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

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ IEC TR 61340-5-2— 2021

ЭЛЕКТРОСТАТИКА. ЗАЩИТА ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ ОТ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ

Руководство по применению

(IEC TR 61340-5-2:2018, Electrostatics — Part 5-2: Protection of electronic devices from electrostatic phenomena — User guide, IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2021

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 документа, указанного в пункте 5

2 ВНЕСЕН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 29 января 2021 г. № 136-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
Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан
Россия	RU	Росстандарт
Узбекистан	UZ	Узстандарт

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 17 февраля 2021 г. № 82-ст межгосударственный стандарт ГОСТ IEC TR 61340-5-2—2021 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 мая 2021 г.

5 Настоящий стандарт идентичен международному документу IEC TR 61340-5-2:2018 «Электростатика. Часть 5-2. Защита электронных устройств от электростатических явлений. Руководство по применению» («Electrostatics — Part 5-2: Protection of electronic devices from electrostatic phenomena — User guide», IDT).

Международный документ разработан Техническим комитетом по стандартизации IEC/TC 101 «Электростатика».

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного документа 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

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, 2018 — Все права сохраняются
© Стандартинформ, оформление, 2021

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, определения и сокращения 1
3.1 Термины и определения 1
3.2 Сокращения 1
4 Безопасность персонала 2
5 Программа ЭСР-управления 2
5.1 Общие положения 2
5.2 Организационные требования к программе ЭСР-управления 2
5.3 Технические требования к плану выполнения программы ЭСР-управления 10
6 Автоматизированное разгрузочно-погрузочное оборудование (АРПО) 49
7 Антистатические перчатки и напальчники 50
7.1 Вводные замечания 50
7.2 Типы 50
7.3 Испытания и подтверждение соответствия 51
8 Ручные антистатические инструменты 55
8.1 Вводные замечания 55
8.2 Испытания и подтверждение соответствия 55
Приложение А (справочное) Пример плана выполнения программы ЭСР-управления, в соответствии с IEC 61340-5-1 59
Приложение В (справочное) Анализ элементов ЭСР-управления 64
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам 68
Библиография 69

Введение

В настоящем стандарте содержатся указания по разработке, выполнению и осуществлению мониторинга процесса управления электростатической обстановкой на предприятии — программой ЭСР-управления — в соответствии с IEC 61340-5-1.

Данное руководство предназначено для производств, занимающихся изготовлением, обработкой, сборкой, установкой, упаковкой, маркировкой, обслуживанием, испытанием, проверкой или какой-либо другой обработкой электрических или электронных деталей, узлов и оборудования, чувствительных к повреждениям, вызываемым электростатическими разрядами (ЭСР) с напряжением большим или равным 100 В — в соответствии с моделью человеческого тела (МЧТ), 200 В — в соответствии с моделью заряженного устройства (МЗУ) или 35 В для обособленных проводников. Обособленные проводники ранее назывались механической моделью (ММ). Испытания по механической модели для подтверждения соответствия компонентов больше не требуются, используются только МЧТ и МЗУ. ММ используются в данном стандарте только применительно к описанию взаимодействия с обособленными проводниками. Указанные выше три уровня ЭСР были выделены в IEC 61340-5-1 как исходные уровни чувствительности компонентов, так как значительное большинство чувствительных к ЭСР изделий на рынке имеют уровни чувствительности выше, чем 100 В МЧТ, 200 В МЗУ и 35 В при воздействии обособленных проводников. При использовании чувствительных к ЭСР компонентов (ЧЭСР-компонентов) с чувствительностью меньше, чем данные значения, может быть внедрен дополнительный контроль или могут быть использованы соответствующие элементы технического контроля.

Пределы, устанавливаемые для каждого из элементов ЭСР-управления, определяются программой ЭСР-управления, разработанной для устройств, выдерживающих 100 В МЧТ, 200 В МЗУ и 35 В при воздействии обособленных проводников. Значение 100 В применяют на основании максимальных уровней напряжения, получаемых на отдельном элементе при его заземлении с применением методик, принятых в электронной промышленности и изложенных в IEC 61340-5-1.

Для производств, где возможен риск повреждения в соответствии с МЗУ, IEC 61340-5-1 устанавливает требования по использованию диэлектриков на участке, защищенном от электростатического разряда (УЗЭ), основываясь на максимальных пределах значений напряженности электростатического поля.

Формирование электростатических зарядов происходит при физическом контакте, разделении или трении материалов, потоков твердых частиц, жидкостей или насыщенных взвесями газов. Наиболее распространенными источниками ЭСР являются: несущий электростатический заряд персонал, проводники, полимерные материалы и технологическое оборудование. ЭСР может привести к повреждению, если:

- человек или объект, несущий электростатический заряд, вступает в контакт с ЧЭСР-компонентом;
- ЧЭСР-компонент вступает в контакт с сильно проводящей поверхностью, находясь под воздействием электростатического поля;
- ЧЭСР-компонент, несущий электростатический заряд, вступает в контакт с проводящей поверхностью, имеющей иной электрический потенциал.

Примерами ЧЭСР-компонентов являются микросхемы, дискретные полупроводниковые приборы, толстопленочные и тонкопленочные резисторы, гибридные устройства, печатные платы и пьезоэлектрические кристаллы. Допускается определять чувствительность компонентов и устройств, воздействуя на них моделируемыми ЭСР. Пороговое напряжение ЭСР, определяемое испытанием с использованием моделируемых электростатических явлений, не обязательно должно соответствовать пороговому напряжению ЭСР в реальных условиях. Однако испытания используются для составления базы данных сравнительной чувствительности компонентов аналогичного типа разных изготовителей. Для определения чувствительности используются три модели ЭСР: МЧТ, ММ и МЗУ. В существующей практике компоненты испытываются с помощью МЧТ и МЗУ.

Общие принципы, описанные в IEC 61340-5-1, применяются не только к ЧЭСР-компонентам, с уровнем чувствительности, описанным в IEC 61340-5-1 (например: 100 В по МЧТ). Для производств, где применяются ЧЭСР-компоненты, выдерживающие большие или меньшие уровни напряжения, установленные в IEC 61340-5-1, также могут применяться основные принципы IEC 61340-5-1. Организация может изменить пределы, указанные в IEC 61340-5-1:2016, таблицах 2—4. В программной документации указывают наибольший уровень чувствительности, который может быть получен, и, если разница между ними установлена в IEC 61340-5-1, в документы программы могут быть включены соответствующие отклонения предельных значений от установленных в IEC 61340-5-1.

Фундаментальные принципы ЭСР-управления, основанные на IEC 61340-5-1:

а) Избегать передачи заряда от любых заряженных токопроводящих объектов (персонал, оборудование) на изделие.

Это обеспечивается связью или электрическим соединением всех проводников, находящихся поблизости, включая персонал, с защитным заземлением или специально устроенным заземлением (как это делается на борту корабля или самолета). Такое устройство формирует эквипотенциальное равновесие между всеми проводящими объектами и персоналом. Электростатическая защита может поддерживаться при разности потенциалов, отличной от «нулевого» потенциала напряжения земли, поскольку все проводящие объекты в системе имеют одинаковый потенциал;

б) Избегать передачи разряда от любых заряженных ЧЭСР-компонентов (передача заряда может произойти в результате прямого контакта и разъединения или быть вызвана воздействием поля).

Диэлектрики не теряют свой электростатический заряд при контакте с землей. Предпочтительно, чтобы диэлектрики не находились близко к ЧЭСР-компонентам. Некоторые диэлектрики являются неотъемлемой частью процесса или изделия и не могут быть удалены на достаточное расстояние от ЧЭСР-компонента. Ионизация или другие ослабляющие методы обеспечивают нейтрализацию зарядов диэлектриков (примерами диэлектриков являются материалы схемных плат и упаковки некоторых изделий). Оценка ЭСР-опасности, формируемой электростатическими зарядами на необходимых на рабочем месте диэлектриках, должна гарантировать, что предпринимаются ослабляющие меры в соответствии с имеющимся риском;

в) Непосредственно за пределами УЗЭ, часто невозможно контролировать перечисленные выше явления, поэтому требуется защитная упаковка. Защита от ЭСР может достигаться помещением ЧЭСР-компонентов в антистатические материалы, тип которых зависит от ситуации и назначения. Антистатические рассеивающие материалы могут обеспечивать адекватную защиту внутри УЗЭ. За пределами УЗЭ рекомендуется использовать экранирующие статические разряды материалы. Несмотря на то, что такие материалы не обсуждаются в данном стандарте, следует понимать различия в их применении.

Каждая организация использует различные методы и комбинации, предотвращающие ЭСР для оптимизации программы ЭСР-управления. Необходимо, чтобы эти измерения были разделены, основаны на технической необходимости и тщательно документированы в плане выполнения программы ЭСР-управления.

Обучение также является существенной частью для повышения осведомленности и понимания вопросов контроля электростатической обстановки. Необученный персонал является источником наибольшего риска возникновения ЭСР (ЭСР-риска). После обучения они становятся активными участниками работ по защите от ЭСР.

Регулярная проверка соответствия необходима для подтверждения того, что оборудование остается эффективным и программа ЭСР-управления применяется в соответствии с планом выполнения программы ЭСР-управления.

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ЭЛЕКТРОСТАТИКА. ЗАЩИТА ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ ОТ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ

Руководство по применению

Electrostatics. Protection of electronic devices from electrostatic phenomena. User guide

Дата введения — 2021—05—01

1 Область применения

Настоящий стандарт предназначен для производств, занимающихся изготовлением, обработкой, сборкой, установкой, упаковкой, маркировкой, обслуживанием, испытанием, проверкой или какой-либо другой обработкой электрических или электронных деталей, узлов и оборудования, чувствительных к повреждениям, вызываемым электростатическими разрядами большим или равным 100 В по МЧТ, 200 В по МЗУ или 35 В при воздействии обособленных проводников. Элементы контроля или корректировка пределов могут быть применены для ЧЭСР-компонентов с пониженным уровнем чувствительности. Настоящий стандарт разработан в дополнение к IEC 61340-5-1.

Примечание — Обособленные проводники ранее назывались механической моделью (ММ).

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 61340-5-1:2016, Electrostatics — Part 5-1: Protection of electronic devices from electrostatic phenomena — General requirements (Электростатика. Часть 5-1. Защита электронных устройств от электростатических явлений. Общие требования)

3 Термины, определения и сокращения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины и определения по IEC 61340-5-1.

ИСО и МЭК поддерживают терминологическую базу данных, используемую в целях стандартизации по следующим адресам:

- Электропедия МЭК: доступна по адресу http://gost.e-ecolog.ru ;
- платформа онлайн-просмотра ИСО: доступна по адресу gost.e-ecolog.ru .

3.2 Сокращения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

АРПО — автоматизированное разгрузочно-погрузочное оборудование;

МЗУ — модель заряженного устройства;

КУЗП — контрольное устройство с заряженной пластиной;

ИУ — испытываемое устройство;

Издание официальное

УЗЭ — участок, защищенный от электростатических разрядов;
ЭСР — электростатический разряд;
ЧЭСР — чувствительное к ЭСР устройство;
МЧТ — модель человеческого тела;
ММ — механическая модель;
СПВП — скорость проницаемости водяных паров;
СИЗ — средства индивидуальной защиты;
RC — сопротивление-емкость.

4 Безопасность персонала

Методики и оборудование, установленные в настоящем стандарте, не должны подвергать персонал опасным воздействиям. Пользователи обязаны выбирать оборудование в соответствии с действующим законодательством, обязательными требованиями нормативных документов, а также внутренней и внешней политикой предприятия. Настоящий стандарт не может заменить или отменить какие-либо требования по безопасности персонала.

Необходимо принимать меры по снижению электрической опасности и выполнять инструкции по правильному заземлению оборудования.

5 Программа ЭСР-управления

5.1 Общие положения

5.1.1 Требования к программе ЭСР-управления

Программа ЭСР-управления должна включать как организационные, так и технические требования, описанные в IEC 61340-5-1, которые необходимы организации для установки, документирования, внедрения, поддержки и проверки соответствия программы.

5.1.2 ЭСР-координатор

ЭСР-координатор — это лицо, назначенное и отвечающее за организацию и выполнение программы ЭСР-управления.

Для внедрения программы ЭСР-управления, IEC 61340-5-1 требует, чтобы был назначен ЭСР-координатор. Координатор отвечает за все аспекты ЭСР-защиты на данном предприятии.

Для эффективной работы ЭСР-координатора требуется:

a) полная поддержка руководства;

b) хорошее понимание явлений электростатики и причин повреждения ЧЭСР-компонентов. Координатор обязан посещать образовательные программы или семинары, посвященные электростатическим явлениям, чтобы поддерживать и расширять свои знания;

c) полное понимание IEC 61340-5-1 и всех организационных процессов, связанных с обращением с ЧЭСР-компонентами;

d) доступ к средствам измерений и оборудованию в целях выполнения проверок соответствия, а также испытания новых изделий и материалов, используемых в программе ЭСР-управления;

e) в зависимости от размеров предприятия координатору могут также потребоваться инспекторы для проведения ЭСР-проверок.

Руководство предприятия обязано предоставить ЭСР-координатору полномочия и гарантии того, что программа ЭСР-управления будет поддерживаться и работать.

5.1.3 Внесение изменений

Возможно, IEC 61340-5-1 или какая-либо его часть может применяться не ко всем задачам организации. В этой ситуации для организации допустимо внести исключения для одного или более требований IEC 61340-5-1 до тех пор, пока это актуально, обоснованно и задокументировано для конкретного исключения. Пример допускаемого исключения из IEC 61340-5-1 приведен в примере плана выполнения программы ЭСР-управления, в конце документа (приложение А).

5.2 Организационные требования к программе ЭСР-управления

5.2.1 План выполнения программы ЭСР-управления

5.2.1.1 Общие положения

В данном пункте по шагам изложен принцип, который может быть использован для организации программы ЭСР-управления.

5.2.1.2 Установление порогового напряжения ЭСР

Первый шаг в разработке плана выполнения программы ЭСР-управления — определение степени чувствительности компонентов, сборок или оборудования, для которых разрабатывается план, к ЭСР. Хотя требования, описанные в IEC 61340-5-1 действительны для компонентов, выдерживающих 100 В по МЧТ, или 200 В по МЗУ или выше, организация может выбрать программу ЭСР-управления для компонентов, выдерживающих напряжение менее или более установленных пределов. В этом случае организация должна разработать план выполнения программы ЭСР-управления, который четко определяет чувствительность к ЭСР, на которой будет основана данная программа.

Организация может использовать различные способы для определения чувствительности компонентов к ЭСР. Некоторые из таких способов включают:

- предположение, что все компоненты имеют чувствительность 100 В по МЧТ и 200 В по МЗУ;
- испытание компонентов на ЭСР-чувствительность для определения порогов ЭСР-чувствительности на основе стандартов (см. библиографию);
- поиск данных о пороговом напряжении ЭСР в опубликованных документах, например, технических условиях (спецификациях) изготовителей.

Дополнительную информацию можно найти в основополагающем информационном документе Отраслевого совета по уровням ЭСР (gost.e-ecolog.ru).

5.2.1.3 Оценка технологических и организационных процессов

Прежде чем приступить к разработке плана выполнения программы ЭСР-управления, необходимо оценить технологические и организационные процессы, которые могут оказать влияние на программу ЭСР-управления (в данном списке приведены примеры областей влияния):

- закупки (покупка сертифицированных элементов ЭСР-управления);
- конструирование (выбор компонентов/материалов в соответствии с ЭСР-задачами);
- входной контроль (необходимо обратить внимание на использование ЧЭСР-компонентов, а также вторичную упаковку);
- контроль качества;
- производство (конструкция и операции на производственной линии),
- испытание;
- техническое обслуживание (изделий/заземления),
- упаковка и транспортирование;
- обслуживание на месте (внедрение ЭСР-управления при обслуживающих операциях);
- анализ неисправностей;
- ремонтные работы;
- хранение запасных частей;
- транспортирование материалов и перемещение деталей;
- техническое обслуживание оборудования (например, очистка/заземление).

Для определения ЭСР-рисков и подходящих технологических методик ЭСР-управления, необходимо оценить каждый участок, на котором обрабатываются ЧЭСР-компоненты. Накопленная на этих этапах информация является основой для разработки плана выполнения программы ЭСР-управления.

5.2.1.4 Методика определения опасности ЭСР

Первым шагом для определения опасности ЭСР является определение ЧЭСР-компонентов, печатных плат (ПП) или других элементов, используемых на предприятии. Большая часть полупроводников и некоторые пассивные устройства являются ЧЭСР-компонентами. Не выделяя частных случаев, полупроводниковые приборы, модули и похожие схемы должны считаться ЧЭСР-компонентами. Если их степень чувствительности к ЭСР неизвестна, тогда изделие также считается чувствительным к ЭСР. Даже ПП или модули, находящиеся внутри корпуса, могут быть чувствительными к ЭСР, который может попасть внутрь через разъем или незакрепленный конец провода.

Вторым шагом является определение процессов, в которых могут использоваться ЧЭСР-компоненты в незащищенной зоне. Эти процессы могут быть ручными или автоматическими. Наибольший вклад в защиту от ЭСР вносит минимизация использования ЧЭСР-компонентов в незащищенной зоне. Там, где их использование необходимо, требуется форма ЭСР-управления, которая в IEC 61340-5-1 описана как УЗЭ. Все области, в которых ЭСР-управление не применяется, являются незащищенными зонами. ЧЭСР-компоненты в незащищенной зоне должны быть защищены с помощью защитной упаковки.

Третьим шагом является определение потенциальных источников ЭСР в каждом процессе. Наиболее типичными из них являются:

- заряженный персонал, касающийся ЧЭСР-компонента,
- заряженный металл или проводящий объект, инструмент или иной элемент, касающийся ЧЭСР-компонента;
- ЧЭСР-компонент заряжается и касается проводящего элемента (например, металлическая часть или оборудование).

Электростатические поля, как правило, не разряжаются внутри себя (с некоторыми исключениями). При этом электростатические поля могут создать условия для возникновения ЭСР, т. к. некоторые обособленные проводники (например, металлические части или приборы) внутри электростатического поля приобретают потенциал. Если два проводника соприкоснутся (или будут достаточно близко друг к другу) внутри электростатического поля, и как минимум один из них будет обособленным, между ними может произойти ЭСР.

Особенный ущерб ЭСР может нанести тогда, когда ЧЭСР-компонент контактирует с элементом с высокой проводимостью (низкого сопротивления, например металлом). ЭСР, происходящий в этом случае, может иметь очень короткую продолжительность и высокий ток разряда. Чувствительность компонента к данному типу разрядов характеризуется его уровнем чувствительности по модели заряженного устройства (МЗУ). Этот тип повреждений возможно избежать при контакте элемента с диэлектриками сопротивлением более $1 \cdot 10^4$ Ом.

5.2.1.5 Метод определения необходимых измерений для контроля ЭСР

Первым шагом в определении необходимых измерений для контроля ЭСР является определение границ для каждого УЗЭ. Они должны быть помечены или обозначены так, чтобы персонал с легкостью мог различать, какая зона является УЗЭ, а какая является незащищенной зоной. Тогда измерения для контроля ЭСР могут быть определены внутри УЗЭ.

- Персонал, работающий с ЧЭСР-компонентами, должен быть заземлен так, чтобы не иметь на себе заряд, способный повредить ЧЭСР-компонент при прикосновении. Это означает, что потенциал тела сотрудника должен быть снижен до уровня ниже, чем допустимый уровень МЧТ на ЧЭСР-компоненте.
- Металлические или проводящие элементы, которые контактируют с ЧЭСР-компонентами, должны быть заземлены, чтобы удостовериться, что они не заряжены.
- Источники высоковольтных электростатических полей (например, заряженные диэлектрики или оборудование, которое генерирует внешние электростатические поля) должны находиться достаточно далеко от ЧЭСР-компонента, чтобы исключить риск влияния высокого напряжения на устройство.
- ЧЭСР-компоненты часто находятся в незаземленном состоянии при контакте с другими компонентами или производственными элементами. Это может создать риск заряда компонента. Этот риск следует контролировать с помощью использования рассеивающих материалов или снижением разницы потенциалов.

5.2.1.6 Документирование плана выполнения программы ЭСР-управления

После сбора перечисленной выше информации организация начинает разрабатывать план выполнения программы ЭСР-управления. План должен определять область действия программы, включать задачи, действия и методики, необходимые для защиты ЧЭСР-компонентов, имеющих уровень чувствительности к ЭСР, определенный для этого плана или выше. Несмотря на то, что главной задачей плана является определение стратегий, отвечающих административным и техническим элементам IEC 61340-5-1, может оказаться полезным включение в него также других вопросов.

Дополнительно рассматриваемые в плане вопросы содержат:

- организационную ответственность;
- распределение ролей и ответственности между организацией, субподрядчиками и поставщиками;
- стратегии для мониторинга выпуска продукции и процессов, которые могут оказаться важными при определении эффективности мер ЭСР-управления, осуществляемых в настоящий момент, или при оценке необходимости разработки дополнительных мер;
- способы постоянного совершенствования программы ЭСР-управления;
- список утвержденных изделий и материалов для программы ЭСР-управления.

Административные и технические элементы IEC 61340-5-1, которые следует учитывать при составлении плана, включают:

- план обучения;

- подтверждение соответствия;
- план проверок соответствия;
- системы заземления/выравнивания потенциала;
- заземление персонала;
- защищенные от ЭСР участки (УЗЭ);
- упаковку;
- маркировку.

5.2.2 План обучения

Обучение персонала является необходимым элементом выполнения программы ЭСР-управления. Одна из важных задач обучения — осознание персоналом, что предотвращение ЭСР-рисков является важной частью производственного процесса.

Во-первых, необходимо определить, какие сотрудники должны пройти ЭСР-обучение. Согласно IEC 61340-5-1 начальное и повторное обучение должен проходить весь персонал, соприкасающийся с ЧЭСР-компонентами. Например, бухгалтерия. В некоторых компаниях бухгалтерия участвует в ежегодной инвентаризации, когда производится учет всех компонентов. В таком случае сотрудники имеют дело с ЧЭСР-компонентами и поэтому должны проходить обучение, в соответствии с IEC 61340-5-1.

Организация может обеспечить ЭСР-обучение для персонала, который не работает с ЧЭСР-компонентами, несмотря на то, что IEC 61340-5-1 этого не требует. Дополнительное обучение может быть проведено:

- для менеджеров, которые могут нуждаться в понимании необходимости предотвращения ЭСР и причинах возникновения ЭСР-рисков,
- технического и обслуживающего персонала, который может работать внутри участка УЗЭ;
- персонала, осуществляющего закупки, ответственного за закупку ЧЭСР-компонентов и оборудования.

Лицо, сопровождающее посетителей на участке УЗЭ, несет ответственность за их поведение на этом участке, а также за использование ими защитных средств.

Обучение персонала допускается проводить различными способами (с помощью инструктора, компьютерное обучение и т. п.); предпочтительным способом при начальном обучении является обучение с инструктором. Инструктор должен хорошо знать теоретические основы возникновения ЭСР и программу ЭСР-управления, действующую в организации, а также описанные в ней процессы, методики и материалы. При обучении следует принимать во внимание образование, квалификацию и возраст обучаемых. Все обучение следует проводить в безопасном удобном помещении.

Выбираются наиболее подходящие методы ЭСР-обучения для данного производства:

- корпоративный курс, проводимый инструктором в ЭСР-классе;
- корпоративный курс, проводимый консультантом на базе предприятия;
- компьютерное обучение;
- промышленные симпозиумы, консультации и семинары;
- на рабочих курсах.

Программа начального обучения должна включать основы ЭСР, особенности плана выполнения программы ЭСР-управления данного производства и роль каждого сотрудника в программе ЭСР-управления. Программа обучения должна отвечать на следующие важные вопросы:

- что такое статическое электричество?
- как оно возникает?
- как ЭСР влияет на качество работы изделия?

