, записывая время стабилизации показаний. Среднее из пяти измерений является периодом установления показаний. Добавив к этому времени 5 с получают время установления показаний устройства при испытаниях образцов с сопротивлением более 10^6 Ом.

А.3 Проверка системы для измерения сопротивления для неплоских материалов и изделий малой формы

А.3.1 Проверочное оборудование

Оборудование для испытания на нижнем пределе сопротивления состоит из резистора, сопротивлением $(1{,}00 \pm 0{,}01) \cdot 10^5$ Ом, соединенного двумя металлическими контактными пластинами. Размеры и форма пластин должны обеспечивать контакт каждого датчика только с одной пластиной и отсутствие контакта друг с другом. Пластины могут быть прикреплены к материалу со свойствами изолирующей опорной поверхности. На рисунке А.3 приведена возможная конструкция оборудования для проверки сопротивления.

Оборудование для испытания на верхнем пределе сопротивления состоит из резистора, сопротивлением $(1{,}00 \pm 0{,}05) \cdot 10^9$ Ом, соединенного двумя металлическими контактными пластинами. Размеры и форма пластин должны обеспечивать контакт каждого датчика только с одной пластиной и отсутствие контакта друг с другом. Длина и ширина каждой пластины должны быть не менее 3,3 мм (для прямоугольных пластин) или диаметром не менее 3,3 мм (для круглых пластин), минимальное расстояние между пластинами не менее 3,1 мм. Пластины могут быть прикреплены к материалу со свойствами изолирующей опорной поверхности. На рисунке А.3 приведена возможная конструкция оборудования для проверки сопротивления.

Текущее значение сопротивления резистора должно периодически контролироваться. Измеренные значения должны использоваться при испытаниях при проверке датчиков.

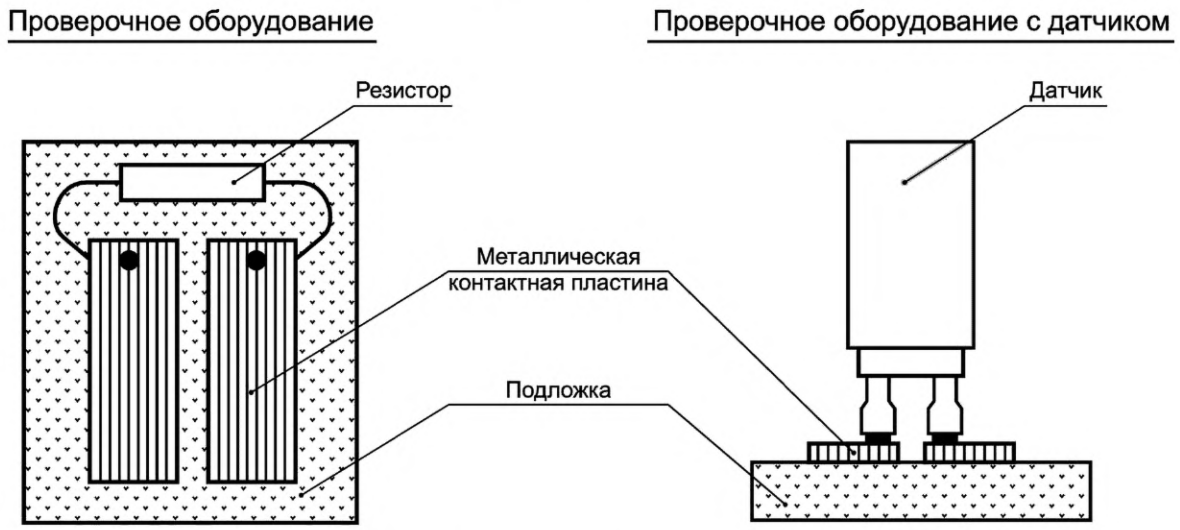


Рисунок А.3 — Устройство для проверки измерителя сопротивления

А.3.2 Проверочное оборудование

Метод проверки приведен далее:

a) Проверка датчиков должна быть проведена с помощью измерения известного значения сопротивления.

b) Подключают датчики электродов к измерителю в соответствии с рисунком 9.

c) Помещают датчики электродов на оборудование для измерения низкого сопротивления как показано на рисунке А.3.

d) Прижимают пружинные штифты вниз приблизительно на половину длины хода пружин (рисунок 10).

e) Подают испытательное напряжение (10,0 ± 0,5) В в течение (15 ± 1) с и снимают результаты измерения.

f) Записывают полученные результаты измерения сопротивления. Полученные значения должны быть в пределах 10 % от действительного значения резистора.

g) Повторяют измерения, используя метод проверки при высоком сопротивлении при напряжении (100 ± 5) В.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего межгосударственного стандарта
IEC 62631-3-1	—	*
IEC 62631-3-2	—	*
IEC 62631-3-3	—	*
ISO 1853	—	*
ISO 2951	—	*
ISO 3915	—	*
ISO 7619-1	—	*

* Соответствующий межгосударственный стандарт отсутствует. До его принятия рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта.

УДК 361.3.083:006.354 МКС 29.020 17.220.99 IDT

Ключевые слова: электростатика, электрическое сопротивление, твердые материалы, твердые изоляторы, накопление электростатического заряда, поверхностное сопротивление, объемное сопротивление, метод испытаний, электрод

Редактор *Е.Ю. Митрофанова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Р.А. Ментова*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 12.05.2023. Подписано в печать 16.05.2023. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,51.

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