Рекомендуется включать подробное объяснение технологии защиты как части политики организации. Независимо от выбора метода обучения, программа должна строиться таким образом, чтобы сотрудники получили ответы на все вопросы. Кроме того, квалифицированный сотрудник организации должен отвечать на все вопросы обучаемых сотрудников, когда они уже приступили к работе. Свободное общение — ключ к успеху программы ЭСР-обучения. Такой тип общения должен сохраниться на рабочем месте и формировать основу для постоянного процесса обучения. Согласно IEC 61340-5-1 начальное обучение проводят до того, как персонал приступит к работе с ЧЭСР-компонентами.

Поскольку программы ЭСР-управления покрывают большое количество рабочих должностей и образовательных уровней, необходимо разработать специальные обучающие модули, охватывающие конкретную прикладную задачу. Усовершенствованные модули должны подчеркивать специфические особенности каждой должности. Курс обучения должен учитывать особые требования к каждой группе персонала. Например, модули, разрабатываемые для руководства, инженеров, технических специали-

стов, персонала, осуществляющего уборку и «полевое» обслуживание, могут сильно отличаться друг от друга, т. к. их ежедневные обязанности и область ответственности сильно отличаются.

Проведение начального и последующего обучения является важной составляющей плана обучения любой организации. Необходимо постоянно совершенствовать план обучения, вносить в него изменения и обосновывать их необходимость. Как при начальном, так и последующем обучении необходимо правильно выбрать метод обучения и частоту его проведения. Выбранный метод должен обеспечивать осведомленность каждого сотрудника и определять его обязанности, направленные на защиту от ЭСР. Последующее обучение также является хорошей формой обратной связи для мониторинга эффективности программы. Во время занятий необходимо стимулировать персонал к обсуждению проблем и внесению предложений по улучшению программы. Затем могут назначаться действия по усовершенствованию всей программы ЭСР-управления организации.

Необходимо, чтобы после окончания обучения (начального или периодического) все обучающиеся поняли и запомнили концепции программы ЭСР-управления. Согласно IEC 61340-5-1 план обучения должен включать методику объективной оценки полученных знаний. Такая проверка может быть многообразной, включающей как письменные тесты, беседы в форме вопросов и ответов с инструктором, так и вопросы с вариантами ответов в конце обучения с привлечением компьютера. Независимо от выбранного метода, организация должна определить критерий «успешно/неуспешно», гарантирующий адекватную оценку полученных знаний. Необходимо хранить все записи о результатах оценки знаний, чтобы руководство и заказчики в любой момент могли к ним обратиться для подтверждения того, что план выполнения программы ЭСР-управления в части обучения выполняется.

Согласно IEC 61340-5-1 повторное обучение должно осуществляться периодически, поэтому необходимо разработать систему, которая позволит определить, когда сотрудники должны проходить повторную проверку и/или сертификацию.

Образовательные материалы по ЭСР-управлению должны быть доступны, чтобы сотрудники организации могли в любой момент ими воспользоваться. В число таких материалов могут входить:

- материалы, используемые при начальном и последующем обучении,
- ЭСР-бюллетени и информационные письма;
- видеоматериалы или CD;
- материалы обучения на базе компьютера;
- технические статьи, исследования, стандарты и спецификации;
- материалы по ЭСР-управлению и спецификации оборудования.

5.2.3 Подтверждение соответствия

В организации следует необходимые требования для новых элементов ЭСР-управления устанавливать перед их использованием в УЗЭ.

В настоящем пункте рассмотрены различные пути использования процедуры подтверждения соответствия для элементов ЭСР-управления, которые необходимо выполнять в организации.

Все требования к подтверждению соответствия элементов программы ЭСР-управления представлены в IEC 61340-5-1 и [20] с соответствующими ссылками на методы испытаний; однако в план выполнения программы ЭСР-управления могут быть внесены изменения, где изменены принятые уровни методов испытаний, а также добавлены или исключены элементы ЭСР-управления. Если элемент ЭСР-управления добавлен в перечень, соответствующие метод испытаний и допустимые пределы должны быть установлены в плане выполнения программы ЭСР-управления.

Основная часть информации относительно методов и допустимых пределов находится в IEC 61340-5-1:2016, таблицы 2 и 3.

Следующие документы для элементов ЭСР-управления являются подтверждением соответствия требованиям:

a) Спецификация изготовителя элемента ЭСР-управления:

1) должна включать ссылку на метод испытаний для данного элемента,

и

2) должна включать результаты испытаний и другую основную информацию, в соответствии с требованиями IEC 61340-5-1 и [20].

b) Протокол испытаний из независимой лаборатории: протокол испытаний должен включать ссылку на допустимые методы испытаний ЭСР, а также общие требования IEC 61340-5-1 и [20].

c) Протокол испытаний, разработанный внутри предприятия-изготовителя: протокол испытаний должен включать ссылку на допустимые методы испытаний ЭСР, а также общие требования IEC 61340-5-1 и [20].

d) Для элементов ЭСР-управления, которые были приняты организацией до принятия данного стандарта, для подтверждения соответствия могут быть использованы протоколы периодических проверок соответствия. Основная рекомендация: они должны содержать, как минимум, информацию об испытаниях в течение последних трех лет.

5.2.4 План проверки соответствия

5.2.4.1 Общие положения

План проверки соответствия (подтверждения, что элементы ЭСР-управления еще функционируют) является основной частью программы ЭСР-управления. Проверки соответствия следует проводить на периодической основе, это считается частью общей программы. Однако они не должны считаться аудитом или оценкой процесса.

Примечание — Оценка или аудит процесса используется для подтверждения того, что программа ЭСР-управления удовлетворяет всем требованиям IEC 61340-5-1. Это типичное действие в соответствии с системой менеджмента качества при внутренней или внешней оценке. При желании, может быть проведена оценка третьей стороной, чтобы удостовериться, что процессы ЭСР-управления соответствуют IEC 61340-5-1. Этот тип оценки не только представляет описание технических элементов, но подтверждает, что все административные элементы, такие как подтверждение соответствия продукции и обучение, соответствуют всем требованиям.

5.2.4.2 Разработка плана проверки соответствия

В настоящем подпункте обоснована важность разработки и соответствующего точного внедрения плана проверки соответствия элементов ЭСР-управления и его роли в поддержании успешного функционирования программы ЭСР-управления.

Для того чтобы программа ЭСР-управления была успешной, необходимо разработать план для осуществляемого контроля.

План должен включать в себя следующие аспекты:

- перечень элементов ЭСР-управления, которые будут применяться;
- периодичность проверок элементов ЭСР-управления для подтверждения их соответствия спецификации;
- допустимые значения для каждого используемого элемента ЭСР-управления;
- методы испытаний, которые будут использованы для подтверждения соответствия элементов ЭСР-управления;
- средства измерений и оборудование, которое будет использоваться для проверки соответствия элементов ЭСР-управления;
- лица, ответственные за проведение измерений;
- процедуры в случае выявления несоответствия элементов ЭСР-управления.

Подтверждение соответствия следует проводить после установки элементов ЭСР-управления и перед их использованием.

5.2.4.3 Элементы ЭСР-управления

Существует множество способов составления программы ЭСР-управления. Программа может быть как очень простой и экономичной, так и сложной, комплексной программой, использующей различные элементы контроля, обеспечивающие дублирование в случае отказа основных элементов ЭСР-управления.

Базовая программа ЭСР-управления должна включать следующие элементы:

a) заземляемые рабочие поверхности;

b) заземление персонала с помощью антистатических браслетов;

c) защитная упаковка для перемещения ЧЭСР-компонентов от одного процесса к следующему.

Комплексная программа ЭСР-управления должна включать следующие элементы:

1) заземляемые рабочие поверхности;
2) заземление персонала с помощью антистатических браслетов;
3) заземление персонала через антистатическое напольное покрытие и ЭСР-защитную обувь;
4) применение персоналом заземленной защитной одежды;
5) ионизация воздуха на каждом рабочем месте.

Решение о том, какую программу использовать, базовую или комплексную, принимается организацией. Вопросы, которые следует при этом рассматривать:

- стоимость изготавливаемых изделий;
- требования к надежности изделия, предъявляемые заказчиком;
- ЭСР-чувствительность обрабатываемых изделий.

Любой из вариантов программы может быть эффективным для защиты ЧЭСР-компонентов.

Как только элементы ЭСР-управления определены и внедрены, необходимо составить план проверки соответствия. Чтобы определить тенденции улучшения или ухудшения при использовании ЭСР-программы, необходимо, чтобы аудиторы каждый раз последовательно проверяли каждый участок. Многие организации считают, что правильно составленный план проверки соответствия помогает улучшить согласованность проверок.

5.2.4.4 Частота проверок соответствия

Частота проверок элементов ЭСР-управления зависит от ряда факторов, например, частоты использования, срока службы, влияния на программу ЭСР-управления в случае неисправности. В качестве примера допускается привести часто используемые для заземления персонала антистатические браслеты. Провод браслета в результате ежедневных растягиваний/изгибаний изнашивается, а проводящая жила провода может разорваться. Типичная частота проверки проводов антистатических браслетов — один раз в смену, т. к. контроль состояния провода антистатического браслета необходим для успешного выполнения программы и обнаружения вероятной неисправности.

Некоторые организации желают увеличить время между проверками какого-либо элемента ЭСР-управления после эксплуатации этого элемента в течение некоторого периода времени. Как правило, это делается путем мониторинга неисправностей элемента ЭСР-управления. Как только организация приходит к выводу, что в течение заданного периода времени не обнаруживается никаких неисправностей, время между проведением проверок допускается увеличить. Затем организация проводит мониторинг нового интервала проверок. Если обнаруживается неприемлемый уровень неисправностей, необходимо вернуться к предыдущему периоду проверок.

5.2.4.5 Проверки соответствия

5.2.4.5.1 Тип проверок

В промышленности на настоящий момент используется несколько типов проверок соответствия. Эти проверки часто используются в комбинации для максимального увеличения эффективности программы ЭСР-управления.

5.2.4.5.2 Визуальные проверки

Визуальные проверки используются компаниями для проверки общего состояния УЗЭ. Они могут выполняться сотрудниками в начале смены для того, чтобы удостовериться, что все заземляющие провода находятся на месте, и что все ненужные источники статического электричества удалены. Визуальные проверки могут использоваться также руководством или инспектирующим персоналом для гарантии того, что сотрудники выполняют административные указания относительно правильного использования защитной обуви и антистатических браслетов, а также ежедневного испытания последних. Визуальная проверка часто является хорошей индикацией выполнения программы ЭСР-управления.

5.2.4.5.3 Измерения при проверках соответствия

Большинство организаций осуществляют контроль путем измерений. Такой тип проверок осуществляется персоналом, имеющим специальную квалификацию с применением специального оборудования для каждого элемента программы ЭСР-управления. Некоторые организации выполняют измерение каждого используемого на производстве элемента ЭСР-управления, тогда как другие используют выборочные измерения. Тип используемой проверки зависит от того, насколько эта проверка признается организацией эффективной.

5.2.4.6 Требования к элементам ЭСР-управления

В прошлом, многие организации были вынуждены разрабатывать свои собственные методики испытаний и устанавливать требования для тестируемых элементов ЭСР-управления. Однако в настоящее время разработаны и используются общие требования для многих элементов ЭСР-управления. Разработка программы ЭСР-управления в соответствии с требованиями, указанными в IEC 61340-5-1, существенно снижает возможность разрушения ЧЭСР-компонента от ЭСР.

Иногда пределы могут быть изменены в сторону ужесточения. Примером такой ситуации может быть разработка программы ЭСР-управления для компонентов с чувствительностью к ЭСР меньшего напряжения, чем установлены в IEC 61340-5-1.

5.2.4.7 Методы испытаний

Для того чтобы применять IEC 61340-5-1, требуется, чтобы организация следовала методам или стандартам, приведенным в IEC 61340-5-1:2016, таблицах 1—3. Известно, что некоторые организации разрабатывают собственные методы или используют другие стандартные методы для подтверждения соответствия элементов ЭСР-управления, что допустимо, согласно IEC 61340-5-1. Если стандарты, указанные в IEC 61340-5-1 не используются в организации, в плане программы ЭСР-управления не-

обходимо указать причины, по которым указанные стандарты не могут быть применены. Необходимо доказать, что используемые методы испытаний являются подходящими и достаточными.

Приведенные в таблицах методы испытаний предназначены, главным образом, для классификации используемых изделий и материалов. Для выполнения контрольных измерений, соответствующих требованиям IEC 61340-5-1, может быть использован модифицированный вариант метода испытания.

Необходимо, чтобы лица, привлеченные к проверке элементов ЭСР-управления, понимали, как следует производить контрольные измерения. Необходимо разработать методики для выполнения каждого измерения, а также обеспечить понимание методики проверки всеми лицами, привлеченными к выполнению измерений.

5.2.4.8 Испытательное оборудование

Необходимо, чтобы организация подобрала подходящее оборудование для проведения измерений при периодических проверках соответствия. Рекомендуется использовать измерительные приборы, указанные в индивидуальных методах испытаний или стандартах, перечисленных в IEC 61340-5-1:2016, таблицах 1—3. Весь персонал должен уметь правильно пользоваться средствами измерений.

5.2.4.9 Оценка соответствия

5.2.4.9.1 Компетентность при оценке

Частью разработки программы ЭСР-управления, в соответствии с IEC 61340-5-1, является правильный выбор людей, участвующих в проверке программы. Ниже изложены некоторые положения, которые следует учитывать при выборе аудиторов внутри организации:

- аудитор должен быть хорошо ознакомлен с IEC 61340-5-1, а также с программой ЭСР-управления данной организации;
- аудитор должен понимать, как программа ЭСР-управления соотносится с системой управления качеством данной организации. Результат ЭСР-проверки — один из примеров. Какие меры организация предпринимает при обнаружении несоответствий? Как документируются результаты ЭСР-проверок? Составляются ли отчеты о корректирующих действиях? Проверяет ли аудитор, что выявленные проблемные участки устраняются, прежде чем прекращаются корректировочные действия?;
- желательно, чтобы аудитор прошел обучение по проведению аудитов;
- ЭСР-аудитор должен быть хорошо знаком с производственными процессами, которые он будет проверять.

5.2.4.9.2 Отчет о результатах проверки

Следует информировать руководство о состоянии и выполнении программы ЭСР-управления. Это может быть организовано путем составления отчетов о выполнении проверок. Координатор должен выявить и проанализировать каждое несоответствие на предмет важности, до того, как они будут засчитаны. О серьезных несоответствиях необходимо немедленно уведомить руководство, чтобы привлечь нужные ресурсы для его исправления.

Существует множество способов информирования руководства о несоответствиях. Общепринято использовать диаграммы проверки. Диаграмма должна, как минимум, определять.

- количество результатов проверки;
- тип полученных данных;
- проверяемый участок.

Информация, приведенная на рисунке 1, показывает состояние контроля программы ЭСР-управления и элементов, которые являются наиболее частыми источниками несоответствий, и тот факт, что программа ЭСР-управления снижает число несоответствий. Однако целевой уровень не был достигнут к октябрю.

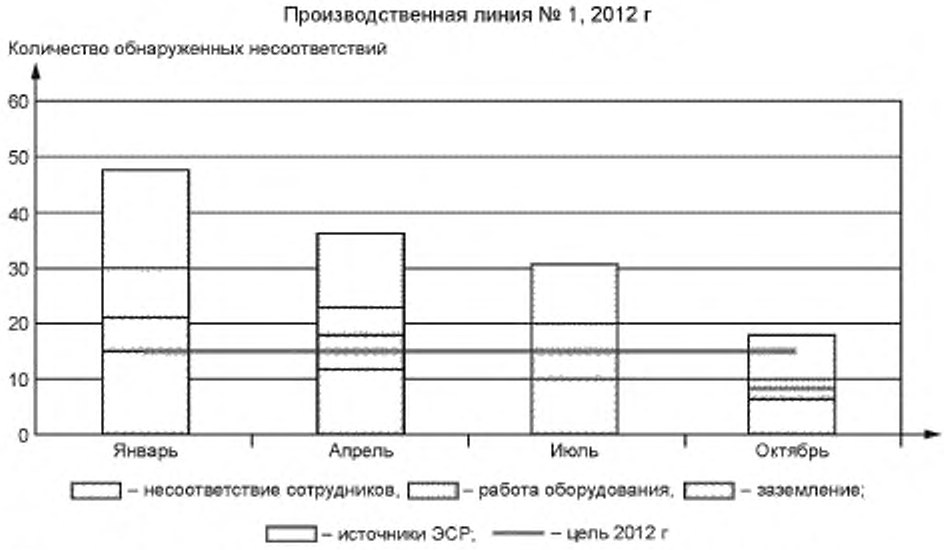


Рисунок 1 — Пример отчета о проверке, отображающего состояние программы ЭСР-управления

5.3 Технические требования к плану выполнения программы ЭСР-управления

5.3.1 Системы заземления/эквипотенциального соединения

5.3.1.1 Общее значение заземления/эквипотенциального соединения

Защита ЧЭСР-компонентов включает в себя обеспечение заземления для приведения ЭСР защитных материалов и персонала к одному и тому же электрическому потенциалу. Все проводящие объекты в окружении, включая персонал, должны иметь связь или электрическое соединение с известной точкой заземления или общей соединительной точкой. Такое соединение обеспечивает распределение заряда, выравнивание напряжения между всеми элементами и персоналом и устраняет вероятность воздействия ЭСР на чувствительные компоненты. Электростатическая защита может иметь потенциал, отличный от «нулевого» напряжения земли, когда все элементы системы приводятся к одному и тому же потенциалу.

Наивысший предел сопротивления поверхности относительно земли, на которой может быть расположен ЧЭСР-компонент по IEC 61340-5-1, меньше, чем наибольший предел сопротивления упаковочного материала. Некоторые материалы, которые используются для упаковки устройств, не должны быть использованы как заземляющие поверхности при работе в незащищенной зоне с ЧЭСР-компонентами.

Следует понимать, что диэлектрики не теряют свой электрический заряд при подключении к заземлению. Принцип работы с диэлектриками приведен в 5.3.3 d).

Следующие подпункты содержат руководство и процедуры, необходимые для установки эффективной линии заземления. Они ограничиваются использованием только для заземления в целях электростатической защиты.

5.3.1.2 Основные требования к заземлению

5.3.1.2.1 Точка заземления и общая соединительная точка

Первым этапом для приведения всех компонентов УЗЭ к одному электрическому потенциалу является заземление всех проводящих компонентов рабочей зоны (рабочие поверхности, люди, оборудование и т. п.) к одной из перечисленных ниже точек:

a) известная точка заземления, присоединенная к защитному заземлению или функциональному заземлению, или

b) общая соединительная точка.

План и терминология, описанная в электрических системах, может варьироваться между разными правилами и стандартами, но основные принципы должны быть идентичны. Тем не менее, организации должны выполнять требования IEC 60364-1 и национальных электрических правил/норм перед подключением элементов ЭСР-управления к электрической системе.

5.3.1.2.2 Защитное заземление

Предпочтительно использовать защитное заземление, также известное как шина заземления оборудования, которое является частью электрической сети. Использование защитного заземления гарантирует, что элементы ЭСР-управления и все подключаемое к электросети оборудование находятся под одним и тем же потенциалом.

5.3.1.2.3 Функциональное заземление

В случае, если использование шины защитного заземления нежелательно или невозможно, используется функциональное заземление. Функциональное заземление представляет собой отдельный заземляющий электрод, который используется в качестве эталонного заземления для всех элементов ЭСР-управления, применяемых в организации. Рекомендуется, чтобы система функционального заземления была связана с электрической заземляющей системой (если таковая имеется), чтобы исключить разность потенциалов между этими двумя системами заземления.

5.3.1.2.4 Общая соединительная точка (эквипотенциальное соединение)

Когда заземляющая система недоступна, программа ЭСР-управления осуществляется подключением всех элементов ЭСР-управления и других больших проводников к общей соединительной точке. Такая точка не соединяется с землей, но все элементы, соединенные с общей точкой, будут находиться под одним и тем же потенциалом, что снижает вероятность повреждения ЧЭСР-компонентов. Точка общего соединения может быть единственной проводящей точкой, к которой подсоединяются заземляющие провода каждого элемента ЭСР-управления, или большие проводящие элементы, такие, как металлический каркас или рабочее место.

Например, в офисах часто используются операции «полевого» обслуживания оборудования. По причинам безопасности обслуживающий техник часто отсоединяет сетевой провод, который одновременно является заземляющим проводом для данного оборудования. Чтобы установить в такое оборудование ЧЭСР-компоненты, необходимо электрически соединить или связать вместе обслуживающего техника, каркас оборудования и чувствительное к ЭСР изделие. При таком соединении, когда техник обращается с изделием или устанавливает изделие в офисное оборудование, электростатическое явление не возникает.

5.3.1.3 Дополнительные требования к заземлению

Самолеты, корабли и наземные транспортные средства имеют шину заземления или проводник заземления, который используется в качестве ЭСР-заземления. Такой сценарий аналогичен ситуации выравнивания потенциалов.

Необходимо, чтобы каждая заземляемая рабочая поверхность соединялась с землей напрямую. На рисунке 2 показан рекомендуемый способ заземления. Однако во многих компаниях рабочие поверхности соединяются с землей последовательно, как это показано на рисунке 3. Последовательное соединение рабочих поверхностей может привести к ситуации, когда несколько рабочих поверхностей отсоединяются от заземления при обрыве единичного заземляющего провода, и поэтому такой способ заземления не рекомендуется.

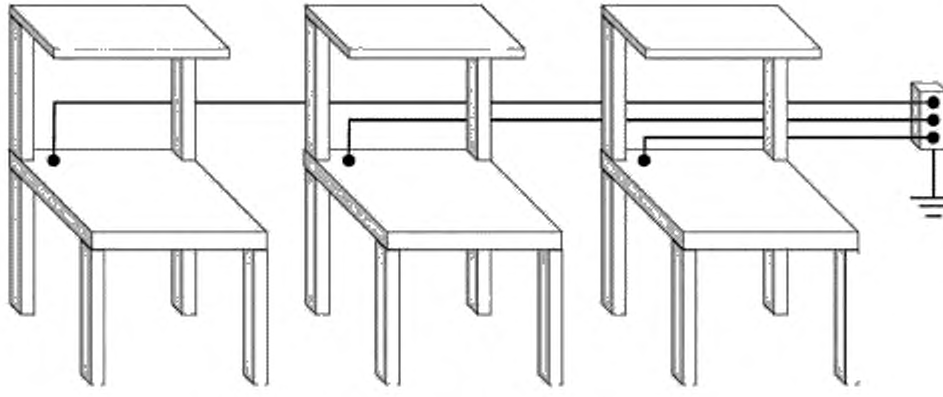


Рисунок 2 — Пример рекомендуемого индивидуального заземления столов

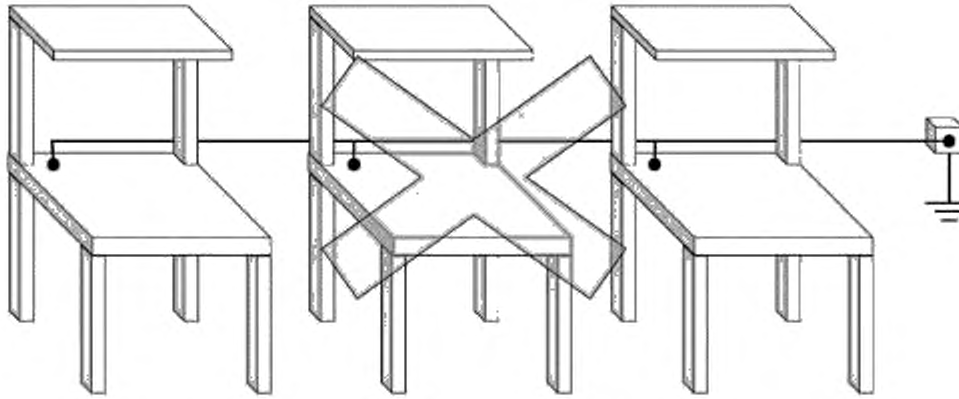


Рисунок 3 — Пример нерекомендуемого заземления последовательно соединенных столов

5.3.1.4 Проверка системы заземления

5.3.1.4.1 Защитное заземление

Для программ ЭСР-управления, в которых для заземления элементов используется заземляющий оборудование проводник, необходимо проверять целостность электрической системы. Используемые значения могут изменяться в зависимости от требований электрических правил и норм каждой отдельной страны. Однако существуют определенные элементы, которые должны проверяться в любой программе ЭСР-управления с применением заземляющего проводника.

- Сопротивление заземляющего проводника должно соответствовать требованиям электрических правил и норм.

- Электрическая система должна иметь правильную проводку, гарантирующую, что элементы ЭСР-управления соединяются с землей, а не с находящейся под напряжением частью электрической системы.

5.3.1.4.2 Функциональное заземление

Если используется функциональное заземление, необходимо убедиться, что система заземляющего проводника отвечает требованиям национальных электрических правил и норм для подобных систем. Если правила не предусмотрены, то измеряют сопротивление между функциональным и защитным заземлением и проверяют его на соответствие значениям, установленным в IEC 61340-5-1.

5.3.1.4.3 Выравнивание потенциалов

Если используется система выравнивания потенциала, необходимо убедиться, что общая соединительная точка имеет достаточную проводимость.

5.3.1.5 Проверка правильности установки элементов ЭСР-управления

После проверки эталонного заземления следует убедиться в том, что все элементы ЭСР-управления правильно соединены с эталонным заземлением. Используя соответствующий метод испытания и предельные значения, необходимо проверить, что сопротивление относительно земли (или относительно общей соединительной точки) находится в пределах, указанных в IEC 61340-5-1:2016, таблицах 2 и 3.

5.3.2 Заземление персонала

5.3.2.1 Общие понятия при заземлении

Требование о заземлении персонала является важным требованием IEC 61340-5-1 и должно выполняться для любого персонала, привлеченного к работе с незащищенными ЧЭСР-компонентами. Существует два способа заземления. Первый — это использование антистатических браслетов, второй — использование системы «напольное покрытие — обувь». Выбор способа заземления зависит от нескольких факторов, включающих физические действия и окружающие условия, а также потенциальные затраты на каждый из способов. Обе системные методики включают человека, элементы контроля (то есть антистатический браслет, напольное покрытие и обувь) и соединение с землей. Типы, применение и другая ключевая информация об антистатических браслетах, напольных покрытиях и обуви приведена в 5.3.2.2 и 5.3.2.3.

5.3.2.2 Системные требования

Электростатический заряд накапливается на теле человека во время движения. Этот заряд формирует электростатический потенциал или напряжение между телом и землей, которое приводит к повреждению ЧЭСР-компонентов. Методика, описанная в IEC 61340-5-1, предназначена для защиты устройств, имеющих чувствительность по МЧТ — 100 В или выше. Для поддержания напряжения человеческого тела ниже 100 В, необходимо электрически соединить тело с заземлением, или выровнять разность потенциалов соединением всех элементов ЭСР-управления друг с другом.

Система заземления обеспечивает определенную степень уверенности, что потенциал тела остается ниже 100 В при последовательном соединении с сопротивлением, идущим на землю. Это сопротивление является ключевым фактором в ограничении напряжения, наблюдаемого на теле. Для тела, которое перемещается, достигнутый уровень напряжения увеличивается, как и сопротивление. Испытания показали, что для снижения напряжения тела сотрудника, использующего антистатический браслет, до значения менее, чем 100 В, требуется сопротивление антистатической браслетной системы не более $3,5 \cdot 10^7$ Ом. На рисунке 4 показана зависимость между напряжением тела и сопротивлением относительно земли. Для программы ЭСР-управления, которая использует обувь и напольные покрытия для заземления персонала, ситуация более комплексная. Так как люди передвигаются по антистатическому напольному покрытию в антистатической обуви, сложно предугадать напряжение на теле сотрудника из-за постоянно меняющейся емкости человеческого тела и постоянной зарядки и разрядки человека.

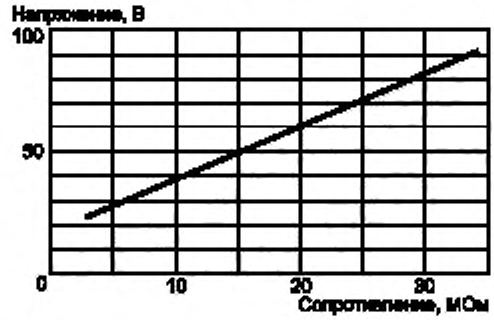


Рисунок 4 — Зависимость между напряжением тела и сопротивлением относительно земли

5.3.2.3 Антистатическая браслетная система (система «антистатический браслет — сотрудник»)

Система «антистатический браслет — сотрудник» состоит из трех элементов: сотрудника, провода и браслета. Необходимо измерять всю систему (т. е. от тела сотрудника до конца провода заземления), чтобы гарантировать, что сопротивление персонала относительно земли находится в заданных пределах.

Антистатическая браслетная система чаще всего используется для заземления персонала. Согласно IEC 61340-5-1, антистатические браслеты предназначены для сотрудников, которые сидят на рабочем месте и выполняют операции с ЧЭСР-компонентами. Для сотрудников, сидящих за рабочим местом, системы напольного покрытия и обуви не обеспечивают надежный контакт с землей, т. к. ноги сотрудника не всегда находятся в постоянном контакте с полом.

При заземлении стоящего сотрудника посредством антистатического браслета провод заземления часто мешает, поэтому система заземления «напольное покрытие — обувь» считается предпочтительной.

5.3.2.4 Система «напольное покрытие — обувь»

Заземление персонала может также осуществляться посредством системы напольного покрытия и обуви. Этот метод подходит, если требуется мобильность персонала, или персонал работает в зонах, где неудобно использовать антистатические браслеты, но необходимо обрабатывать и перемещать чувствительные к ЭСР устройства. Заземление осуществляется путем использования рассеивающих или проводящих напольных покрытий и рассеивающей или проводящей обуви. Система «напольное покрытие — обувь» может использоваться как вспомогательная система при одновременном использовании антистатических браслетов.

Если система «напольное покрытие — обувь» является единственной системой заземления персонала, сопротивление относительно земли, включающее сотрудника, обувь и пол, должно быть меньше, чем установлено в IEC 61340-5-1 при наихудших условиях окружающей среды. Для таких случаев хорошим способом являются испытания в разные времена года при разных условиях окружающей среды, которые будут считаться наихудшими условиями.

Для обеспечения безопасности минимальный предел сопротивления должен учитывать требования используемых правил.

Некоторые типы защитной обуви включают защитные ботинки с заземляющими полосками на подошве или каблуках и бахилы. Если защитная обувь не полностью покрывает нижнюю часть подошвы, при ходьбе может возникнуть заряд. Например, при использовании ремешков заземления. Приведенная ниже диаграмма (рисунок 5) показывает напряжение на теле сотрудника, идущего по заземленному проводящему полу с двумя надетыми ремешками заземления. Напряжение на теле сотрудника не может контролироваться, поскольку ремешки заземления не имеют постоянного контакта с проводящей поверхностью пола.

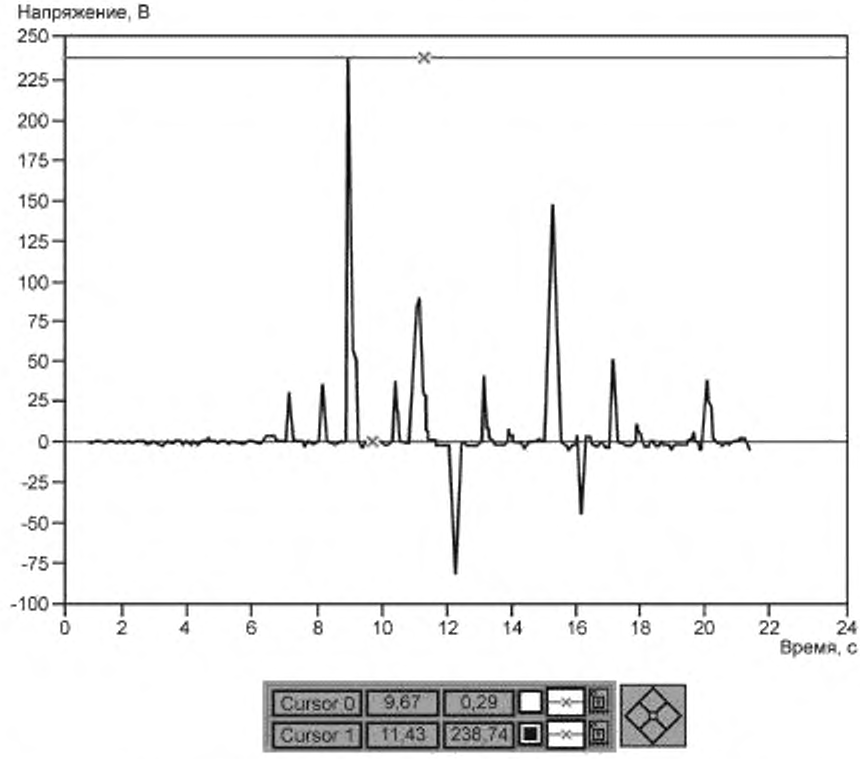


Рисунок 5 — Напряжение на сотруднике, идущем по заземленному проводящему полу с двумя надетыми ремешками заземления

Ремешки заземления являются эффективным средством защиты сотрудников, которым приходится стоять на рабочем месте и при ЭСР-риске от временной потери соединения с заземлением, находящимся в пределах допустимого уровня. Недопустимо использовать ремешки заземления, если ЧЭСР-устройства перемещаются в пределах УЗЭ на руках.

Согласно [6] для измерения системы «напольное покрытие — обувь» используются два метода испытания:

а) Первый метод основан на измерении сопротивления напольных покрытий и в комбинации с человеком, использующим антистатическую обувь. Этот тест используется как для измерения установ-

ленных, так и устанавливаемых полов, а также для измерения любых защитных напольных покрытий (например: плитки, ковры, эпоксидные покрытия, ламинат, маты, покраска/покрытия или лаки для пола);

b) Второй метод включает измерение заряда напольного покрытия, обуви и сотрудника как системы. Этот тест используется для измерения как установленных, так и устанавливаемых полов, а также для измерения любых защитных напольных покрытий (плиток, ковров, эпоксидных покрытий, ламината, матов, краски/покрытия или лаков для пола).

5.3.3 Защищенный от электростатических разрядов участок (УЗЭ)

5.3.3.1 Основные требования к УЗЭ

УЗЭ — это участок, оборудованный элементами ЭСР-управления, необходимыми для снижения вероятности повреждения ЧЭСР-компонентов.

В широком смысле, в УЗЭ осуществляется контроль статического электричества на всех элементах, поступающих на этот участок. Персонал, а также проводящие или рассеивающие элементы должны быть соединены электрически друг с другом и землей (или с общей соединительной точкой при отсутствии заземления) для выравнивания электрического потенциала между этими элементами. Размер УЗЭ может различаться. Защищенный участок может быть как постоянным рабочим местом в рамках одного помещения, так и всей территорией производства с тысячами рабочих мест. Защищенный участок может также представлять собой портативную рабочую поверхность или коврик.

В IEC 61340-5-1 излагается несколько требований по обращению с ЧЭСР-компонентами в УЗЭ:

1) ЧЭСР-компоненты должны обрабатываться внутри УЗЭ. Это означает, что при любых операциях с незащищенными устройствами элементы, с ними соприкасающиеся, должны быть либо заземлены, либо соединены для выравнивания потенциала. Если ЧЭСР-компонент выносится из УЗЭ, он должен быть защищен от повреждений. Для транспортирования ЧЭСР-компонентов из одного УЗЭ в другой следует использовать защитную упаковку или специально спроектированные носители.

2) Любой УЗЭ должен иметь четко определенные границы. Соответствующие знаки и символы должны идентифицировать защищенные участки таким образом, чтобы все люди, входящие на участок, включая посетителей, понимали, что требуются специальные меры предосторожности. Некоторыми примерами соответствующих знаков/символов являются знаки, лента на полу, определяющая границы УЗЭ, разным цветом окрашенные напольные плитки или любые другие способы очерчивания границы УЗЭ. Организация должна гарантировать, что все вновь поступающие сотрудники проходят ЭСР обучение, в котором четко определяются правила поведения на участке УЗЭ.

3) Доступ на УЗЭ разрешен только персоналу, успешно прошедшему ЭСР-обучение. В ситуациях, когда поставщики, заказчики, новые сотрудники или другие посетители должны войти на УЗЭ, их должен сопровождать сотрудник, прошедший ЭСР-обучение.

4) Организация должна удостовериться, что электрический потенциал на обособленных проводниках, которые контактируют с ЧЭСР-компонентами не превышает более чем на 35 В потенциал на ЧЭСР-компонентах.

5) Ненужные диэлектрики должны быть удалены из УЗЭ. Рабочие диэлектрики необходимо проверять на предмет представления ими угрозы для ЧЭСР устройств.

5.3.3.2 Диэлектрики

Все не применяемые при работе изоляционные материалы и предметы (пластик или бумага), такие как кофейные чашки, контейнеры для продуктов питания, личные вещи должны быть удалены с рабочих или других мест, где работают с незащищенными ЧЭСР-компонентами.

Угроза ЭСР, связанная с необходимостью применения диэлектриков или источников электростатических полей, должна быть оценена и гарантировать, что:

- электростатическое поле на месте, где используются ЧЭСР-компоненты, не превышает 5000 В/м; или
- если электростатический потенциал, измеряемый на поверхности диэлектриков, необходимых для работы, превышает 2000 В, то устройства должны быть размещены на расстоянии минимум 30 см от ЧЭСР-компонентов; и
- если электростатический потенциал, измеряемый на поверхности диэлектриков, необходимых для работы, превышает 125 В, то они должны быть размещены на расстоянии минимум 2,5 см от ЧЭСР-компонентов.

Данные измерения проводятся с периодичностью, определенной в плане проверки соответствия.

Если измеренное электростатическое поле или потенциал поверхности превышает установленные пределы, необходимо использовать метод ионизации или другие методы ослабления заряда. Использование химического покрытия на поверхности диэлектрических материалов или контроль

влажности внутри УЗЭ — это два возможных метода, в дополнение к ионизации, которые могут быть использованы для ослабления напряжения электростатического поля до требуемого уровня. Основной принцип и руководство по измерению электростатических полей и потенциалов на диэлектриках приведен в [9] и [11].

5.3.3.3 Обособленные проводники

Когда это возможно, следует избегать контакта ЧЭСР-компонентов и обособленных проводников. Элементы ЭСР-управления не должны иметь незаземленных проводящих частей или диэлектриков. При утверждении плана ЭСР-управления, если проводник, который контактирует с ЧЭСР-компонентом, не может быть заземлен или эквипотенциально соединен с ним, процесс должен гарантировать, что разность потенциалов между проводником и ЧЭСР-компонентом будет менее 35 В.

Примечание — Предельное значение 35 В соответствует уровню, который возможно обеспечить, используя ионизаторы, указанные в IEC 61340-5-1 (см. также 5.3.3.4.6 данного стандарта).

Это может быть достигнуто измерением напряжения на ЧЭСР-компоненте и проводнике, с помощью бесконтактного электростатического вольтметра или высокоомного электростатического вольтметра.

Примеры возможных обособленных проводников: испытательные пробники, провода, ручные приборы и транспортные ролики.

5.3.3.4 Элементы ЭСР-управления

Примечание — 5.3.3.4.1 — 5.3.3.4.9 описывают варианты элементов ЭСР-управления, которые могут быть использованы для разработки программы ЭСР-управления в соответствии с IEC 61340-5-1.

5.3.3.4.1 Рабочие поверхности

5.3.3.4.1.1 Общие замечания

Рабочие поверхности играют важную роль в проектировании и формировании УЗЭ. Рабочие поверхности, предназначенные для ЭСР-управления, используются на участках сборки и ремонта, а также при проведении «полевого» обслуживания. В большинстве зон, где осуществляется обработка, ремонт или испытание незащищенных ЧЭСР-компонентов, рабочая поверхность должна рассеивать электростатический заряд. Рабочая поверхность является основным компонентом в формировании электростатически безопасного рабочего места, а также, в большинстве отраслей промышленности, вторым и наиболее важным элементом программы ЭСР-управления после заземления персонала.

Главной задачей правильно заземленной рабочей поверхности является обеспечение того, что все обрабатываемые элементы и рабочая зона находятся под одним и тем же электрическим потенциалом. Рабочие поверхности выполняют следующие функции:

- рабочая поверхность, предназначенная для контроля статического электричества, обеспечивает электрический путь к заземлению или к общей соединительной точке в случае выравнивания потенциала. Это позволяет размещать на рабочей поверхности недиэлектрические материалы, чтобы они разряжались контролируемым образом;
- в некоторых случаях рабочая поверхность определяет границы рабочего участка УЗЭ, на которой могут обрабатываться ЧЭСР-компоненты.

5.3.3.4.1.2 Факторы, учитываемые при выборе рабочих поверхностей

Существует несколько основных факторов, которые следует учитывать при выборе соответствующей рабочей поверхности:

- операции, производимые в рабочей зоне;
- постоянство рабочей зоны;
- физические характеристики;
- химические характеристики;
- электрические характеристики;
- вопросы техники безопасности;
- уборка.

5.3.3.4.1.3 Операции, производимые в рабочей зоне

Тип рабочей поверхности зависит от типа работ. Если обрабатываемые элементы чувствительны к механическим ударам, необходимо, чтобы материал рабочей поверхности был мягким. Если необходимо перемещать тяжелые изделия с острыми краями, материал рабочей поверхности должен быть износоустойчивым. Если персонал подвергается воздействию высокого напряжения при выполнении операций, необходимо, чтобы рабочие поверхности ограничивали прохождение тока, если источник

энергии соприкасается с рабочей поверхностью. При выборе рабочих поверхностей для чистых помещений необходимо учитывать такие параметры, как образование пыли и газов. Необходимо выяснить, удовлетворяют ли характеристики пожароопасности материалов рабочих поверхностей общим требованиям предприятия, страховщика или требованиям техники безопасности.

5.3.3.4.1.4 Постоянство рабочей зоны

Чтобы обеспечить правильный выбор материала, необходимо четко представлять производимые операции. Должно быть проанализировано следующее:

- При техническом обслуживании часто требуется портативная рабочая поверхность, которая может быть включена в комплект инструментов или помещается в кармане обслуживающего сотрудника. Рабочая поверхность должна выдерживать частое использование, подключения к заземлению и отключения от него. Рабочая поверхность может использоваться в течение нескольких лет в составе комплекта инструментов обслуживающего персонала.

- Конформное химическое покрытие рабочей поверхности может увеличивать сопротивление поверхности относительно земли, если рабочая поверхность уже не выполняет свою функцию. В таких ситуациях экономичнее использовать одноразовые рабочие поверхности.

5.3.3.4.1.5 Физические свойства рабочей поверхности

Рабочие поверхности должны быть прочными. Факторами долговечности поверхности являются твердость, сопротивление истиранию и износостойкость. Некоторые рабочие поверхности изготавливаются из особых термостойких материалов. Такие поверхности предназначены для работы с паяльными станциями.

Внешний вид также часто является важным фактором при выборе рабочей поверхности. Например, различные цвета используются для идентификации операций или в качестве цвета компании. Отражение света может быть важной эргономической характеристикой. Портативные рабочие поверхности должны ровно ложиться на основание (подложку). Скатывание по мере износа является характеристикой, которая указывается при классификации. Во время квалификационных испытаний следует оценивать функциональность, долговечность и надежность работы системы заземления с помощью рабочей поверхности.

5.3.3.4.1.6 Химические свойства рабочей поверхности

Перенос химических веществ с рабочей поверхности может стать причиной загрязнений, приводящих к коррозии чувствительных металлических деталей. Используемые на рабочем месте растворители и другие химические вещества могут повредить рабочую поверхность. Проверка совместимости материала рабочей поверхности проводится во время квалификационного испытания.

5.3.3.4.1.7 Электрические свойства рабочей поверхности

Самой важной функциональной характеристикой для рабочих поверхностей является сопротивление от точки на поверхности до точки заземления. Это формирует первичное заземление предметов на рабочей поверхности. IEC 61340-5-1 устанавливает предел сопротивлений для рабочих поверхностей относительно земли не более $1{,}0 \cdot 10^9$ Ом.

Если допускается возможность повреждения по МЗУ, IEC 61340-5-1 допускает минимальное сопротивление от точки до точки, равное $1{,}0 \quad 10^4$ Ом.

5.3.3.4.1.8 Обеспечение безопасности на рабочей поверхности

Электрические свойства рабочих мест с опасным (высоким, более 250 В) сетевым напряжением могут значительно отличаться от приведенных ранее. Если такое сетевое напряжение существует, то в целях безопасности значения сопротивления относительно земли и сопротивления от точки до точки должны быть увеличены, вплоть до применения изоляторов.

Примечание — Измерение сопротивления по постоянному току не подходит для принятия решений по вопросам безопасности.

5.3.3.4.1.9 Типы материалов для рабочих поверхностей

5.3.3.4.1.9.1 Общие положения

Существует большое разнообразие материалов и форм рабочих поверхностей, которые постоянно совершенствуются. Материалы имеют разные свойства (механические, физические и электрические). Несмотря на все разнообразие материалов, выделяют два основных класса: однослойные и многослойные. Некоторые рабочие поверхности, особенно однослойные и ламинат высокого давления чувствительны к влажности. Такие материалы перед выбором и установкой необходимо испытать на соответствие требованиям при пониженной влажности. Если каждое требование по электрической безопасности или причины возникновения повреждений от ЭСР учтены и установлено минимальное сопротивление, проводится дополнительное испытание при высокой влажности.

5.3.3.4.1.9.2 Однослойные материалы для рабочих поверхностей

Однослойные или однородные материалы — это материалы, которые имеют одни и те же электрические и физические характеристики по всей массе материала. Жесткие поверхности и материалы типа гибких матов имеют разные диапазоны сопротивлений. Сопротивление от точки до точки (R_{pp}) и сопротивление относительно земли (R_g) могут быть разными в зависимости от расстояния между электродами или между электродом и заземляемой точкой рабочей поверхности.

5.3.3.4.1.9.3 Многослойные материалы для рабочих поверхностей

Многослойные материалы, как правило, состоят из двух или трех разных слоев. Верхний слой — это, как правило, рассеивающий материал, отличающийся по толщине и электрическим свойствам. Следующий слой имеет высокую электропроводность. Нижний слой изготавливается из изоляционного или рассеивающего материала. Электрическое сопротивление от точки до точки и сопротивление относительно земли постоянно и не меняется в зависимости от расстояния между электродами или от расстояния между электродом и заземляемой точкой рабочей поверхности. Контролируемый фактор — это вертикальное сопротивление через верхнюю поверхность до проводящего слоя. Правильное соединение заземляемой точки аппаратуры к проводящему слою является важным для гарантии правильного рассеяния заряда.

5.3.3.4.1.9.4 Ламинат высокого давления

Ламинат высокого давления представляет собой жесткий материал, который наносится на подложку, как правило, с помощью клея. Большинство материалов соответствуют описанию многослойных материалов рабочих поверхностей, приведенных выше, однако имеются несколько типов материалов, которые являются однородными.

Электрические характеристики ламинатов высокого давления зависят от влажности, поэтому перед установкой необходимо их испытать на соответствующие эксплуатационные требования при пониженной влажности.

Если каждое требование по электрической безопасности или причины возникновения повреждений от ЭСР учтены и установлено минимальное сопротивление, проводится дополнительное испытание при высокой влажности.

5.3.3.4.1.9.5 Маты и рулонные материалы

Маты и рулонные материалы — это гибкие системы, которые используются для покрытия незащищенных от ЭСР подложек. Маты также применяются поверх ламинатов высокого давления для контроля влажности. Чтобы обеспечить меньшую зависимость поверхности от влажности в условиях, когда действующая влажность варьируется в зависимости от сезона, маты и рулонные материалы обладают различным сопротивлением, они могут быть как однослойными, так и многослойными.

5.3.3.4.1.9.6 Портативные рабочие поверхности для технического обслуживания

Портативные рабочие поверхности бывают различных форм (многослойные или однослойные). Они удовлетворяют всем требованиям по защите от ЭСР. Поверхности для выполнения технических работ помещаются в наборе инструментов или в кармане обслуживающего инженера.

5.3.3.4.1.10 Испытания для рабочих поверхностей

Методика, используемая для испытания сопротивления материалов рабочих поверхностей, изложена в IEC 61340-2-3. Используют метод испытаний, описанный для проведения измерений сопротивления относительно земли или точки заземления.

5.3.3.4.1.11 Оценка соответствия рабочей поверхности

Оценка соответствия образцов рабочих поверхностей в лабораторных условиях также является частью процесса выбора, при контроле устанавливаются такие показатели, как влажность, температура и напряжение без учета дополнительных установок.

5.3.3.4.1.12 Первоначальная установка или приемка

Перед первой установкой необходимо испытать рабочие поверхности на соответствие требованиям и спецификации. Как правило, необходимо измерить сопротивление к точке заземления, чтобы определить, что рабочая поверхность установлена правильно. Проверка соединения рабочей поверхности с заземлением должна осуществляться до того, как на нее помещаются ЧЭСР-компоненты. Рекомендуется выполнить измерение сопротивления от точки до точки после установки, чтобы определить характеристики выбранного материала.

5.3.3.4.1.13 Периодическая проверка соответствия

Необходимо периодически выполнять проверки рабочих поверхностей, чтобы гарантировать их соответствие спецификации. Для проверки исправности заземления, как правило, выполняют измерение сопротивления относительно земли.

Если сопротивление относительно земли превышает заданные пределы, выполняют следующие действия, чтобы выявить причину высокого сопротивления:

- Проверяют, соединена ли рабочая поверхность с эталонной землей.

Очищают рабочую поверхность. Иногда загрязненная поверхность может вызывать превышение сопротивления. Очищают поверхность и дают ей высохнуть, если используется жидкое чистящее средство. Повторяют измерение сопротивления заземления. Если результаты второго измерения выходят за пределы спецификации, проводят дальнейшее исследование соответствия применяемой в организации практики очистки.

- Отсоединяют заземляющий провод и измеряют сопротивление от верха рабочей поверхности до точки заземления рабочей поверхности. Это позволяет выявить требуемое функционирование рабочей поверхности и наличие соединения между заземляемой точкой и рабочей поверхностью.

- С помощью омметра измеряют сопротивление провода, используемого для заземления рабочей поверхности. Измерение выполняют от точки, где провод соединяется с заземляемой точкой рабочей поверхности до эталонной земли.

Частоту периодических проверок указывают в плане выполнения программы ЭСР-управления (плане периодических проверок соответствия). Она зависит от многих факторов, таких как заданная вероятность установки, использования, возможности загрязнения.

5.3.3.4.1.14 Техническое обслуживание рабочей поверхности

Для поддержания правильного электрического функционирования всех рабочих поверхностей необходимо проводить их периодическую очистку в соответствии с рекомендациями изготовителей. Проверяют, чтобы чистящие вещества не оставляли электрически непроводящего остатка, это характерно для некоторых бытовых очистителей, содержащих силикон.

5.3.3.4.2 Антистатические браслеты

5.3.3.4.2.1 Общие положения

Антистатический браслет — это устройство, используемое для заземления персонала, чтобы персонал находился под тем же электрическим потенциалом, что и ЧЭСР-компонент. В большинстве случаев считается эффективным соединять с землей или общей соединительной точкой как персонал, так и ЧЭСР-компонент. В 5.3.3.4.2 приводится практическая информация по использованию, уходу и периодическим проверкам антистатических браслетов.

Антистатический браслет состоит из манжеты, соприкасающейся с кожей сотрудника, и заземляющего провода, который соединяется с защитной эталонной землей.

5.3.3.4.2.2 Антистатическая манжета

Антистатическая манжета — это гибкий плотно прилегающий браслет, который формирует надежный контакт с запястьем сотрудника. Существует несколько типов материалов для изготовления манжет, см. таблицу 1.

Антистатические манжеты почти всегда имеют под застежкой или кнопкой гипоаллергенную металлическую пластинку, как правило, из нержавеющей стали, помогающую установить хороший контакт с кожей. Остальная часть браслета также должна иметь электропроводную, соприкасающуюся с кожей поверхность. Это обеспечивает контакт между браслетом и кожей сотрудника по всей окружности манжеты (360° контакт). Однако в настоящее время существуют другие конструкции, которые не имеют контакта по всей окружности манжеты, такая конструкция сейчас самая распространенная на рынке.

Манжеты имеют быстросъемный электромеханический разъем, который соединяется с соответствующим разъемом на конце заземляющего провода. Этот разъем, во-первых, является физическим соединением для крепления заземляющего провода. Во-вторых, он является заземляемой точкой на браслете. Возможность быстрого разъединения — это очень важная особенность такого разъема. Сила отрыва должна быть достаточно низкой, чтобы позволить легкое разъединение, но достаточно высокой, чтобы предотвратить случайное разъединение. Опыт показывает, что для традиционных, однопроводных браслетов вполне подходят разъемы, которые разделяются с усилием от 13 до 36 Н.

При начальном выборе антистатических браслетов или в момент их повторного заказа необходимо определить соответствующий размер застежки и фиксацию. Это позволит обеспечить совместимость имеющихся и вновь приобретенных антистатических браслетов. Многие изготовители антистатических браслетов при большом заказе специально подбирают конфигурации застежек в соответствии с требованиями пользователя.

Таблица 1 — Типы антистатических браслетов

Тканое эластичное волокно с электропроводными волокнами на внутренней поверхности
Вязаное эластичное волокно с электропроводными волокнами на внутренней поверхности
Тканое незластичное волокно, имеющее электропроводную внутреннюю поверхность
Металлический расширяемый браслет с изолирующей смолой на внешней поверхности
Пластмассовый часовой ремешок с полосками из нержавеющей стали на внутренней поверхности
Браслет из листового металла с изолирующей смолой на внешней поверхности
Электродная вставка с электропроводным клеем

5.3.3.4.2.3 Заземляющий провод антистатических браслетов

Заземляющий провод — это провод, соединяющий антистатический браслет с землей или общей соединительной точкой. Как правило, он состоит из изолированного провода с разъемом, соединяющегося одним концом с антистатическим браслетом, а другим концом с землей. На конце, подсоединяемом к браслету, заземляющие провода, как правило, содержат резистор, ограничивающий ток.

На первый взгляд, заземляющий провод кажется относительно простым устройством. Однако к нему предъявляются серьезные требования с учетом широкого диапазона применений и необходимой долговечности при постоянном дергании, изгибании и протаскивании поверх краев рабочей станции и шасси оборудования.

Заземляющие провода бывают разной длины, прямые или сжимающиеся в спираль, с резисторами на одном или на обоих концах, разного цвета и с несколькими типами устройств для заземления. Такой провод может быть многожильным или со спиральной намоткой. Изоляция может состоять из долговечного полимера, упругого синтетического каучука или винила.

Для подключения к заземлению могут использоваться любые электрические разъемы, поскольку они являются механически долговечными. Предпочтительной точкой заземления заземляемого конца провода является точечное соединение с землей или точкой общего соединения (дополнительную информацию см. в 5.3.1).

Не допускается заземлять провод браслета на край антистатического коврика, т. к. данный метод не обеспечивает требования IEC 61340-5-1 по сопротивлению $3,5 \cdot 10^7$ Ом и системе параллельного заземления (5.3.1.3).

5.3.3.4.2.4 Применение и выбор антистатических браслетов

5.3.3.4.2.4.1 Ограничения в применении

Антистатический браслет — это эффективная система заземления сотрудников, имеющих дело с ЧЭСР материалами. Антистатический браслет заземляет персонал (поверхность кожи), но он не обеспечивает устранение статического заряда с одежды и обуви персонала в полном объеме, если только эти элементы не являются электропроводными или рассеивающими и не имеют контакта с кожей сотрудника.

5.3.3.4.2.4.2 Применение антистатических браслетов

Для максимальной эффективности антистатические браслеты необходимо носить следующим образом:

- антистатический браслет должен плотно прилегать и обеспечивать соприкосновение с кожей по всему запястью. Браслет не должен быть очень тугим и не должен оставлять глубокие следы на запястье;
- антистатический браслет должен соединяться с землей или с точкой общего соединения. Постоянное и надежное соединение должно обеспечивать правильное рассеивание накопленных на теле электростатических зарядов.

5.3.3.4.2.4.3 Выбор антистатических браслетов

При выборе антистатических браслетов необходимо анализировать следующие факторы:

- надежность;
- долговечность;
- длину заземляющего провода;
- форму заземляющего провода;
- конфигурацию защелки;

- разъем заземляющего конца;
- удобство.

Фактор удобства играет основную роль при выборе антистатических браслетов, т. к. браслет следует носить постоянно. Он не должен отвлекать от эффективного выполнения рабочих обязанностей. Существует множество конфигураций с привлечением разнообразных технологий для обеспечения надежного контакта с кожей. Так антистатические браслеты могут изготавливаться как из тканых материалов с вплетенными электропроводными волокнами, так и из гибких металлических листов, или иметь другие специальные конструкции. Окончательный выбор остается за пользователем, т. к. браслет должен соответствовать используемому технологическому процессу.

5.3.3.4.2.5 Испытание антистатических браслетов

Поскольку антистатические браслеты не вечны, их следует периодически испытывать. Хорошая программа испытаний предусматривает не только проверку самого браслета, но также указывает на качество контакта с кожей при выполнении системной проверки. Антистатические браслеты, если они скручены, неправильно выбраны по размеру или неправильно надеты, будут демонстрировать сопротивление выше допустимого. Изменение погодных условий или замена сотрудника могут влиять на сопротивление относительно земли. Сухость кожи часто увеличивает сопротивление.

5.3.3.4.2.6 Испытание на надежность антистатических браслетов

Важным фактором при выборе и применении антистатических браслетов является надежность. Нагрузочные испытания для прогнозирования надежности являются дорогостоящими и лучше всего могут быть выполнены в специальной лаборатории.

Рекомендуется анализировать антистатические браслеты на предмет выявления природы повреждений. Особое внимание следует уделить возможному отсутствию хорошего контакта с кожей, неисправности провода и разъема. Сравнивая полученные данные периодических испытаний, возможно определить тенденции, характерные для конкретных изготовителей и стилей. Эта информация может пригодиться при закупке дополнительных браслетов. Независимо от вида отказа, следует прекратить закупку браслетов, демонстрирующих неадекватный срок службы.

5.3.3.4.2.7 Дополнительные испытания антистатического браслета

Дополнительное испытание, описанное в данном пункте, является большим, чем просто проверка браслета; это проверка качества соединения браслета с запястьем, т. е. проверка браслета в работе. Цель испытания — выявить, что общее сопротивление всех последовательно соединенных элементов системы находится между минимально и максимально разрешенными значениями согласно спецификации пользователя.

Испытание антистатического браслета включает проверку сопротивления заземляемой точки на конце провода, сам провод, резистор, ограничивающий ток, разъем, соединяющий провод и замок браслета, сопротивление замка браслета, соединение браслет — запястье и сопротивление сотрудника между запястьем и рукой, которая контактирует с тестовым электродом. Максимально допустимое сопротивление для заземления антистатического браслета $3,5 \cdot 10^7$ Ом. Существует множество коммерческих организаций, выполняющих системную проверку антистатических браслетов. Некоторые из них тестируют отдельно провод. При выборе организации, тестирующей антистатические браслеты, необходимо проверять, чтобы измеряемое ими сопротивление находилось в пределах, требуемых пользователем согласно спецификации. Некоторые организации тестируют как нижний, так и верхний предел. Проверяющие организации должны указывать, находится ли сопротивление в рамках указанных пределов или выходит за них.

Периодическая проверка может также выполняться с применением омметра, если величина потенциала не представляет опасность. Металлический электрод допускается держать рукой, приставляя его к одному из измерительных проводников (проводов). Удерживание кончика проводника между пальцами может привести к ошибочному результату. При использовании омметра следует понимать, что сопротивление человека связано с общим сопротивлением системы и значение этого сопротивления будет разным для разных людей.

5.3.3.4.2.8 Методика испытания

Надевают антистатический браслет, подсоединяют свободный конец провода к клемме тестера и нажимают кнопку испытания или касаются пальцем или рукой металлической поверхности тестера. Если сопротивление выше $3,5 \cdot 10^7$ Ом, отдельно тестируют провод на разрыв. Если сопротивление провода приблизительно равно $1,0 \cdot 10^6$ Ом, проверяют, плотно ли соприкасается браслет с запястьем, и регулируют браслет так, чтобы он плотно к нему прилегал. Защелкивают замок на браслете и повторяют испытание. Если сопротивление все еще выше $3,5 \cdot 10^7$ Ом, браслет следует заменить. Элек-

трический разрыв внутри провода возможно обнаружить с помощью сгибания провода при проведении измерений. Если сопротивление остается высоким, причиной может быть сухость кожи. Для устранения данного эффекта наносят увлажняющий лосьон на запястье и тестируют сопротивление снова. Увлажняющий лосьон должен быть совместимым с технологическим процессом и не вызывать загрязнений.

Примечание — Антистатические браслеты типа металлических браслетов могут накапливать под собой влагу и быть более эффективными для людей с сухой кожей.

5.3.3.4.2.9 Частота испытаний

Антистатические браслеты необходимо периодически испытывать. Частота испытания зависит от интенсивности и времени использования, т. е. износа браслетов. Например, какое количество изделий обрабатывается в период между тестами?

Поскольку антистатические браслеты имеют ограниченный срок службы, необходимо определить частоту испытания, которая будет гарантировать целостность системы. Программы испытания рекомендуют испытывать ежедневно используемые антистатические браслеты каждый день. Если производимые изделия имеют такую ценность, при которой необходима гарантия непрерывного, надежного заземления, требуется постоянный мониторинг.

Данные, полученные в результате выполнения программы испытания, позволяют пользователю выбрать, как часто следует проверять антистатические браслеты и какие браслеты имеют оптимальный срок службы.

5.3.3.4.2.10 Ограничение тока

Антистатические браслеты имеют резистор ограничения тока, впаянный в конец заземляющего провода и соединяемый с браслетом. Чаще всего используется резистор $1 \cdot 10^6$ Ом, 0,25 Вт с рабочим напряжением 250 В. Предельный ток резистора определяется законом Ома, который устанавливает, что ток равен напряжению, разделенному на сопротивление. Для практического применения максимальный ток, протекающий через заземляющий провод браслета, если напряжение равно 250 В, составляет 250 мкА или 0,25 мА.

Если персонал остается под высоким напряжением, тогда следует использовать процедуру для снижения риска удара током.

Примечание — Антистатические браслеты, включающие резистор $1{,}0 \cdot 10^6$ Ом, не должны применяться в ситуациях, когда напряжение сети превышает 250 В. Возможны следующие опции:

- выбирают антистатические браслеты с резисторами, имеющими более высокие значения;
- изолируют оператора от земли с помощью напольных матов, имеющих высокое сопротивление, и перчаток.

5.3.3.4.2.11 Постоянный/непрерывный контроль антистатических браслетов

Нормально функционирующий антистатический браслет, который соответствующим образом заземлен, поддерживает напряжение на коже оператора на уровне, близком к потенциалу земли. Периодические испытания антистатических браслетов (как правило, ежедневные испытания), описанные в 5.3.3.4.2.8, подтверждают, что они правильно используются и функционируют. Однако, если некоторые части браслета неисправны по каким-либо причинам, персонал не узнает о неисправности до следующего контроля браслета (как правило, до следующей смены). Если антистатический браслет был неисправен между проверками, это может повлечь заряд персонала и возможное повреждение используемых элементов. Если это случилось, все ЧЭСР-материалы, которые были в работе между проверками, становятся предположительно неисправными.

Непрерывный контроль предназначен для исключения таких ситуаций и рекомендуется для применения при важных операциях (высокочувствительные элементы или очень ценные устройства). Непрерывный контроль применяется для испытаний электрического соединения между точкой заземления, проводом заземления, манжетой и телом в течение обычных операций. Звуковой и/или визуальный сигналы возможной неисправности привлекают внимание оператора.

5.3.3.4.2.12 Различные виды контрольных индикаторов для антистатических браслетов

5.3.3.4.2.12.1 Общие положения

В настоящее время на рынке представлены различные типы контрольных индикаторов. Все они разработаны для уведомления оператора о неисправности антистатической браслетной системы. 5.3.3.4.2.12.2—5.3.3.4.2.12.5 описывают виды контрольных индикаторов, существующих сегодня на рынке.

5.3.3.4.2.12.2 Постоянный контроль электрической емкости (один провод)

Когда человек соединен одним проводом антистатического браслета для постоянного контроля электрической емкости, индикатор анализирует систему «персонал и его соединение с землей». Для определения величины сигнала переменного тока, как обратная связь, используется электрическая емкость человеческого тела к заземлению. Достоинством данного метода является то, что тестируются оба соединения антистатического браслета.

Недостатком данного метода является то, что контроль должен учитывать каждую особенность и это может спровоцировать ложный сигнал случайно из-за слабого прилегания браслета или сломанного (отсоединенного) провода.

5.3.3.4.2.12.3 Постоянный контроль входного сопротивления (один провод)

Этот тип индикатора работает по тому же принципу, как и индикатор электрической емкости, но исключает недостатки индикатора электрической емкости. При данном контроле проверяется крепление системы со снижением количества ложных сигналов. Фазовые различия между током и напряжением очень слабого переменного тока используют для определения изменений входного сопротивления в контуре: провод заземления, манжета и персонал.

5.3.3.4.2.12.4 Постоянный контроль сопротивления (двойной провод)

Принцип работы данного индикатора основан на отслеживании сопротивления в сети заземляющего провода, одной части антистатической манжеты, кожи оператора, другой части антистатической манжеты и второго заземляющего провода. Если одна из частей в цепи выходит за установленные пределы, или даже ошибочно открыта, подается сигнал. Чтобы избежать раздражения кожи из-за непрерывных измерений постоянного напряжения (который используется для измерений) некоторые DC-датчики для браслетов используют импульсный сигнал. Применяемо для браслета напряжение может варьироваться от менее 1 до 16 В постоянного тока, в зависимости от конструкции датчика. Этот момент необходимо учитывать при работе с очень ЧЭСР-компонентами.

5.3.3.4.2.12.5 Постоянный контроль напряжения человеческого тела (двойной провод)

Напряжение на теле человека измеряется с помощью двойного провода антистатического браслета и сравнения с предварительным значением при непрерывном измерении. Недостатком этого метода является то, что в случае рассоединения цепи нет обнаруженного нежелательного напряжения на теле носителя. Чтобы избежать этого недостатка в новых конструкциях датчиков полное сопротивление и сопротивление антистатического браслета также подключено.

5.3.3.4.2.13 Испытательные методы для непрерывных измерений и сопровождения антистатических браслетов

Однопроводной, так же как и двойной антистатический браслет, использующийся в комбинации с постоянным контролем, может быть проверен с помощью измерения сопротивления, как это описано в испытаниях для антистатического браслета. Большинство непрерывных измерений, в зависимости от манжеты, имеют специальный тестер, который определяет пределы и требуемые операции для контроля. Так как принцип непрерывных измерений состоит в передаче электрического сигнала через антистатический браслет носителю для определения целостности заземляющей системы максимальный уровень этого сигнала является поводом для беспокойства и должен быть измерен во избежание опасных ситуаций.

Принципы этих измерений следующие:

- измерять напряжения открытой цепи на антистатическом браслете, установленном по инструкции производителя;

- в случае двойного провода антистатического браслета обе части антистатического браслета должны быть измерены; измерение наведенного напряжения при постоянном контроле на носителе, когда испытываемый человек стоит на диэлектрике и держит электрод, который соединен с измерительным оборудованием.

5.3.3.4.2.14 Заключение

- Антистатические браслеты обеспечивают эффективные меры по заземлению персонала. С персоналом, находящимся под нулевым потенциалом или тем же потенциалом, что и ЧЭСР-компоненты, с которыми он работает, не может произойти разряд на ЧЭСР-компоненты, когда он с ними работает или касается.

- Антистатические браслеты имеют резистор $1{,}0 \cdot 10^6$ Ом, впаянный в провод заземления рядом с точкой соединения провода с браслетом. Номинальное рабочее напряжение резистора 250 В.

- Резистор 1.0 10^6 Ом, может быть впаян в любой из концов заземляющего провода антистатического браслета с одинаковым типом разъемов.

- Персоналу, работающему с напряжением выше 250 В, не рекомендуется надевать антистатические браслеты.

- Заземляющие провода антистатических браслетов должны иметь быстроразъемный соединитель на стороне браслета, т. к. персонал не должен быть привязан к рабочему месту.

- Антистатический браслет должен удобно и плотно прилегать к запястью, формируя хороший контакт с кожей.

- Заземляющие провода браслетов должны соединяться с точкой заземления или с точкой общего соединения. Не допускается подключать заземляющий провод к разъему рассеивающего мата, если он не является его точкой заземления. Не допускается соединять антистатические браслеты с краями рассеивающего мата.

- Антистатические браслеты рекомендуется регулярно, по возможности ежедневно, испытывать.

5.3.3.4.3 Антистатические напольные покрытия

5.3.3.4.3.1 Введение

Статическое электричество возникает при частом перемещении людей и материалов в рабочей зоне. Перемещение, а именно соприкосновение и отрыв обуви от пола, может формировать высокий электростатический заряд, составляющий несколько тысяч вольт. Перемещение тележек или другого оборудования также формирует электростатический заряд.

В 5.3.3.4.3 рассматривается использование напольных покрытий, рассеивающих электростатический заряд, а именно настилы и отделки пола, локальные антистатики, напольные маты, краски и покрытия.

5.3.3.4.3.2 Назначение антистатических напольных покрытий

Антистатические напольные покрытия используются в электронной промышленности в следующих целях:

- заземление персонала (напольные покрытия могут использоваться вместе с защитной обувью в качестве системы первичного или вторичного заземления в дополнение к браслету);
- заземление следующих элементов:
- подвижные тележки,
- эргономичные стойки, используемые для поднятия изделий на высоту работы персонала,
- рабочие столы,
- сидения.

Напольные покрытия, коврики, краски и лаки обеспечивают стекание заряда на шину заземления. Во многих напольных покрытиях используются токопроводящие вещества, например, графит, металл или другие добавки. Они находятся по всему объему материала, от поверхности до рабочей подложки, представляющей собой, например, токопроводящий клей. В этом случае напольное покрытие непосредственно соединено с землей.

С другой стороны, напольные отделки и локальные антистатики действуют как два отдельных механизма. Во-первых, они снижают тенденцию поверхности накапливать статический заряд. Во-вторых, обеспечивают его стекание. Если напольное покрытие или антистатик используется для первичного заземления, он должен быть способен ограничивать заряд, рассеивая его на землю.

5.3.3.4.3.3 Заземление персонала с помощью покрытия пола и обуви

Заземление через пол зависит от типа обуви, соприкасающейся с полом. Обычная уличная обувь или рабочая обувь с каучуковыми, резиновыми или полиуретановыми подошвами изолирует человека от пола. Накопленные заряды не могут стекать через изолирующую подметку на заземляющий пол.

Исследование антистатических напольных покрытий показало, что время формирования заряда и его стекания, измеренное на теле человека, различается в зависимости от надетой на человека обуви. Защитные свойства зависят от сочетания напольного покрытия и обуви. От правильного выбора обуви зависят защитные свойства напольных покрытий.

5.3.3.4.3.4 Преимущества использования напольных покрытий

Основным преимуществом системы «напольное покрытие — обувь» является то, что оно обеспечивает соединение оператора и заземление со свободой передвижения внутри рабочей зоны. Полы позволяют объединить несколько независимых рабочих участков УЗЭ в единую территорию. Она наполняется заземленными стульями, тележками и другим подвижным оборудованием.

5.3.3.4.3.5 Ограничения использования напольных покрытий

Использование напольных покрытий имеет ряд ограничений. Сотрудник должен иметь контакт с антистатическим напольным покрытием, для чего он должен стоять. Поэтому, согласно IEC 61340-5-1, сидящие сотрудники должны быть заземлены при помощи антистатических браслетов.

Использование напольных покрытий может быть ограничено монтажными соображениями. Например, бетонные полы могут содержать большое количество влаги, и быть непригодными для установки эластичных напольных покрытий. Использование антистатических покрытий непригодно для процессов, включающих разбрызгивание воды.

Некоторые антистатические напольные покрытия не выдерживают вес тяжелых транспортных средств, таких как вилочные погрузчики.

Некоторые материалы могут быть запрещены к использованию в помещениях в связи с технологическими особенностями. Например, отделка пола может вносить в окружающую среду загрязнения, которые неприемлемы для чистых помещений.

Скопление грязи на напольном покрытии может оказывать негативное воздействие на его эксплуатационные характеристики (накопление зарядов, рассеивающие характеристики). Необходимо регулярно чистить напольные покрытия. Необходимо удостовериться, что используются правильные методы и материалы, которые не оказывают влияние на эксплуатационные характеристики покрытия.

При выборе защитного напольного покрытия следует учитывать весь процесс.

5.3.3.4.3.6 Типы напольных покрытий

Напольные покрытия классифицируют как постоянные, полупостоянные или непостоянные. Далее приведены достоинства и недостатки каждого типа материала. Приведенные типы — это примеры, которые представлены на рынке. В будущем могут быть доступны или разработаны другие типы покрытий.

5.3.3.4.3.7 Постоянные напольные покрытия

5.3.3.4.3.7.1 Основные положения

Постоянные напольные покрытия включают резиновые или виниловые плитки, листовые материалы, эпоксидные покрытия, ламинат высокого давления и ковры. Все они обладают длительным сроком службы и обеспечивают защиту от электростатического электричества на больших площадях.

5.3.3.4.3.7.2 Резиновые и виниловые плитки и листовые материалы

В качестве постоянных напольных покрытий чаще всего используются эластичные напольные покрытия, имеющие в своем составе резину, винил или виниловые соединения. Такой материал изготавливается либо в форме плиток, либо в форме рулонов. Сопротивление подобного материала в диапазоне от 1 10^4 до $1 \cdot 10^9$ Ом от точки до точки или сопротивление заземления. Эластичные напольные покрытия стойки ко многим распространенным химическим веществам. Большинство таких материалов могут свариваться или бесшовно укладываться при установке в чистых помещениях и их возможно применять для поднятия уровня пола.

Виниловые покрытия требуют большего ухода, чем другие постоянные напольные покрытия; резиновые полы требуют меньше ухода, чем виниловые. Некоторые эластичные напольные покрытия могут становиться скользкими, особенно, в мокром состоянии, что затрудняет передвижение тяжелых транспортных средств. Присутствие в материалах графита может ограничивать их применение в чистых помещениях, однако стойкость к истиранию у таких материалов очень высокая. Кроме того, виниловые напольные покрытия могут выделять газы и не должны использоваться в некоторых чистых помещениях.

5.3.3.4.3.7.3 Эпоксидные и полимерные покрытия

Эпоксидные и полимерные покрытия, формируемые заливкой, как правило, имеют толщину 3 мм или более, но могут быть и тоньше (см. 5.3.3.4.3.8.5). Эти покрытия имеют хорошую стойкость к химическим веществам, припоям и истиранию, а также выдерживают тяжелые транспортные средства. В отличие от других материалов за ними легко ухаживать. Они не имеют швов и могут использоваться во многих чистых помещениях. Однако их недопустимо применять на приподнятых напольных панелях, т. к. эпоксидные смолы формируются на месте, поэтому для получения хороших эксплуатационных характеристик материалов этого типа необходимо строго соблюдать методики их нанесения.

5.3.3.4.3.7.4 Ламинат высокого давления

Ламинат высокого давления, как правило, не применяется на приподнятых напольных пластинах или настилах. Ламинаты чувствительны к влажности, и их недопустимо применять на участках, где возможно разбрызгивание химикатов или воды. Их недопустимо наносить на бетонные стяжки, которые содержат влагу. Изменение влажности может изменить характеристики сопротивления этих материалов. Ламинаты высокого давления недостаточно гибкие, поэтому они не подходят для установки на стандартных черновых полах.

5.3.3.4.3.7.5 Ковровые покрытия

Ковровые покрытия имеют сопротивление в диапазоне от $1 \cdot 10^4$ до $1{,}0 \cdot 10^{13}$ Ом. Ковровое покрытие выглядит эстетично, оно звуконепроницаемо и привлекательно для работников. Затраты на обслуживание ковровых покрытий ниже, чем затраты на полы с эластичными материалами. Покрытие в форме ковровых пластин допускается использовать на подъемных полах.

Однако ковровое покрытие не подходит для использования на участках, подвергающихся сильному загрязнению, разбрызгиванию воды или химикатов, воздействию больших количеств горячих припоев, интенсивному движению тяжелых транспортных средств и для использования в чистых помещениях.

5.3.3.4.3.8 Полупостоянные или непостоянные материалы

5.3.3.4.3.8.1 Основные понятия

Вторая группа напольных материалов называется полупостоянными или непостоянными, включает в себя скрепляемые плитки, маты, отделки, локальные антистатики, а также краски и покрытия. Срок службы таких материалов меньше, чем у постоянных материалов, и они требуют периодического восстановления или замены. Единственной наиболее важной чертой этих материалов является их гибкость и простота в эксплуатации.

5.3.3.4.3.8.2 Напольные маты

Напольные маты бывают различных типов и стилей, от мягких рассеивающих до твердых токопроводящих. Благодаря портативности и простоте в эксплуатации они легко адаптируются к любому рабочему пространству, особенно в ограниченных зонах, где требуется антистатическая защита. Простота установки матов позволяет использовать их вокруг установок пайки волной, припоя или другого оборудования, где существует возможность разбрызгивания химикатов, опасных для напольных покрытий. Однако маты скручиваются, что создает опасность падения и усложняют уборку пола. Они также относительно дорогостоящи для использования в качестве антистатического покрытия по всей площади. Их применимость в чистых помещениях ограничена из-за загрязнений окружающей среды. Необходимо уделять особое внимание матам, постоянно соединенным с заземлением.

5.3.3.4.3.8.3 Защитная антистатическая мастика

Напольная защитная мастика может наноситься на различные неантистатические полы: виниловые, резиновые или имеющие в составе винил или защитные ЭСР-полы для снижения числа возникновения электростатических зарядов. Мастика защищает пол и улучшает его внешний вид, а также облегчает уход за ним. Мастика проста в эксплуатации и может наноситься по всей площади поверхности для защиты всего участка. Однако она имеет следующие недостатки:

- некоторые поверхностно-активные виды мастик могут быть скользкими, что создает опасность падения для сотрудников;
- некоторые мастики смываются обыкновенной водой, быстро снашиваются и требуют частого дополнительного контроля их функционирования;
- неправильное нанесение и уход могут вызывать изменение характеристик мастики. Некоторые типы мастик несовместимы с требованиями, предъявляемыми к чистым помещениям.

5.3.3.4.3.8.4 Локальные антистатики

Локальные антистатики действуют аналогично напольной мастике, но не обеспечивают физической защиты самого пола. Их допускается использовать на ковровом покрытии. Локальные антистатики относительно легко наносятся, при этом они нестойки и недолговечны.

5.3.3.4.3.8.5 Краски и покрытия

Краски и эпоксидные покрытия наносятся тонким слоем на бетонные полы. Основными преимуществами таких материалов являются легкость нанесения и способность покрывать большие площади. Они имеют более долгий срок службы, чем половые мастики, но меньший, чем постоянные полы. Краски и покрытия со временем изнашиваются и их следует периодически наносить заново. Некоторые материалы не применяются для чистых помещений, т. к. они изнашиваются, обкалываются или имеют высокое содержание углерода.

5.3.3.4.3.9 Испытания

5.3.3.4.3.9.1 Общие требования к испытаниям

Испытания электрического сопротивления материалов полов описаны в IEC 61340-4-1. Метод испытания разработан для диапазона сопротивлений от $1{,}0 \cdot 10^4$ до $1{,}0 \cdot 10^{13}$ Ом. IEC 61340-5-1 требует, чтобы максимальное испытательное напряжение для напольных систем, используемых как часть программы ЭСР-управления, не превышало 100 В.

5.3.3.4.3.9.2 Подтверждение соответствия

Для испытаний на подтверждение соответствия, образцы напольного покрытия оцениваются в лабораторных условиях при контролируемой влажности, температуре и испытательным напряжением с помощью омметра. Сопротивление измеряется при испытательных напряжениях 10 и 100 В при низкой влажности.

5.3.3.4.3.9.3 Начальная установка или приемочные испытания

При первичной установке напольного покрытия необходимо осуществить его испытание на соответствие значению сопротивления. Как правило, сопротивление измеряется от верха напольного покрытия до земли, что гарантирует правильность установки напольного покрытия. Проверка того, что напольное покрытие соединено с землей, должна выполняться перед началом работы с ЧЭСР-устройствами.

5.3.3.4.3.9.4 Проверка соответствия

Необходимо выполнять проверку соответствия напольного покрытия, чтобы гарантировать соответствие спецификации. Чтобы проверить целостность заземления, необходимо выполнить измерение сопротивления относительно земли. В случаях, когда сопротивление относительно земли превышает установленные пределы, выполняют следующие действия, чтобы определить причину высокого сопротивления:

- убедиться (если это возможно), что напольное покрытие соединено с эталонной землей;
- очистить измерительные электроды;
- очистить напольное покрытие и нижнюю поверхность измерительного электрода. Грязная поверхность может вызывать превышение допустимых значений параметров сопротивления. Как только поверхность очищена, повторить измерение сопротивления относительно земли. Если второе измерение выходит за пределы, необходимо провести дополнительные исследования способов чистки, применяемых в данной организации.

Частота периодических проверок, как правило, определяется методикой эксплуатации. Однако в качестве общего руководства рекомендуется выполнять такие проверки не реже, чем один раз в 3 мес.

5.3.3.4.3.10 Техническое обслуживание

Периодическая чистка в соответствии с рекомендациями изготовителя позволяет поддерживать электропроводность всех напольных покрытий. Следует убедиться, что чистящие продукты не оставляют изолирующего осадка, что характерно для многих лаков. Старение напольного покрытия зависит от типа, использования и обслуживания пола, поэтому его тяжело оценить.

5.3.3.4.4 Обувь

5.3.3.4.4.1 Общие положения

Обычное перемещение человека, особенно разъединения между обувью и полом в процессе работы стоя и/или при ходьбе, приводит к накоплению зарядов, которые могут привести к уровню напряжения на теле человека в несколько тысяч вольт.

5.3.3.4.4 посвящен роли обуви (ботинок, заземлителей подошв и т. п.) в обеспечении контроля за возникновением зарядов. В нем приведено определение защитной обуви, описывается ее правильное применение в сочетании с другими механизмами ЭСР-управления, а также испытания и оценка эксплуатационных характеристик обуви в условиях защиты от ЭСР. Рассматриваемые в 5.3.3.4.4 вопросы ограничены факторами, относящимися к контролю ЭСР.

Антистатические браслеты — это первичный способ заземления персонала. Не все производственные операции возможно выполнять с надетым антистатическим браслетом или их выполнение замедляется. Перемещающийся персонал недопустимо заземлять только с помощью антистатических браслетов. В этих случаях в сочетании с антистатическими браслетами требуется альтернативный метод заземления. Одним из таких альтернативных методов заземления является заземление «напольное покрытие — обувь».

Имеется множество способов заземления обуви. Выбор соответствующего способа зависит от программы ЭСР-управления, техники безопасности и экономичности. Существует несколько вариантов обуви, напольных покрытий и отделок пола. Следует рассматривать напольное покрытие, обувь и сотрудника как три разных компонента, действующих в составе единой системы.

5.3.3.4.4.2 Типы обуви

5.3.3.4.4.2.1 Факторы, влияющие на выбор обуви

Выбор обуви зависит от следующих факторов: типа помещения, выполняемой работы, пола сотрудника, его физических и культурных особенностей, посетителей, выполняемой работы и бюджета. В программу ЭСР-управления могут быть включены несколько типов обуви.

5.3.3.4.4.2.2 Ремешки заземления

Ремешки заземления крепятся к каблукам и носкам обуви для заземления сотрудников и посетителей на участках УЗЭ. Если ремешок заземления одет неправильно, он будет неэффективным. Ремешки заземления каблуков легко теряют контакт с полом, поэтому требуют более тщательного контроля, чем другие типы обуви. Необходимо, чтобы электропроводная лента имела хороший контакт с телом сотрудника путем прямого контакта с кожей или путем соединения через носки сотрудника.

5.3.3.4.4.2.3 Боты и бахилы

Боты и бахилы часто используются на участках, где загрязнения недопустимы. Поскольку соединение с телом осуществляется через применение электропроводной ленты, аналогичной ремешку заземления, боты и бахилы также могут быть неэффективны. Если бахилы велики, они могут полностью или частично соскользнуть с ноги, потеряв при этом соединение с землей.

5.3.3.4.4.2.4 Ботинки

При выборе защитной обуви следует также обращать внимание на ее правильное ношение. Конструкция обуви очень важна. Она должна быть специально предназначена для использования в целях ЭСР-управления. Поскольку многие ботинки, предназначенные для защиты от статического электричества, выглядят как обыкновенные, необходимо, чтобы обувь имела соответствующую маркировку или отметку, что поможет ее идентифицировать при проверке и аудите.

5.3.3.4.4.3 Правильное использование

Защитная обувь обеспечивает стекание заряда с ноги на проводящее напольное покрытие и через него на землю.

Рекомендуется надевать ремешки заземления на оба носка и каблука. Необходимо испытывать не только обувь, но и систему «обувь — напольное покрытие» (см. IEC 61340-4-5). Если верхний предел напряжения тела, как правило 100 В, определен, необходимо выполнить испытание системы «обувь — напольное покрытие» на предмет соответствия требуемым параметрам при худших условиях окружающей среды.

Необходимо определить способность защитной обуви обеспечивать стекание заряда с ноги сотрудника, перемещающегося в пределах защищенных и незащищенных участков или по ЭСР-защитному напольному покрытию. При соприкосновении сотрудника в защитной обуви с материалом пола, заряд должен рассеиваться в течение нескольких секунд.

5.3.3.4.4.4 Испытание обуви

5.3.3.4.4.4.1 Основные требования к проведению испытаний

Испытание обуви включает квалификационные испытания изделия (предпочтительно — лабораторную проверку при определенных контролируемых условиях в соответствии с [15]). Если изделие соответствует требованиям существующих стандартов, необходимо провести испытание обуви в сочетании с существующими или планируемыми к использованию напольными покрытиями, что должно подтвердить, что критерии, разработанные для данного предприятия, выполняются. Вся защитная обувь должна проходить входную выборочную проверку.

В [15] описываются стандартные методы испытаний для обуви. Они включают методы лабораторных измерений и приемочных испытаний.

[16] разработан для измерения сопротивления системы обуви и напольных покрытий в комбинации с человеком, а также способности обуви в комбинации с человеком накапливать электрические заряды при передвижении по антистатическому напольному покрытию.

5.3.3.4.4.4.2 Распространенные проблемы при испытаниях обуви

Часто тестеры, используемые для заводского контроля, регистрируют только сопротивление системы между двумя заданными точками. Многие тестеры, например, тестеры антистатических браслетов, не имеют заданных контрольных точек для обеспечения фактического диапазона сопротивлений защитной обуви. Рекомендуется использовать специально предназначенный для измерения обуви тестер.

Иногда, при измерении сопротивления обуви регистрируется высокое значение сопротивления. Материал обуви, кожа человека (особенно сухая), плотные изолирующие носки, отсутствие пота из-за разности температур между внутренней поверхностью обуви и ступнями человека, а также загрязнения, например, скопившийся на обуви воск, могут стать причиной высокого сопротивления.

5.3.3.4.5 Антистатические стулья

5.3.3.4.5.1 Общие положения

Распространенным источником ЭСР на рабочем месте является перемещение людей и материалов. Типичное перемещение человека, сидящего на стуле, или перемещение самого стула по полу

может привести к появлению значительного напряжения. В 5.3.3.4.5 описывается использование антистатических стульев в УЗЭ для рассеивания заряда. Несмотря на то, что IEC 61340-5-1 не рекомендует использовать стулья для заземления персонала на рабочем месте, антистатические стулья могут стать эффективным средством заземления от контактной поверхности сиденья до колесиков или ножек стула, если формируется устойчивый контакт между сотрудником и стулом. Такая ситуация является одним из примеров соединения. Требуемые значения системы сопротивления от человека до земли и максимальное сопротивление стульев, должны быть установлены и записаны в соответствующих документах. Напряжение на теле человека должно поддерживаться ниже установленного в программе ЭСР-управления значения. Между всеми элементами системы, включая человека, стул и напольное покрытие, должен быть обеспечен постоянный контакт.

5.3.3.4.5.2 Соединение между стульями, напольным покрытием и пользователем

Антистатический стул обеспечивает стекание заряда с тела на проводящее напольное покрытие через стул.

Подобно комбинации «напольное покрытие — обувь» эффективность зависит от слоя пота между пользователем и сиденьем стула. Т. к. стул состоит из большого количества механических деталей из разных материалов и имеет несколько точек их соединения, он не так надежен для заземления персонала, как контактная манжета или система «напольное покрытие — обувь». Однако при измерении сопротивления контактных поверхностей рекомендуется проверить, происходит ли заземление или нет. Стул, также, как и обувь, не является эффективным способом заземления, если только он не используется в сочетании с защитным от статического электричества полом.

5.3.3.4.5.3 Преимущества применения защищающих от статического электричества стульев

Применение защищающих от статического электричества стульев имеет ряд преимуществ. Обычные стулья, особенно с пластмассовыми колесиками, накапливают на пользователе высокий уровень напряжения, если на нем не надет антистатический браслет, защитная обувь и отсутствует защитное напольное покрытие. Стулья, обладающие соответствующими характеристиками сопротивления, благодаря специальным колесикам и конструкции, снижают напряжение до безопасного уровня.

5.3.3.4.5.4 Типы и выбор антистатических стульев

Существуют различные типы стульев: кресла для работы за столом, табуретки и стулья. Поверхность защитного стула, соприкасающаяся с телом, должна обеспечивать стекание заряда через части стула к земле. На мягких стульях используется тканевая обивка с вкрапленными токопроводящими нитями. Ткань соединяется с частями стула — цилиндром, основой, колесиками (или кабельной цепью) и с полом.

В чистых помещениях вместо тканевой обивки рекомендуется использовать виниловое покрытие. Защитное виниловое покрытие имеет нижний тонкий токопроводящий слой. Поэтому виниловые стулья могут иметь более высокие показатели сопротивления, чем стулья с тканевой обивкой; однако сопротивление должно отвечать требованиям, изложенным в IEC 61340-5-1.

5.3.3.4.5.5 Испытания

Процедура измерения электрического сопротивления стульев приведена в [12]. Следует использовать общий метод измерения сопротивления относительно земли или точки заземления. Необходимо измерить сопротивление поверхности сиденья относительно точки заземления стула (колесо или кабельная цепь).

Согласно программе ЭСР-управления и в соответствии с требованиями, изложенными в IEC 61340-5-1, измеренное значение сопротивления должно быть менее $1{,}0 \cdot 10^9$ Ом. Это значение относится как к лабораторным измерениям, так и приемочным испытаниям, и периодическим проверкам соответствия.

5.3.3.4.6 Ионизация

5.3.3.4.6.1 Основные положения

Основной метод управления статическим электричеством — заземление проводников, рассеивающих материалов и персонала. Однако комплексная программа ЭСР-управления должна включать меры воздействия на обособленные проводники, которые недопустимо заземлять, а также изоляционные материалы (например, большинство пластмасс). Распыление влаги и химических веществ используется для рассеивания статических зарядов при определенных обстоятельствах. Однако использование влажности — это медленный способ рассеивания статического заряда, а химическое распыление недопустимо применять в чистых помещениях.

Ионизация воздуха позволяет нейтрализовать статический заряд на изолированных объектах, заряжая молекулы газов. Если статический заряд присутствует на предметах, находящихся в рабочей

зоне, он будет нейтрализован привлечением из воздуха зарядов противоположной полярности. Из-за того, что при ионизации используется только воздух, который уже присутствует в помещении, она может применяться даже в чистых помещениях, где недопустимо распылять химикаты и использовать некоторые рассеивающие статическое электричество материалы, т. к. при этом используется воздух рабочей зоны.

Ионизация воздуха не заменяет заземление. Это лишь один из компонентов комплексной программы контроля статического электричества. Ионизаторы используются, если нет возможности правильно заземлять элементы и в качестве дополнения к другим методам контроля статического электричества. В чистых помещениях ионизация воздуха может быть одним из методов контроля статического электричества.

[18] определяет методы испытания и способы измерений характеристик воздуха во время работы ионизаторов. Данный стандарт включает в себя три приложения, кратко описывающих процессы ионизации воздуха и нейтрализации заряда, проектирование контрольного устройства с заряженной пластиной (рекомендуемый измерительный прибор) и другие вопросы, относящиеся к применению и тестированию ионизаторов.

5.3.3.4.6 дополняет информацию, изложенную в [18]. В нем приведены принципы работы ионизаторов, способы измерения характеристик, типы ионизаторов и область их применения, основные характеристики, методы испытания, техника безопасности, установка и проблемы загрязнений.

5.3.3.4.6.2 Контроль загрязнений воздуха

Другим назначением ионизации является контроль загрязнения воздуха.

Сбалансированная ионизация воздуха позволяет улучшить фильтрацию воздуха в чистых помещениях. Благодаря ионизации происходит нейтрализация зарядов на критических поверхностях и уменьшается прилипание частиц к ним. Частицы приобретают более высокую способность оставаться в ламинарном потоке воздуха и затем удаляться системой фильтрации воздуха.

5.3.3.4.6.3 Что такое ионизация воздуха?

Ионы воздуха — это группы из 10 молекул (часто воды) вокруг заряженных молекул кислорода или азота. Ион может иметь как положительный (дефицит электронов), так и отрицательный (избыток электронов) заряд. Естественная концентрация ионов в воздухе низкая, как правило, менее 1000 на $см^3$. Такие «естественные» ионы, как правило, формируются во время распада природных радиоактивных элементов в воздухе, земле или строительных материалах.

Для их нейтрализации необходима более высокая концентрация ионов. При определенных обстоятельствах для формирования ионов воздуха могут использоваться радиоактивные источники, как правило, полоний-210. Альфа-частицы, эмитируемые полониевыми ионизаторами — это положительно заряженные ядра гелия (два протона, два нейтрона и ноль электронов). Когда альфа-частицы сталкиваются в воздухе с молекулами, они вытесняют электроны из некоторых молекул воздуха (формируя положительные ионы воздуха). Такие «свободные» электроны со временем захватываются другими молекулами воздуха (формируя отрицательные ионы воздуха). См. рисунок 6.

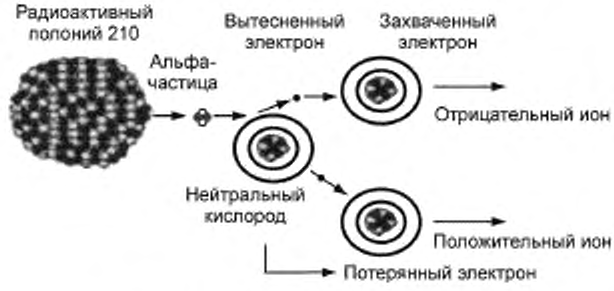


Рисунок 6 — Ионизация альфа-излучением

В других ситуациях наиболее распространенным методом формирования ионов является взаимодействие между нейтральными молекулами воздуха и электронами, ускоренными электрическим полем, имеющим интенсивность, превышающую 3 МВ/м (при атмосферном давлении). Как правило, это связано с высоковольтной коронной ионизацией или коронным разрядом (см. рисунки 7 и 8).

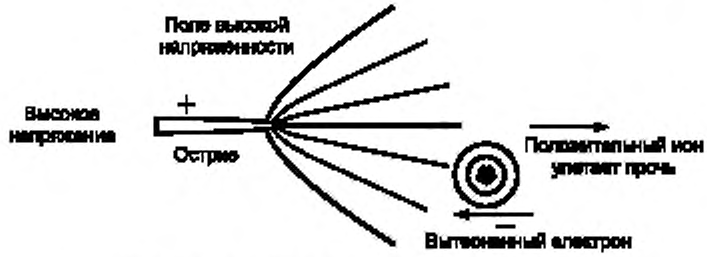


Рисунок 7 — Коронная ионизация — положительная

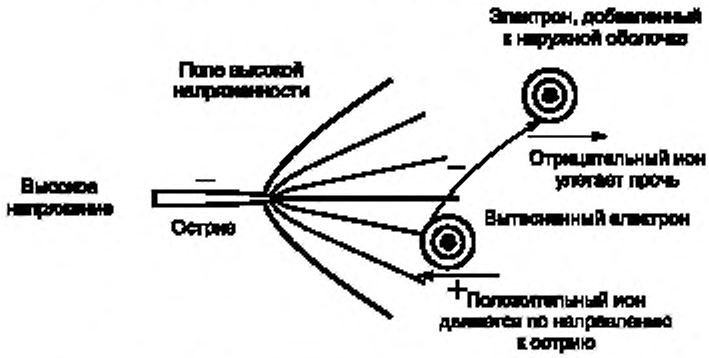


Рисунок 8 — Коронная ионизация — отрицательная

5.3.3.4.6.4 Измерение ионизации воздуха

Если на ион воздействует электрическое поле, он движется со скоростью, пропорциональной величине электрического поля в направлении, соответствующем направленности электрического поля и поляризации ионов (т. к. он может быть положительным или отрицательным). Движение ионов в электрическом поле — это электрический ток, плотность которого зависит от числа ионов в воздухе и скорости, с которой электроны отлетают и подлетают к источнику электрического поля.

Вокруг заряженного предмета возникает электрическое поле. Напряженность поля колеблется от точки к точке, но она всегда пропорциональна заряду. Если предмет окружен ионизованным воздухом обеих полярностей, ток будет течь в направлении предмета, переносимый ионами, имеющими полярность, противоположную своему заряду. Этот «ток нейтрализации» пропорционален заряду на предмете и количеству ионов в воздухе (плотность ионов). Примеры ионизации коронными разрядами приведены на рисунках 7 и 8.

Если плотность ионов не изменяется, относительная скорость нейтрализации заряда остается постоянной, и заряд уменьшается по экспоненциальной зависимости от постоянной времени, которая зависит от плотности ионов. На практике такие условия не выполняются. Концентрации частиц в воздухе, истощение ионов вблизи заряженного предмета, неоднородность ионизированного воздуха и неоднородность полей вблизи предметов — все это вызывает отклонение скорости убывания заряда. Невозможно рассчитать постоянную времени на основе простого случая путем учета всех возможных отклонений. Проще измерять нейтрализующие свойства ионизатора, используя заряженную плоскую пластину.

5.3.3.4.6.5 Контрольное устройство с заряженной пластиной (КУЗП)

Контрольное устройство с заряженной пластиной предназначено для измерения нейтрализующих свойств ионизатора или ионизирующей установки. Оно состоит из изолированной токопроводящей пластинки, которая может быть заряжена до фиксированного начального напряжения соответствующим внешним устройством. Напряжение такой пластинки может быть измерено либо подсоединением электрометра, либо измерением поля, формируемого пластинкой, с помощью бесконтактного измерителя поля.

Если КУЗП находится в ионизированной среде, скорость нейтрализации заряда ионизатором характеризуется временем стекания заряда — это время, за которое напряжение пластины снизится от

первоначального значения до значения, равного 10 % от первоначального (например, от 1000 до 100 В). Ионный баланс может определяться кратковременным заземлением изолированной пластины и наблюдением напряжения, возникающего на пластине под воздействием ионизатора. Это напряжение называется напряжением смещения. Подробная информация о КУЗП и методике измерения приведена в [17].

5.3.3.4.6.6 Цель ионизации

При выборе ионизатора, кроме его способности нейтрализовать статический заряд, учитываются и другие факторы. Ионизатор выбирается для конкретной прикладной задачи, а затем тестируется в реальных условиях.

Следует установить, что при наличии статического электричества проводить ионизацию воздуха необходимо. В большинстве случаев ионизация воздуха осуществляется для нейтрализации статических зарядов на технологически важных диэлектриках и изолированных проводниках. Часто такие диэлектрики и изолированные проводники являются частями изготавливаемых изделий. Использование только ионизатора или использование ионизатора в комплексе с пассивными методами контроля статического электричества должно снижать накопление зарядов и устранять проблемы, связанные со статическим электричеством. Существует множество различных технологий и типов оборудования для генерации ионов воздуха. Не существует идеального ионизатора, который подходит для всех прикладных задач, но при правильном понимании всех требований, предъявляемых к конкретной прикладной задаче, следует выбрать оптимальный.

5.3.3.4.6.7 Типы, применение, выбор и установка ионизаторов воздуха

5.3.3.4.6.7.1 Типы ионизаторов воздуха

Существует два основных способа генерации ионов: ядерный распад под воздействием альфа-изучения и коронный разряд, вызываемый высокими электрическими полями. Существуют различные ионизаторы коронного разряда. Самые распространенные из них — это ионизаторы переменного тока, ионизаторы постоянного тока непрерывного действия и импульсные ионизаторы постоянного тока. Существуют также ионизаторы рентгеновского излучения, использующие для ионизации воздуха рентгеновское излучение.

Примечание — Ионы воздуха при коронном разряде генерируются в том случае, если на острие-эмиттер подается высокое напряжение (переменный ток, постоянный ток).

5.3.3.4.6.7.2 Полониевые ионизаторы

В полониевых ионизаторах в качестве радиоактивного элемента, как правило, используется полоний-210. Ионизатор защищен от высвобождения радиоактивного элемента, при этом не создается препятствий для излучения альфа-частиц для ионизации окружающего воздуха. Альфа-частицы соударяются с молекулами газа в воздухе, выбивая электроны. При освобождении электронов образуются положительно заряженные ионы. Когда выбитые электроны захватываются нейтральными молекулами газов, формируются отрицательные ионы. Полониевые ионизаторы не создают электрическое поле. Их рекомендуется использовать в непосредственной близости от заряженной поверхности или, в зависимости от потока воздуха, для рассеивания ионов воздуха в рабочей зоне. Радиоактивная ионизация приведена на рисунке 7.

5.3.3.4.6.7.3 Ионизаторы переменного тока

В ионизаторах переменного тока используются эмиттеры, которые поочередно генерируют положительные и отрицательные ионы с частотой питающей сети. Интенсивность рекомбинации ионов высокая, т. к. разнополярные ионы поочередно с высокой скоростью группируются вокруг эмиттеров. Ионное облако быстро изменяет направление. Иногда нежелательно помещать чувствительные компоненты вблизи эмиттеров. Для перемещения ионного облака используются встроенные вентиляторы. Как правило, ионизаторы переменного тока встраиваются на выходе системы подачи воздуха.

5.3.3.4.6.7.4 Ионизаторы постоянного тока непрерывного действия

Ионизаторы постоянного тока непрерывного действия используют раздельные эмиттеры для выработки разнополярных ионов. Эмиттеры соединены с источниками питания парой высоковольтных проводов. Расстояние между эмиттерами зависит от конструкции и мощности постоянного тока непрерывного действия, подаваемого на эмиттеры.

В ионизаторах постоянного тока непрерывного действия разнополярные эмиттеры установлены дальше друг от друга, чем в ионизаторах переменного тока. Интенсивность рекомбинации ионов невелика. Ионизаторы постоянного тока непрерывного действия работают при более низких скоростях вентилятора, чем ионизаторы постоянного тока. Не рекомендуется помещать чувствительные компоненты

вблизи эмиттеров. При отсутствии сильных потоков воздуха для перемещения ионного облака используется электрическое поле ионизатора. Не рекомендуется располагать эмиттеры слишком далеко друг от друга, т. к. при этом формируются участки, где преобладают ионы одной полярности. Предметы, находящиеся в таких зонах, могут заряжаться в результате дисбаланса ионов.

5.3.3.4.6.7.5 Ионизаторы постоянного тока импульсного действия

Ионизаторы постоянного тока импульсного действия генерируют разнополярные ионы на одиночном блоке-излучателе, используя один эмиттер или пару близкорасположенных эмиттеров. Подача питания осуществляется с помощью высоковольтных проводов от центрального высоковольтного источника питания или с помощью низковольтного провода от центрального контроллера к удаленному высоковольтному источнику питания. Степень рекомбинации ионов незначительна в связи с низкой частотой чередования циклов полярности (частота импульсов 10 Гц или меньше); однако возникает чередование напряжения смещения. Генерация положительных и отрицательных ионов в одном месте позволяет регулировать количественное соотношение вырабатываемых ионов и перемещать ионы посредством электрического поля при низких потоках воздуха. Не рекомендуется располагать чувствительные компоненты вблизи эмиттеров. Изменяя частоту импульса, допускается перемещать ионы в рабочую зону даже при отсутствии потока воздуха.

5.3.3.4.6.7.6 Ионизаторы рентгеновского излучения

Источники рентгеновского излучения (менее 10 кэВ) применяются для создания энергии для выбивания электронов из молекул газов в воздухе. При высвобождении электронов, формируются положительные ионы. Когда выбитые электроны захватываются нейтральными молекулами газа, образуются отрицательные ионы. Ионизаторы рентгеновского излучения генерируют ионы по всему пути рентгеновского луча, длина которого в воздухе может достигать 1 м или более. Источники рентгеновского излучения необходимо экранировать, чтобы предотвратить их воздействие на персонал. Электрическое поле отсутствует, но ионы формируются в объеме воздуха в отсутствие воздушного потока.

5.3.3.4.6.8 Условия применения ионизаторов воздуха

Существуют различные типы полониевых, коронных и рентгеновских ионизаторов. Выбор ионизатора зависит от размера и типа помещения, в котором он будет применяться. Существуют приборы, которые обеспечивают ионизацию воздуха в помещении, ионизацию столов ламинарного потока, рабочих поверхностей, конкретных точек использования, линий сжатого воздуха, а также прочих объектов по требованию заказчика, которые не являются предметом рассмотрения данного стандарта.

5.3.3.4.6.9 Комнатная ионизация

Ионизаторы помещений используются в крупных производственных зонах, где проблема электростатического электричества не ограничивается отдельно взятым рабочим столом. Ионизаторы для помещений включают решетки переменного тока, парные эмиттеры постоянного тока непрерывного действия, стержневые системы постоянного тока непрерывного действия, стержневые системы постоянного тока импульсного действия и одноимпульсные эмиттеры постоянного тока непрерывного действия. Полониевые ионизаторы, как правило, не применяются для ионизации помещений из-за количества используемого радиоактивного вещества.

Независимо от типа ионизаторов при ионизации больших помещений необходимо учитывать высоту потолка и циркуляцию воздуха. Крупные предметы могут влиять как на циркуляцию воздуха, так и на работу ионизаторов. Необходимо учитывать способы подачи электроэнергии на ионизаторы, а также другие требования по установке. Большие системы, как правило, требуют периодической профилактики. По сравнению с другими видами ионизаторов, ионизаторы помещений часто рассматриваются как инженерно-технические системы, а не стандартные изделия.

5.3.3.4.6.10 Ионизация монтажных столов с ламинарным потоком воздуха

Такие столы используются в электронной промышленности, а также в других областях. Они применяются для создания рабочих мест с контролируемым загрязнением в пределах производственных зон с неконтролируемым загрязнением. Вблизи столов с ламинарным потоком воздуха статическое электричество может вызывать как ЭСР, так и загрязнения частицами. Для ионизации воздуха вблизи столов с ламинарным потоком воздуха используются решетки переменного тока, ионизаторы постоянного тока непрерывного действия, ионизаторы постоянного тока импульсного действия и полониевые ионизаторы. Уровень и направление потока воздуха может влиять на работу ионизатора. А крупные предметы в области стола будут влиять как на работу ионизатора, так и на поток воздуха. При использовании большого числа электрических ионизаторов необходимо учитывать способы подачи энергии. Для обеспечения оптимальной ионизации необходимо выполнять периодическое техническое обслуживание.

5.3.3.4.6.11 Ионизация рабочих поверхностей

При выборе ионизатора для контроля статического электричества на рабочей поверхности, необходимо учитывать область, в которой находится рабочая поверхность, и влияние циркуляции воздуха. В зонах с контролируемым загрязнением и других зонах, где наблюдается хорошая циркуляция воздуха, рекомендованы к использованию ионизаторы для ионизации помещений или столов ламинарного потока воздуха. В зонах, где циркуляция воздуха слабая, могут применяться другие типы ионизаторов, например, настольные ионизаторы или потолочные ионизаторы, включающие вентиляторы. Они могут использовать альфа-излучение или любое из ранее описанных типов коронной ионизации.

5.3.3.4.6.12 Ионизация рабочего места

Иногда требуется местный контроль статического электричества внутри технологического оборудования, в небольшом пространстве или в составных частях изделий. Используемые для этой цели ионизаторы-распылители работают с подачей сжатого воздуха или азота. В них применяется технология радиоактивной ионизации, ионизации рентгеновским излучением или любой тип описанной выше коронной ионизации.

Необходимо учитывать метод ионизации и чистоту газа в соответствии с требованиями рабочей зоны.

5.3.3.4.6.13 Выбор ионизирующего оборудования

5.3.3.4.6.13.1 Требования к характеристикам

Ряд параметров влияет на выбор ионизатора воздуха для решения определенных задач. Электростатический заряд создает ряд проблем, которые влияют на множество изделий. При выборе ионизатора необходимо учитывать природу электростатической задачи, чувствительность изделия к ЭСР, окружающую среду, в которой ионизатор будет применяться и рабочие характеристики ионизаторов. Некоторые из анализируемых параметров приведены в таблице 2.

Таблица 2 — Выбор ионизатора

Нейтрализация заряда	Работа
1 Время стекания разряда 2 Баланс (напряжение смещения) 3 Чувствительность изделия 4 Решение электростатической задачи	1 Требования к техническому обслуживанию 2 Надежность 3 Обслуживание оборудования 4 Озон, ЭМИ и испускание частиц
Условия окружающей среды	Затраты
1 Поток воздуха 2 Физические размеры	1 Стоимость оборудования 2 Затраты на установку 3 Затраты на эксплуатацию и профилактику
Установка	
1 Соответствие требованиям безопасности 2 Подача электроэнергии 3 Контроль электроэнергии 4 Необходимость подачи сжатого газа 5 Возможность расширения 6 Совместимость с чистыми помещениями	

Рекомендуется испытывать ионизатор в месте эксплуатации, чтобы получить данные о выполнении контроля над электростатическим зарядом, эффективности ионизации и демонстрации других характеристик ионизаторов.

Выбор ионизатора воздуха для антистатической защиты часто требует компромисса между требованиями к оборудованию и его характеристикам. Единственный способ определить функциональность и эффективность оборудования, проанализировать характеристики другого оборудования, способы установки и техническое обслуживание — это установить его в месте эксплуатации.

5.3.3.4.6.13.2 Определение электростатической задачи

Ионизатор воздуха, используемый для нейтрализации электростатического заряда на участке сборки, может отличаться от ионизатора, снижающего загрязнение водных поверхностей в чистых помещениях класса 3 по ISO 14644-1. Первым этапом при составлении спецификации является изучение электростатической задачи, которую требуется решить. Необходимо определить природу задачи, чтобы позже продемонстрировать, что проблема устранена.

5.3.3.4.6.13.3 Время стекания заряда и смещение напряжения

Выбор рабочих характеристик зависит от чувствительности изделия к воздействию электростатического заряда и скорости нейтрализации заряда для решения задачи. Во-первых, с помощью теста необходимо определить количество электростатического заряда, которое может вызвать повреждение изделия. Пороги повреждения изделия определяют допустимое смещение напряжения, или баланс ионизатора. Напряжение смещения, измеренного посредством контрольно-измерительного устройства с пластиной, может быть частью рабочих характеристик.

Электростатические проблемы имеют две ступени. Возникает электростатический заряд, который через некоторое время становится причиной проблем. Электростатический заряд может существовать, в зависимости от влажности воздуха, часами, если его не нейтрализовать. При помощи ионизатора электростатический заряд возможно нейтрализовать за несколько секунд или минут. Время стекания заряда зависит от циркуляции воздуха, поэтому требуемое время стекания заряда невозможно получить при любых условиях. Необходимо найти компромисс между временем стекания заряда, напряжением смещения и потоком воздуха. При применении ионизатора пользователь должен убедиться, позволяют ли возможности ионизатора решить существующую задачу.

5.3.3.4.6.13.4 Другие вопросы

В зависимости от области применения необходимо учитывать дополнительные вопросы. Ионизаторам требуется техническое обслуживание и периодическая сертификация, что должно быть включено в их рабочие характеристики. Большинство ионизаторов работают непрерывно, поэтому к их надежности предъявляются высокие требования. Если ионизаторы применяются в чистых помещениях или других чувствительных зонах, необходимо учитывать уровень озона, ЭМИ и эмиссии частиц.

5.3.3.4.6.13.5 Анализ затрат

Стоимость системы является очевидным критерием выбора. Рекомендуется провести всесторонний анализ затрат/выгод. Анализ должен включать затраты на первичные закупки, а также на установку, техническое обслуживание и ремонт в течение определенного периода. Необходимо также сравнить затраты и приобретаемую выгоду, например, увеличение производительности и улучшение качества.

Наряду с первоначальными затратами необходимо учитывать эксплуатационные затраты, связанные с оплатой электроэнергии, и, в некоторых случаях (пистолеты-распылители), затраты на подачу сжатого воздуха, а также затраты на техническое обслуживание и калибровку. На стоимость влияют степень сложности производимых работ и частота их выполнения.

5.3.3.4.6.14 Монтаж оборудования для ионизации воздуха

5.3.3.4.6.14.1 Основные положения

Монтаж следует осуществлять в соответствии с действующими электрическими/механическими нормами и правилами техники безопасности, а также в соответствии с нормами, принятыми на предприятии. Способы подачи энергии, прокладки кабеля и монтажа, применяемые материалы должны соответствовать требованиям. В зонах с контролируемыми загрязнениями часто требуется использовать специальные материалы и способы монтажа. При выборе способов установки необходимо учитывать возможные изменения в будущем, а также существующие требования. При монтаже электрических ионизаторов следует соблюдать электротехнические правила и нормы.

Большинство ионизаторов требуют подачи электроэнергии. Некоторые ионизаторы используют отдельные питающие трансформаторы, подключенные к сети питания. Электроэнергия в больших ионизационных системах поступает от центрального контроллера на отдельные эмиттеры ионов. Существует два способа распределения электроэнергии: низковольтная сеть использует напряжения 60 В переменного/постоянного тока или менее; высоковольтная сеть использует напряжения до 7000 В переменного тока или 20 000 В постоянного тока. Изоляция высоковольтной сети должна выдерживать прикладываемое напряжение, также особое внимание следует уделять проводке кабелей. Рекомендуется избегать острых краев или использовать в этих местах дополнительную изоляцию, чтобы избежать преждевременного разрыва кабеля.

Следует убедиться в том, что способы монтажа соответствуют правилам техники безопасности и требованиям предприятия. Некоторые ионизаторы используют сжатый воздух, чистота которого должна соответствовать зоне, в которой данный ионизатор используется.

Ионизаторы допускается устанавливать при строительстве производственного помещения. Однако чаще всего они устанавливаются после ввода производственного помещения в эксплуатацию и при необходимости решения проблем, связанных со статическим электричеством. Установка ионизаторов в действующем производственном помещении не должна влиять на выпуск продукции. Затраты на оста-

новку производства могут в несколько раз превышать стоимость ионизатора. При монтаже ионизаторов в чистом помещении свойства чистого помещения должны быть сохранены.

5.3.3.4.6.14.2 Анализ потоков воздуха

Эксплуатационные характеристики ионизатора зависят от количества воздуха, которое проходит рядом или через него. Для работы некоторых ионизаторов требуется поток воздуха, для других — нет. Некоторые используют существующие потоки воздуха, другие генерируют потоки воздуха при помощи вентиляторов. Некоторые используют сухой чистый сжатый газ, например, воздух или азот.

Требования к эксплуатационным характеристикам ионизатора следует рассматривать с учетом типа и объема потока воздуха. Не следует ожидать одинаковых эксплуатационных характеристик от ионизатора, находящегося в турбулентном потоке воздуха и от ионизатора, находящегося в ламинарном потоке воздуха чистого помещения со скоростью 30 м/мин. Если поток воздуха невелик, допускается использовать вентиляторы для распределения ионов воздуха. Следует убедиться, что характеристики вентиляторов совместимы с требованиями чистых помещений. Если нет, эксплуатационные характеристики ионизатора при существующем потоке воздуха могут быть не приняты. Независимо от метода, используемого для распределения ионов, между ионизатором и рабочей зоной не должно быть препятствий.

5.3.3.4.6.14.3 Контроль и возможность настройки

Необходимость контроля ионизаторов зависит от области их применения. В некоторых ситуациях достаточно фабричной настройки и регулировки обширных ионизируемых зон одним центральным контроллером. В иных ситуациях требуется, чтобы настройка являлась частью спецификации, могут потребоваться малые зоны контроля или даже возможность точной настройки выхода ионов в каждой отдельной точке эмиттера ионов. Некоторые устройства, например, полониевые и рентгеновские ионизаторы являются сбалансированными по своей природе и не требуют никакой настройки.

В большинстве производственных помещений расположение оборудования редко остается одинаковым в течение длительного периода. Необходимо учитывать возможность переноса или увеличения ионизирующих установок с течением времени. Персонал может вносить изменения, т. е. возможность расширения должна быть частью спецификации первоначального оборудования. Изменение или расширение не должно привести к дорогостоящим простоям производственной линии.

5.3.3.4.6.14.4 Мониторинг и обратная связь

Для обеспечения требуемых эксплуатационных характеристик ионизаторов существуют различные способы обратной связи и автоматической балансировки. Чтобы обеспечить систему контроля необходимой информацией, количество датчиков должно быть достаточным. Большинство ионных датчиков имеют ограниченный диапазон, как правило, не более 1,5 м. Если площадь помещения обширная, рекомендуется использовать большое количество датчиков. Использование датчика на каждый ионизатор позволяет улучшить обратную связь. Кроме того, эффективные мониторинг и методы управления позволяют снизить количество профилактических работ, необходимых для правильной работы ионизаторов.

5.3.3.4.6.15 Испытание ионизаторов воздуха

5.3.3.4.6.15.1 Выбор метода испытаний

При использовании ионизатора необходимо ответить на два основных вопроса. Во-первых, попадает ли в рабочую зону необходимое и сбалансированное количество ионов для нейтрализации статических зарядов? Во-вторых, помогает ли ионизация снижать или устранять проблему, вызванную электростатическими зарядами? Испытание ионизаторов воздуха должно основываться на требованиях существующего [17], а также осуществляться с учетом конкретной реальной задачи. Пользователь должен идентифицировать проблему, составить характеристики, выбрать подходящий ионизатор и испытать его в месте использования. [17] содержит указания по тестированию характеристик разряда и баланса ионизаторов. Эти указания могут быть изменены в соответствии с местом установки ионизатора.

Как только выбор ионизатора сделан, необходимо сформировать ряд тестов для классификации и приемки ионизатора. Эти тесты должны продемонстрировать, что ионизатор отвечает требованиям. Приемочное испытание должно быть достаточно простым, чтобы выполняться персоналом входного контроля или персоналом, участвующим в первоначальной установке оборудования.

Методы испытания и указания, приведенные в [17], используются для выполнения классификационного и приемочного испытания ионизаторов. Чтобы гарантировать испытания в одинаковых условиях, создаются стандартные условия испытаний. Пользователь определяет степень точности, с которой измерения в данной зоне соотносятся с измерениями в реальных условиях. Если необходимо квалифи-

цировать более одного ионизатора или ионизировать различные типы зон, требуется несколько типов испытательных устройств. Иногда ионизаторы тестируются только после установки. Приемочные испытания в этом случае должны быть частью процесса покупки.

Испытание следует выполнять с использованием контрольного устройства с заряженной пластиной и методами, указанными в [17]. Характеристики ионизатора должны соответствовать характеристикам, составленным пользователем для каждой прикладной задачи. Метод стандартных промышленных испытаний гарантирует, что ионизаторы будут испытываться одинаково, даже если требования к применению различны. Следует отметить, что существует большое различие между разрядными характеристиками и балансом напряжения смещения, предъявляемого к ионизаторам. В некоторых случаях для испытания используются небольшие нестандартные контрольные устройства с заряженной пластиной. Характеристики контрольного устройства с заряженной пластиной меньшего размера должны проверяться по отношению к контрольному устройству с заряженной пластиной стандартного размера.

Иногда использование контрольного устройства с заряженной пластиной может быть затруднено физически. В этом случае рекомендуется воспользоваться альтернативным методом испытания, например, при помощи измерителя электростатического поля для измерения заряда на изделии или оборудовании перед ионизацией и после нее. Диэлектрик заряжается трением о другой материал, изолированный проводник заряжается кратковременным подключением к источнику напряжения. Контроль этих материалов с помощью измерителя электростатического поля позволяет продемонстрировать способности ионизатора снижать электростатический заряд.

5.3.3.4.6.15.2 Подтверждение результатов ионизации

Испытание, характеризующее прикладную задачу, должно подтвердить, что использование ионизации привело к решению проблемы статического электричества. Следствием такой проблемы могло стать повреждение компонентов ЭСР, скопление частиц на изделии или простой производственной линии. Испытание должно показать, что использование ионизатора воздуха способствовало устранению проблемы. Возможно, потребуется испытание выхода продукции, частично или целиком в производственном процессе.

5.3.3.4.6.15.3 Испытания для периодической проверки соответствия

После установки ионизаторов рекомендуется измерить их рабочие параметры, которые лягут в основу дальнейшего испытания надежности ионизатора. Для выполнения периодических проверок ионизаторов допускается использовать методы испытаний и указания [17].

После установки ионизаторов рекомендуется проверять время стекания разряда и ионный баланс. Своевременно должен выпускаться сертификат, подробно описывающий условия и место или места проведения теста. Периодичность проведения зависит от требований пользователя. В некоторых случаях требуется только соответствующее техническое обслуживание и ежегодная проверка, в других более критических случаях требуются графики технического обслуживания, ежеквартальная или полугодовая повторная сертификация. Пользователи должны быть осведомлены со связанными с периодическими проверками затратами и ответственностью.

5.3.3.4.6.16 Техническое обслуживание и чистка

5.3.3.4.6.16.1 Требования по обслуживанию и чистке ионизатора

5.3.3.4.6.16.1.1 Основные положения

Все ионизаторы требуют периодического технического обслуживания для нормальной работы. Периодичность технического обслуживания зависит от типа используемых ионизаторов и рабочей среды. Применение в особо чистых помещениях требует более частого технического обслуживания. Рекомендуется сформировать график обслуживания ионизаторов. Периодическое обслуживание требуется для удовлетворения требований аудита контроля качества.

5.3.3.4.6.16.1.2 Коронные (электрические) ионизаторы

Эмиттеры электрических ионизаторов рекомендуется периодически чистить и менять. Время уравновешивания и разряда рекомендуется периодически проверять с использованием контрольного устройства с заряженной пластиной. Некоторые электрические ионизаторы требуют своевременной настройки ионного баланса.

Последовательность действий при настройке ионного баланса: прочистить прибор и эмиттеры, настроить ионный баланс на ноль (если он регулируемый), выполнить испытание времени разряда. Если полученные данные не соответствуют требованиям по ионному балансу или минимальным установленным пределам времени стекания заряда, необходимо дальнейшее обслуживание. Изготовители должны указывать порядок и периодичность обслуживания.

5.3.3.4.6.16.1.3 Полониевые ионизаторы

В полониевых ионизаторах не используются эмиттеры, но рекомендуется их ежегодно проверять на предмет утечки, что должно осуществляться изготовителем. Несмотря на то, что ионизирующий элемент имеет прогнозируемый срок службы, необходимо регулярно выполнять испытание ионного баланса и времени стекания заряда, чтобы гарантировать правильность работы прибора. Ионизирующий элемент, как правило, возвращается изготовителю для замены и утилизации.

5.3.3.4.6.16.1.4 Рентгеновские ионизаторы

В рентгеновских ионизаторах не используются эмиттеры, но используется рентгеновская трубка, замена которой периодически должна осуществляться изготовителем. Необходимо регулярно проводить проверку ионного баланса и времени разряда, чтобы гарантировать правильность работы прибора.

Помощь в проведении необходимых калибровок и технического обслуживания может оказывать изготовитель. Если необходимо, чтобы эти услуги оказывались на договорной основе, убедитесь в том, что изготовитель или соответствующее агентство по обслуживанию оказывает подобные услуги по интересующим ионизаторам.

5.3.3.4.6.17 Окружающая среда и влажность

Большинство ионизаторов предназначено для работы в стандартных производственных условиях в пределах температуры и влажности, указанных изготовителями ионизаторов. Конденсируемая влажность, загрязнения основаниями или кислотами, антистатические аэрозоли часто мешают работе электрических ионизаторов. Электрические ионизаторы используют высоковольтную изоляцию и слабый ток. Если на высоковольтную изоляцию оседают загрязнения, изоляция приобретает слабую проводимость. Такая проводимость может способствовать формированию внутри ионизатора нежелательных токов и привести к неправильной работе ионизирующих элементов.

Необходимо проконсультироваться с изготовителем, прежде чем устанавливать полониевые ионизаторы в агрессивной окружающей среде.

Пожароопасная и взрывоопасная среда формирует риски, которые не входят в область действия данного стандарта. Перед установкой необходимо проконсультироваться с изготовителем.

5.3.3.4.6.18 Другие вопросы

5.3.3.4.6.18.1 Вопросы техники безопасности

Электрическая ионизация включает использование высоких напряжений, прикладываемых к острой точке эмиттера. В зависимости от конструкции ионизатора и способа установки персонал может соприкоснуться с точками эмиттера. Это может произойти случайно или при техническом облуживании. Если ионизаторы установлены таким образом, что возможен контакт с эмиттером, необходимо предусмотреть меры по предотвращению электрического шока или физических травм из-за соприкосновения с токами эмиттера. Все ионизаторы должны удовлетворять требованиям законодательства по технике безопасности.

5.3.3.4.6.18.2 ЭМИ, озон и испускание частиц

Существует обеспокоенность, что ионизаторы воздуха вырабатывают озон и становятся источником электромагнитного излучения (ЭМИ). Следует изучить спецификации производителя, и учесть тот факт, что существуют различные способы и условия испытания. Если ионизаторы будут применяться в зонах, чувствительных к ЭМИ или озону, настоятельно рекомендуется испытывать ионизатор в нормальных условиях эксплуатации в такой зоне. Ионизатор должен удовлетворять требованиям стандартов, применяемых к другому используемому оборудованию. Чувствительные изделия или оборудование следует размещать в ионизируемой зоне, при этом необходимо определить влияние ионизатора на работу оборудования. Большинство изготовителей ионизаторов предоставляют оборудование для проведения подобного испытания.

Эмиттеры требуют периодической чистки и замены; частота зависит от типа используемого материала, конструкции ионизатора и окружающей среды. Исследование влияния износа эмиттеров из материалов, используемых в настоящее время на увеличение дефектов изделия, не проводилось. С другой стороны, исследования показали снижение дефектов изделия при использовании ионизаторов.

Применяемые в чистых помещениях ионизаторы должны соответствовать требованиям стандартов по излучению частиц, применяемых к другому производственному оборудованию. Если производственное оборудование проверяется на предмет излучения частиц, ионизаторы также рекомендуется проверять. В настоящее время отсутствуют стандарты по измерению излучения частиц ионизаторами воздуха, но интерес к этому вопросу приведет к их созданию в ближайшем будущем.

5.3.3.4.7 Одежда

5.3.3.4.7.1 Общие положения

В некоторых случаях, например, в чистых помещениях, использование антистатической одежды рекомендуется для предотвращения загрязнений. Одежда должна обладать характеристиками, предотвращающими формирование электростатического поля, чтобы снизить возможность загрязнения электростатически притягиваемыми частицами.

В некоторых случаях, может потребоваться носить одежду всегда, или также в местах, не требующих использования антистатической защиты, чтобы защитить работников от опасности удара током или по другим технологическим причинам. Риск ЭСР в совокупности с такой одеждой может быть выше, чем с обычной одеждой и ЭСР-управление должно устанавливать соответствующие требования.

Однако невозможно установить общие требования для антистатической одежды, и в этом случае ЭСР-координатор должен руководствоваться своим мнением, чтобы установить, возникнет ли риск при ежедневном ношении одежды персонала, или достаточно использования рабочей одежды, или необходимо гарантировать использование антистатической одежды. ЭСР-координатор может также отобрать антистатическую одежду из-за ее преимуществ, например установленного порядка ЭСР-управления.

Ниже перечислены факторы, которые необходимо учитывать:

- чувствительность компонентов к ЭСР (особенно если МЗУ имеет низкий порог);
- затраты и последствия повреждения компонентов в результате электростатического разряда,
- надежность изделия и рынок применения;
- тип оборудования и технологические процессы;
- требования к чистым помещениям,
- климат и условия окружающей среды;
- культуру производства.

Трудно оценить риск повреждений при использовании обычной одежды. Эксперты полагают, что ЭСР-риск возникает тогда, когда ЧЭСР-изделие подвергается воздействию высокого напряжения, формируемого внешними полями одежды и последующему воздействию поля, вызванного разрядом. Поэтому при работе с большим количеством ЧЭСР изделий, имеющих низкий порог напряжения, необходимо надевать антистатическую, а не обычную одежду, которая формирует электростатические поля высокой напряженности.

Например, если производственное помещение находится в теплом и влажном климате, при этом операторы ходят в футболках, а изделия не особо чувствительны к ЭСР, допускается ношение неантистатической одежды. Но, если производственное помещение находится в сухом климате, и операторы работают с дорогими ЧЭСР-изделиями, к которым предъявляются высокие требования надежности, одежда должна быть антистатической, особенно если обычная одежда с длинными рукавами, что способствует формированию электростатических полей. Т. к. большинство производственных помещений находятся в менее критичных условиях, необходимо осуществлять техническую оценку существующих условий.

5.3.3.4.7.2 Типы и выбор одежды

5.3.3.4.7.2.1 Типы одежды

Существует несколько типов одежды. При выборе типа одежды необходимо принимать во внимание условия и технологические процессы.

Существуют следующие типы одежды:

- ограниченного использования (одноразовая);
- многоразовая, требующая обработки;
- многоразовая, с постоянными антистатическими свойствами.

[19] определяет три типа антистатической одежды, основанных на характеристиках сопротивления, либо не предполагающая заземления:

- одежда рассеивающая — одежда, которая содержит защиту от ЭСР без необходимости ее заземления;

- заземляемая одежда — одежда, которая имеет точку заземления и низкое сопротивление от точки до точки и любой точки одежды до точки заземления;

- система заземляемой антистатической одежды — одежда, которая имеет точку заземления, и используется для заземления носителя через одежду, как правило, с помощью шнура заземления, подсоединенного к точке заземления.

При выборе наиболее подходящей одежды, внимание должно быть уделено технологии, используемой для ЭСР-управления, требованиям для поддержания программы ЭСР-управления, требованиям и другим ограничениям или условиям, в которых проводятся работы и привычками работников.

5.3.3.4.7.2.2 Одежда ограниченного использования (одноразовая)

Одежда ограниченного использования может быть использована определенное количество раз и затем должна быть утилизирована. При повторном применении рекомендуется ее контроль на предмет целостности, который должен быть описан в плане выполнения программы ЭСР-управления.

Одежда ограниченного использования, как правило, изготавливается из нетканых материалов. Также могут быть использованы текстиль или вязаные материалы, но они менее распространены. Требования ЭСР-управления часто соблюдаются с помощью применения поверхностной обработки или покрытий, которые являются эффективными на определенный период времени или использования. В случае с неткаными материалами, в составе ткани или плетения могут быть использованы антистатические примеси.

Использование поверхностной обработки или покрытий, или антистатических примесей наиболее дорогой способ обеспечить требуемые антистатические свойства одежды. Однако эффективность такой обработки часто зависит от влажности. Где для ЭСР-управления требуются условия низкой влажности, для обеспечения антистатической защиты могут быть использованы ткани, которые покрыты проводящими материалами. Другой вариант для нетканой одежды — это использование неудаляемых антистатических примесей или встроенных проводящих полимеров в составе ткани или покрытия.

Одежда ограниченного использования, как правило, применяется в таких местах, как нанесение конформного покрытия, где одежда может легко становиться грязной и необходимо быстро ее заменить. Используют также альтернативный экономически выгодный вариант, при котором использование антистатической одежды требуется на периодической основе.

5.3.3.4.7.2.3 Многоразовая одежда, требующая обработки

Требующая обработки одежда — это одежда, которая требует обработки вовремя или после процесса чистки. Одежда чувствительна к влажности из-за того, что поверхность (наносимое или добавляемое поверхностно-активное вещество) является гигроскопичным и зависит от влажности воздуха, которая влияет на защитные свойства одежды.

В некоторых случаях, одежда может быть изготовлена с проводящими материалами, но они также требуют поверхностной обработки. Такие материалы содержат низкое количество проводящих волокон по сравнению с одеждой с постоянными антистатическими свойствами, и в результате стоимость производства может быть ниже. Сравнительное преимущество использования только поверхностной обработки — количество требуемой обработки может быть меньше, период использования между обработками может быть дольше и антистатические свойства меньше зависят от влажности.

5.3.3.4.7.2.4 Многоразовая одежда с постоянными антистатическими свойствами

Одежда с постоянными антистатическими свойствами должна сохранять свои свойства в течение всего своего срока годности. В основном, такая одежда сохраняет свои защитные характеристики до 50 или более стирок (в прачечной), подходящих для одежды с постоянными антистатическими свойствами. Такая одежда шьется из ткани с добавлением проводящих волокон, образующих замкнутый контур.

5.3.3.4.7.2.5 Антистатическая одежда

Антистатическая одежда может быть изготовлена с использованием материалов, описанных выше.

Некоторые типы антистатической одежды не требуют специального соединения с заземлением.

В остальных случаях, антистатическая одежда, которая не заземлена, проводит заряд на проводящие элементы, что создает риск ЭСР. Такая одежда может не иметь требований к заземлению, в соответствии с [19]. При этом, ее все равно следует по возможности заземлять, чтобы снизить риск ЭСР. В этих случаях, необходимо, чтобы пользователи понимали, как одежда должна быть заземлена в соответствии с инструкциями производителя.

5.3.3.4.7.2.6 Заземляемая антистатическая одежда

Для электрически заземляемой одежды максимальное сопротивление между любой точкой одежды и точкой заземления одежды должно соответствовать установленному в IEC 61340-5-1. Такая одежда, как правило, имеет указанную точку заземления, которая позволяет заземлять все части одежды через одно токопроводящее средство заземления, например, провод заземления. Эта особенность позволяет постоянно контролировать заземление одежды во время ношения.

Заземляемая одежда может изготавливаться с использованием всех технологий, описанных выше, с некоторыми ограничениями. Поверхностная обработка и непостоянные антистатические при-

меси могут смываться (вымываться) неравномерно, поэтому электрическое соединение с точкой заземления станет альтернативным вариантом, даже если большая часть материала не сохраняет свои оригинальные свойства. Не всегда это возможно обнаружить при продолжительных наблюдениях.

В основном, материалы, включающие в себя нити проводящего волокна, не могут быть использованы для заземляемой антистатической одежды, только если также используется поверхностная обработка.

Материалы, включающие в себя проводящие волокна в виде нанесенного рисунка, потребуют также дополнительной обработки, или включения примесей проводящих материалов в швы между вставками для обеспечения электрического соединения в заземляемой антистатической одежде.

Материалы, которые включают поверхность из проводящих материалов в виде сетки могут стать наиболее надежным способом для создания заземляемой антистатической одежды, особенно если примеси проводящих материалов включены в швы между вставками.

После периодической проверки, что одежда во всех вставках обеспечивает электрическое соединение, следует убедиться в том, что все части одежды являются проводящими. Затем соединяют одежду с системой заземления пользователя таким образом, чтобы он не выступал в качестве перемещающегося проводника. Это возможно выполнить следующим образом:

- заземлить одежду на пользователе через антистатический браслет, используя переходник или напрямую с кожей заземленного оператора;
- заземлить одежду через отдельный провод заземления, напрямую прикрепленный к указанной точке заземления одежды.

5.3.3.4.7.3 Правильное использование

Антистатическую одежду следует надевать таким образом, чтобы избежать воздействия зарядов на обычную одежду персонала.

Заземляемая антистатическая одежда и система заземляемой антистатической одежды должны быть подсоединены к точке заземления до начала работы с ЧЭСР-компонентами и должны оставаться заземленными при использовании ЧЭСР-компонентов.

5.3.3.4.7.4 Испытания

Способ испытания электрического сопротивления одежды приведен в [19]. В случае, если метод измерения сопротивления, описанный в [19], не применим, пользователь антистатической одежды должен выбрать альтернативный метод контроля для оценки соответствия продукции и периодической проверки соответствия. В этом случае процедуры, выбранные для использования и критерии «годен»/«не годен» должны быть задокументированы в плане выполнения программы ЭСР-управления. [14] описывает некоторые из подходящих методов.

5.3.3.4.7.5 Подтверждение соответствия

Испытания подтверждения соответствия для антистатической одежды, которая не требует заземления, могут выполняться на готовой одежде или, если электрическое соединение вокруг швов не требуется, могут быть проведены на образцах ткани. На надетой одежде требуемые испытания сопротивления проводят в соответствии с [19].

Для антистатической одежды, которой необходимо заземление, заземляемой антистатической одежды и системы заземляемой антистатической одежды, испытываемые образцы ткани допустимо использовать предварительные образцы ткани, но квалификационные испытания проводят с использованием готовой одежды, так, чтобы электрическое соединение по всей одежде можно было проверить.

Испытания подтверждения соответствия для одежды, антистатические свойства которой являются постоянными, необходимо провести на двух комплектах образцов: первый комплект испытывают при получении, а второй комплект испытывают после чистки, в соответствии с инструкциями по чистке производителя, чтобы воспроизвести условия длительного использования одежды. Как правило, образцы необходимо подвергнуть чистке не менее 50 раз.

5.3.3.4.7.6 Периодические проверочные испытания

Одежду, которая даже единожды была использована, рекомендуется периодически проверять, чтобы удостовериться, что она еще соответствует требованиям спецификации. Это может быть как выборочная проверка сотрудников при проверке на соответствие, так и проверка после каждого цикла очистки.

Правила должны указывать частоту испытаний и технологию, используемую для метода проведения антистатической защиты, стоимость испытаний зависит от стоимости и последствий отказов от ЭСР.

Антистатическая одежда, которая изготовлена с помощью поверхностной обработки или временных антистатических включений, вероятно, требует более частых периодических проверок, чем антистатическая одежда, изготовленная из материала с проводящими волокнами или постоянными антистатическими примесями, и должна, как минимум, быть испытана перед использованием, после очистки.

5.3.3.4.7.7 Техническое обслуживание и чистка

5.3.3.4.7.7.1 Ремонт

Изношенная или поврежденная одежда должна быть заменена на такую же или отремонтирована в соответствии с рекомендациями производителя таким образом, который позволяет обеспечить электрическую целостность швов. После ремонта необходимо провести периодическую проверку одежды перед тем, как она будет отправлена в работу.

5.3.3.4.7.7.2 Стирка в прачечной

Необходимо выбрать подходящий метод чистки, который позволит чистить одежду в соответствии с рекомендациями производителя. Прачечная, при чистке нежелательным способом, не должна оказывать чрезмерное воздействие на антистатические свойства одежды. Процесс чистки должен включать тщательное полоскание, чтобы удалить остатки моющего средства и других чистящих химикатов.

Если используется одежда, требующая обработки, прачечным советуют использовать требуемый метод, с соблюдением диапазона влажности, в котором используется одежда и учитывать полное время использования между чистками, и использование соответствующего метода обслуживания. Для контроля чистки рекомендуется мониторинговая система проверки, которая должна быть описана в плане выполнения программы ЭСР-управления.

5.3.3.4.7.7.3 Домашняя чистка

Если предусмотрено, что одежда стирается работниками дома, необходимо, чтобы при домашней чистке были соблюдены инструкции производителя. Периодический контроль, который описан выше, следует проводить перед использованием одежды после чистки, чтобы подтвердить целостность антистатических свойств.

5.3.3.4.7.8 Условия окружающей среды и влажность

Большинство материалов, из которых изготавливается одежда, может разрушаться из-за воздействия влажности. Антистатические свойства материала, содержащего хлопок, который по своему характеру гигроскопичен, очень сильно зависят от относительной влажности. Синтетические материалы, такие как полиэстер, нейлон и др., намного менее гигроскопичны, чем хлопок, и их антистатические свойства не так зависят от относительной влажности. Тем не менее, влажность может усиливать соединение проводящих волокон, которые вплетены в решетчатую структуру синтетической ткани, и может увеличить проводимость специальной обработки или антистатических примесей. Для некоторых целей есть рекомендуемый метод испытаний одежды для пределов диапазона относительной влажности и температуры, в которых одежда будет использоваться.

5.3.3.4.7.9 Другие требования

Методы и оборудование, описанные в настоящем стандарте, могут подвергать персонал потенциальной опасности поражения электрическим током. Пользователи стандарта несут ответственность за выбор оборудования, которое соответствует приведенным правилам, законам, внешним и внутренним правилам безопасности. Пользователи должны учитывать, что настоящий стандарт не заменяет требования персональной безопасности.

Практическое снижение электрической безопасности должно быть оценено, и необходимо следовать инструкциям по заземлению для используемого оборудования.

Безопасность персонала, при возможности взаимодействия с электрической сетью, должна быть проверена до того, как антистатическая одежда будет надета. Следует руководствоваться правилами безопасности, установленными в организации.

Основной материал может быть тканым или вязаным, в случае возможной порчи (загрязнения), например металлические материалы вызывают брак. В таких случаях, должны быть даны указания использовать волокна нервущегося синтетического материала или нетканые материалы.

5.3.3.4.8 Стеллажи и полки

5.3.3.4.8.1 Типы стеллажей

Системы стеллажей предназначены для хранения изделий и материалов. Существуют системы хранения различных типов и конфигурации, однако для задач, описываемых данным стандартом, рекомендованы два основных типа.

5.3.3.4.8.2 Рабочие полки

Полки для хранения являются частью антистатического рабочего места. Они предназначены для хранения ЧЭСР-изделий (в упаковке и без), документации, инструментов, принтера и измерительного оборудования, например, осциллографов. Если полки используются для хранения ЧЭСР-изделий без упаковки, поверхность полок должна быть заземлена, а ненужные источники формирования статического электричества удалены.

Однако, если полки предназначены только для хранения ЧЭСР-изделий в защитной упаковке, полки могут быть не антистатическими.

Многие организации сталкиваются с проблемой необходимости замены систем хранения на каждом технологическом этапе, поэтому они размещают антистатические стеллажи в одном месте, а не антистатические стеллажи — в другом. Это может привести к тому, что сотрудники ошибочно могут поместить ЧЭСР-изделия на незаземленных полках. Одним из способов решения проблемы является обработка всех стеллажей одинаковым образом, то есть они либо имеют антистатическое покрытие и заземление, либо нет.

Если это неудобно, рекомендуется помещать на стеллажи специальные обозначения.

Примечание — Подразумевается, что полки без обозначений являются антистатическими.

5.3.3.4.8.3 Стеллажи в зонах хранения (склад, зона комплектации и т. п.)

Ко второму типу относятся многоуровневые блоки хранения, широко используемые на фабриках, которые монтируются в пол или в стол и предназначены для хранения деталей на складах или в зонах комплектации. Решение о необходимости заземления этих стеллажей решает пользователь после ответа на следующие вопросы:

- незащищенные ЧЭСР изделия хранятся вблизи нечувствительных к ЭСР изделий, отгруженных в формирующей статическое электричество упаковке?
- как осуществляется транспортирование изделий в пределах рабочей зоны?
- перемещается ли изделие в упаковке к антистатическому рабочему столу, где квалифицированные заземленные операторы его монтируют?
- удаляется ли оригинальная упаковка с изделий на стеллажах, выполняются ли соответствующие инструкции по их защите?

После того, как стратегия выбрана, испытание систем хранения должно включаться в программу аудита. При проверочных измерениях согласно [12] необходимо измерять сопротивление относительно земли и сопротивление от точки до точки.

5.3.3.4.9 Транспортировочное оборудование

Транспортировочное оборудование — это оборудование для транспортирования изделий от одного технологического этапа к другому. Это, например, транспортировочные тележки, стойки и подкатные столы. Если транспортировочное оборудование используется для транспортирования ЧЭСР-изделий, оно должно иметь возможность заземления при погрузке или выгрузке. Если транспортировочное оборудование не заземлено (например, находится вне защищенных зон), персонал не должен прикасаться к изделиям, только если изделия, транспортировочное оборудование и персонал не соединены между собой.

Транспортировочное оборудование может быть заземлено непосредственно через напольное покрытие посредством токопроводящих(его) колес(а), кабеля или шарнира. Когда транспортировочное оборудование заземляется через напольное покрытие, необходимо убедиться, что существует заземление от поверхности (где хранятся незащищенные изделия) к земле, независимо от выбранного способа заземления. Преимуществом является тот факт, что соединение с землей постоянно и, как правило, не требует вмешательства оператора. Одним из недостатков является то, что заземление может быть утрачено, если отсутствует контакт с напольным покрытием. Пыль и грязь (например, на поверхности, где лежат ЧЭСР изделия, на полу и/или механизме заземления) могут привести к потере электрического соединения между ЧЭСР изделиями и землей.

Если в программу ЭСР-управления не включены антистатические напольные покрытия, транспортировочное оборудование может эффективно использоваться для транспортирования ЧЭСР изделий. При этом оно должно заземляться посредством провода, подсоединенного к системе заземления перед погрузкой и выгрузкой изделия. Транспортировочное оборудование должно заземляться в соответствии с указаниями, приведенными в главе, посвященной заземлению.

В обоих вышеописанных случаях рекомендуется включать все части транспортировочного оборудования в программу периодических проверок. Согласно IEC 61340-5-1 сопротивление, измеренное

между поверхностью оборудования и землей, должно быть менее $1,0 \cdot 10^9$ Ом. В случае, когда используется МЗУ, минимальное рекомендуемое сопротивление от точки до точки должно быть $1,0 \cdot 10^4$ Ом. Для измерения сопротивления используют методы и оборудование, указанные в [12].

5.3.4 Упаковка электронных изделий для транспортирования и хранения

5.3.4.1 Введение и цели

Целью 5.3.4 является подготовка основных инструкций для разработки и установления технических характеристик системы антистатической упаковки. Упаковка относится к тем элементам и материалам, которые обеспечивают детальную защиту для ЧЭСР-компонентов при всех процедурах использования, транспортирования и хранения. Вторичная или внешняя упаковка отдельно не рассматривается, если она не выполняет функции защиты от ЭСР. Внутри отрасли защиты от ЭСР, существует множество элементов и материалов, которые считаются пригодными для упаковки. В 5.3.4 приведена основная информация для инструктирования читателя и лучшего понимания этой обширной области способов упаковки ЧЭСР-частей при транспортировании. Тем не менее, основным предметом обсуждения стали используемые электрические принципы, другие факторы, связанные с физическими основами, только упомянуты.

5.3.4.2 Определения

5.3.4.2.1 Общие положения

Определения, используемые в данном подпункте, соответствуют определениям IEC 61340-5-3. Данные определения дают общее представление используемых терминов.

5.3.4.2.2 Электропроводность

Проводящие материалы в основном являются составными из нескольких компонентов, включая базовые материалы, которые могут быть полимерами некоторых типов. Примеси к основным материалам или полимерам обеспечивают объемную и поверхностную проводимость материалов. Обработка, металлизация и покрытия приводят к созданию поверхностной проводимости материалов, которая, как правило, не является объемной проводимостью. В некоторых случаях фольга также используется для создания поверхностной проводимости материалов.

5.3.4.2.3 Экранирование (электростатическое)

Экранирующая упаковка, изготовленная из тонких проводящих антистатических защитных материалов, способствует рассеиванию или снижению электростатического поля внутри упаковки под воздействием внешних электростатических полей.

Некоторые модификации экранирующих материалов, такие как те, что включают в себя слой диэлектрика, могут также ограничивать проникновение электрического тока через поверхность во время прямого разряда. Такого типа изделия могут классифицироваться как экранирующие ЭСР материалы.

5.3.4.2.4 Зарядорассеивание

Зарядорассеивающие материалы обеспечивают рассеивание заряда. Они также снижают зону высокой концентрации заряда с помощью способности зарядов к стеканию по поверхности. Зарядорассеивающие материалы не обязательно являются слабозаряжающимися. Примеси к основному материалу или полимеры обеспечивают объемное или поверхностное рассеивание. Обработка, металлизация и покрытия приводят к созданию поверхностной зарядорассеваемости материалов, которая, как правило, не является объемной зарядорассеиваемостью. В некоторых случаях фольга также используется для создания поверхностной зарядорассеиваемости материалов.

5.3.4.2.5 Слабозаряжаемость

Слабозаряжающиеся материалы сами по себе не существуют, но такими материалами являются те, которые устойчивы к формированию трибоэлектрического заряда, образующегося при контакте с другими материалами. Однако заряжаемость сильно зависит от состава материала и характеристик его поверхности. Характеристики слабозаряжающегося материала не всегда возможно определить измерением поверхностного или объемного сопротивления. Слабозаряжающиеся материалы не обязательно являются рассеивающими (однако многие являются). В настоящее время слабозаряжающиеся материалы не указаны в IEC 61340-5-1 и [20], потому что измерения сильно зависят от способа применения. Однако их также необходимо учитывать при выборе упаковочного материала. Пользователи должны определять степень зарядки упаковочного материала в среде конечного использования.

5.3.4.2.6 Диэлектрики

Диэлектрики обладают очень высоким сопротивлением, поэтому они плохо проводят ток. Они могут сильно заряжаться при контакте с другими материалами. Рассеяние заряда от диэлектрика через заземление происходит очень долго (несколько часов или недель, в зависимости от окружающих условий). Это не позволяет их использовать вблизи ЧЭСР-компонентов.

5.3.4.3 Выбор/создание правильной упаковки

Как правильно выбрать упаковку? Огромное количество существующих типов упаковки часто приводят в замешательство не разбирающихся в ней потребителей.

Упаковка, используемая внутри УЗЭ должна содержать рассеивающие и проводящие материалы для близкого контакта. Вне УЗЭ [20] требует для транспортирования чувствительных изделий использовать упаковку, содержащую:

a) рассеивающие и проводящие материалы для близкого контакта и

b) структуру, которая обеспечивает экранирование электростатических разрядов.

Следующие шесть шагов используются как инструкция для разработки системы антистатической упаковки:

1) Установить чувствительность изделия.

2) Определить среду применения для упакованного продукта (использование изделия внутри УЗЭ или вне УЗЭ, в зоне распаковки).

3) Определить тип упаковки, которая будет использована (многоразовая, одноразовая и др.).

4) Выбрать материал для упаковки и качество материалов в соответствии с [20].

5) Создать систему упаковки, основанную на принципах шагов 1—4.

6) Испытать окончательный вариант упаковки на эффективность (если возможно).

5.3.4.4 Анализ чувствительности изделия

Существует несколько методов оценки чувствительности изделий к ЭСР. Главный метод основан на модели человеческого тела (МЧТ), в которой разряд прикладывается поочередно через RC-цепь (резистор — емкость) ко всем выводам или разъемам испытуемого устройства. После каждого разряда осуществляется замер параметров. Уровень, при котором испытуемое устройство теряет какой-либо функциональный параметр, определяет порог чувствительности изделия. Критические уровни отказа могут быть указаны в спецификации. Информация о чувствительности изделия к ЭСР может быть получена от изготовителя, при выполнении заводских измерений или изучении опубликованных данных о чувствительности изделий к ЭСР.

5.3.4.5 Анализ условий применения

5.3.4.5.1 Учитываемые факторы

Необходимо понимать условия, в которых изделие будет перевозиться и в которых оно будет использоваться, для определения корректного типа используемой упаковки.

Должны быть учтены следующие вопросы:

- В какой среде будет использован продукт (внутри УЗЭ), вне УЗЭ (зона распаковки)?

- Будет ли изделие пересекать национальные границы? Если да, то будет ли изделие осматриваться незаземленным персоналом таможни?

- Будет ли изделие перевозиться с помощью специального грузовика (грузовик, для перевозки изделий только одной организации)?

- Будет ли изделие перевозиться напрямую до конечного пункта назначения или ожидается разгрузка и погрузка изделия (например, из грузовика в самолет)?

- Как проверяется влияние окружающей среды (диапазон температуры (холодный и/или горячий), диапазон влажности (изделие подвержено высокой влажности или внешним осадкам, таким как дождь)?

- Кто будет принимать изделие при доставке (персонал, обученный работе в ЧЭСР-компонентами, необученный персонал — дистрибьютеры, сотрудники таможни)?

- Как измеряется опасность ЭСР при транспортировании?

5.3.4.5.2 Влажность

Высокая влажность, как известно, не только вызывает коррозию, но и становится причиной многочисленных проблем для электронных изделий. Проблемы пайки хорошо известны и описаны. Поэтому для предотвращения чрезмерного воздействия влаги необходимо хранить изделия в защитной упаковке, которая имеет низкую проницаемость по водяному пару.

5.3.4.5.3 Температура

Хотя специализированные материалы и конструкции позволяют контролировать температуру внутри упаковки, при транспортировании электронных изделий необходимо учитывать возможное воздействие температуры. Это особенно важно при высокой влажности. Если температура варьируется вокруг точки образования росы, возможно образование конденсата. В этом случае упаковка либо должна содержать осушитель, либо во время герметизации необходимо выкачать из нее воздух. Упаковка сама по себе должна иметь низкую проницаемость по водяному пару.

5.3.4.6 Выбор типа наиболее подходящей упаковки для упаковки предполагаемого устройства

5.3.4.6.1 Основные требования для типов упаковок

На рынке существует огромное количество упаковок для транспортирования электронных изделий. Для ЧЭСР-изделий необходимо использовать слабозаряжающуюся или рассеивающую статический заряд упаковку. Дополнительным преимуществом слаборазряжающейся упаковки является снижение статического заряда на материалах в той среде, где он может воздействовать на чувствительные изделия. Кроме того, многие компании требуют, чтобы упаковка защищала содержимое от прямого разряда или воздействия электрических полей. Существует много упаковок, обеспечивающих все три условия: слабый разряд, защита от разряда и подавление электрических полей.

В 5.3.4.6.2 — 5.3.4.6.4 приведено описание некоторых производимых типов упаковок. Этот перечень не является всеобъемлющим, но приводит ссылку на основные категории.

5.3.4.6.2 Возвратная и многоразовая упаковка

В некоторых случаях, упаковка может быть сделана для повторного использования и возврата производителю. В этом случае упаковка может быть использована множество раз. Примерами такого типа упаковки являются запираемые контейнеры, пластиковые контейнеры и другие жесткие и полужесткие контейнеры. Первоначальная стоимость таких контейнеров может быть довольно высокой. Однако при использовании соответствующей системы сбора и повторной обработки со временем контейнеры оказываются наименее затратным типом упаковки.

Пользователи упаковки многоразового использования должны проанализировать общие затраты по выполнению такой программы. Примеры предполагаемых затрат:

- затраты на обеспечение рабочей силы для сбора, сортировки и подготовки материалов для обратного транспортирования;
- затраты на чистку перед повторным использованием;
- затраты на испытание (например, поверхностное сопротивление) перед повторным использованием упаковки в процессе;
- затраты на перевозку.

Мешки и пакеты также могут многократно использоваться, если их функциональные и эксплуатационные характеристики продолжают соответствовать первоначальной спецификации.

Пользователь может проверить возможность многократного использования упаковки, измерив, например, электропроводность или другие физические свойства упаковки, описываемыми в 5.3.4.7 способами. Экранирующие мешки и контейнеры могут попадать под эту категорию до тех пор, пока металлический слой сохраняет свою целостность и экранирующие характеристики.

5.3.4.6.3 Одноразовая упаковка

Многие типы упаковки предназначены для одноразового использования. Несмотря на то, что первоначальная стоимость одноразовой упаковки меньше стоимости многоразовой упаковки, необходимо проанализировать общие затраты на упаковку применимо к конкретной задаче.

5.3.4.6.4 Перепродажа или реализация упаковки

Фирмы по продаже компьютерного оборудования и другие предприятия оптовой и розничной торговли осуществляют доработку и замену запасных частей для большого круга покупателей. При этом долговечность может не быть основным параметром при выборе упаковки, т. к. покупателя в основном привлекают эстетика и приятный внешний вид. На такой упаковке, как правило, указаны способы обращения с изделием, а иногда и предупреждение о том, что изделие чувствительно к ЭСР.

5.3.4.7 Выбор и испытания упаковочных материалов

Способы испытаний защитных характеристик упаковки широко известны в промышленности. Электрические свойства позволяют определить тип материала. Способы испытаний, указанные в [20], позволяют пользователю классифицировать материал, как электропроводный, рассеивающий статический заряд или изоляционный. Как только материал классифицирован, допускается начинать подбор упаковки.

5.3.4.8 Подбор упаковки

Подбор упаковки необходимо осуществлять с учетом чувствительности изделий к ЭСР, области их применения, а также перечня доступных материалов для различных вариантов упаковки.

При выборе упаковки необходимо учитывать нижеперечисленные правила:

- если упаковка предназначена главным образом для перемещения изделий внутри УЗЭ, достаточно, чтобы упаковка была из слабозаряжающегося материала, рассеивающего статический заряд;
- если упаковка предназначена для изделий, перемещаемых между УЗЭ (неконтролируемая среда), необходимо, чтобы упаковка была из слабозаряжающегося экранирующего заряд материала;

- если упаковка предназначена для транспортирования изделий в незащищенную среду, необходимо, чтобы упаковка была из слабозаряжающегося экранирующего заряд материала.

5.3.4.9 Прочие вопросы

5.3.4.9.1 Зависимость цены и стоимости

Необходимо анализировать стоимость упаковки и общие затраты. Большинство компаний — производителей электронных изделий группируют свои изделия по стоимости и затратам. Существует тенденция упаковывать менее дорогие и ценные детали в менее дорогую упаковку. Это кажется логичным, но дополнительные затраты на поддержание различных типов упаковки и обеспечение каждого типа изделий определенной упаковкой увеличивает общие затраты. Использование многочисленных типов упаковки требует проведения тщательного анализа затрат и прибыли.

5.3.4.9.2 Использование разных типов упаковок

Чувствительные к вибрации изделия нуждаются в упаковке, которая обеспечивает смягчение или снижение воздействия при ударе. Надежность упаковки играет большую роль. Транспортировочный контейнер проектируют таким образом, чтобы он выдерживал максимальное физическое воздействие. С точки зрения защиты от ЭСР, защиту должна обеспечивать внутренняя часть контейнера или внутренняя упаковка. Основной контейнер может включать или не включать элементы защиты от электростатического заряда.

5.3.4.9.3 Требования к неэлектрическим характеристикам

При выборе упаковки, кроме электрических характеристик, необходимо учитывать такие характеристики как чистота, перенос химикатов, совместимость с пластмассами, считывание штрих-кода, прозрачность, возможность проведения испытаний, прочность и защита от удара и вибрации.

5.3.4.10 Моделирование испытаний

Иногда требуется доказать, что изделие не будет повреждено во время транспортирования. В этом случае рекомендуется подвергнуть упакованное изделие тому воздействию, которое может возникнуть при транспортировании. Возможные испытания, наряду с другими, включают следующие воздействия:

- Моделирование высоковольтного разряда на внешней стороне упаковки. Форма сигнала разряда и уровень напряжения задаются в соответствии с возможным воздействием при транспортировании.
- Моделирование дорожных вибраций. Это испытание не только помогает гарантировать, что вибрации не окажут отрицательное физическое воздействие на изделия, а также проверить формирование разряда между изделием и упаковкой.
- Испытания на удар должны гарантировать, что упаковка обеспечивает адекватную механическую защиту упакованного изделия.
- Испытания на воздействие окружающей среды (дождь, критическая температура и влажность).

После продукцию следует не только осмотреть, но и провести функциональные испытания, чтобы удостовериться, что она по-прежнему соответствует своим функциональным параметрам. Перед началом испытаний пользователь должен составить критерии соответствия/несоответствия.

5.3.5 Маркировка

5.3.5.1 Общие положения

Согласно требованиям IEC 61340-5-1, компания обязана маркировать ЧЭСР-изделия и оборудование в соответствии с требованиями заказчика. Если маркировка не является обязательным требованием, компания самостоятельно определяет ее необходимость.

Маркировка упаковки позволяет предупреждать пользователя о том, что изделия внутри упаковки являются чувствительными к ЭСР.

5.3.5.2 Маркировка узлов и оборудования

Маркировка узлов и оборудования представляет собой символы, приведенные на рисунке 9. Маркировка узлов и оборудования осуществляется в зависимости от свободного места, а также условий эксплуатации, таким образом, чтобы маркировка не препятствовала эксплуатации изделия. Некоторые наклейки содержат обозначения наряду с символами, приведенными на рисунке 9.



Рисунок 9 — Чувствительная к ЭСР деталь или узел

Следующая маркировка «ВНИМАНИЕ! ПРИБОРЫ, ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ К ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОМУ РАЗРЯДУ, обрабатывать только на защищенных от статического электричества рабочих местах» или «ВНИМАНИЕ! Чувствительные электронные приборы» наносится в зависимости от свободного места.



Рисунок 10 — Пример маркировки ЧЭСР-устройств

5.3.5.3 Маркировка упаковки

Для маркировки упаковки (например, мешков, пакетов, транспортировочных контейнеров и т. п.) для чувствительных к ЭСР деталей или узлов допускается использовать символ, приведенный на рисунке 10. Если для упаковки ЧЭСР-изделий используется несколько материалов (например, завертывание и пакет или быстроразъемный пакет), маркировка должна находиться на обеих сторонах упаковки, чтобы она была хорошо видна персоналу. Маркировка может содержать как символы, так и слова, см. рисунок 10.

Дополнительно рекомендуется, чтобы упаковка имела маркировку, приведенную на рисунке 11.



IEC 60417-6202:2013-06

(*) — Основные функциональные коды: *S* — экранирование статического разряда; *F* — экранирование электростатического поля; *C* — электростатическая проводимость; *D* — электростатическое рассеивание

Рисунок 11 — Пример маркировки

5.3.5.4 Прочие вопросы маркировки

Маркировка иногда наносится и на другие предметы, например, контейнеры или устройства для хранения. Маркировка может наноситься на шкафы и контейнеры, стеллажи и прочее. Компания самостоятельно определяет объемы маркировки оборудования и упаковки, все они должны быть включены в план выполнения программы ЭСР-управления. Более того, некоторые договора (контракты) могут устанавливать требования к маркировке для организации.

Маркировка может наноситься также на защищающие от ЭСР материалы и оборудование. Компания должна убедиться в том, что материалы, подлежащие маркировке, соответствуют спецификации, прошли приемку и удовлетворяют эксплуатационным требованиям. Маркировка поступающих материалов и оборудования не всегда означает, что они удовлетворяют требованиям эксплуатирующей организации. Если маркировка материалов применяется для технологического контроля, маркировка должна быть такой же, как на рисунке 12. Другие стандарты по испытаниям материалов требуют, чтобы маркировка наносилась перед приемкой.



IEC 61340-5-3:2015

Рисунок 12 — Маркировка материалов и оборудования

6 Автоматизированное разгрузочно-погрузочное оборудование (АРПО)

АРПО, используемое при работе с незащищенными ЧЭСР-компонентами, должно быть проверено перед использованием.

АРПО обширное понятие и покрывает широкий круг типов оборудования. Это разнообразие не позволяет разработать единое стандартизованное испытание. Серия стандартов IEC 61340 (все части) в настоящее время не включает методы оценки АРПО. Однако есть несколько основных принятых инструкций (правил), которые могут быть использованы для выбора АРПО.

Далее приведены несколько рекомендованных правил для разработки, конструирования и испытаний АРПО.

Примечание — Благодаря современным технологиям множество видов пластика могут быть рассеивающими с добавлением соответствующих компаундов, которые возможно заземлить.

- Все проводники и статически рассеивающие материалы должны быть соединены с заземлением машины.
- Все изоляционные материалы внутри зоны 30 см вокруг устройства должны быть экранированы, покрыты, обшиты или специально приведены к статически безопасным.
- Оборудование для обработки чувствительных элементов должно иметь обозначенную точку заземления оператора.
- Где возможно, все компоненты оборудования, отделенные от шасси подшипниками (сплошными, катящимися, радиальными, линейными и т. д.) должны быть сконструированы таким образом, чтобы обеспечить постоянное соединение с заземлением независимо от вращения или неустойчивой скорости. Это может быть: гибкий кабель заземления (т. е. обмотанный кабель), металлические щетки, графитовые контроллеры, бериллиевые медные контроллеры, проводящие смазочные материалы и др.
- Поверхности, на которые оператор может положить устройство должны быть статически рассеивающими или заземленными.
- Устройства перегрузочного механизма, такие как вакуумные присоски и форсунки, должны быть проводниками или статически рассеивающими и заземленными.

- Все обозначенные точки заземления должны быть напрямую соединены с заземленным оборудованием.

- Где это возможно, все автоматизированные проводники (провода или компоненты), которые обозначены для создания линии заземления, должны быть соединены с точкой основного заземления машины таким образом, чтобы создать удовлетворительное соединение, которое невозможно случайно разъединить.

- Для поверхностей, покрытых оксидной пленкой — удостовериться, что лежащий в основе проводящий материал напрямую соединен с точкой заземления оборудования.

7 Антистатические перчатки и напальчники

7.1 Вводные замечания

Многие электронные устройства, используемые персоналом в процессе производства должны быть защищены от масел и других загрязняющих веществ, которые могут находиться на коже человека. Чтобы предотвратить перенос этих веществ на применяемые изделия, операторам часто требуется надевать перчатки на руки или напальчники на пальцы.

Перчатки и напальчники также могут потребоваться для улучшения сцепления с используемыми изделиями или инструментами.

В некоторых ситуациях, когда персонал может быть подвергнут опасности (химической, острая кромка, холодная температура и т. д.), требуется надевать защитные перчатки. Они не относятся к тем, которые описаны в данном стандарте, где не установлены требования к СИЗ. Пользователям рекомендуется иметь это в виду и работать в соответствии с местными или государственными нормами и правилами для перчаток, которые классифицируются как СИЗ.

Методы и оборудование, описанные в настоящем стандарте, могут подвергать персонал потенциальной опасности поражения электрическим разрядом. Пользователи данного стандарта отвечают за выбор оборудования, которое отвечает применяемым законам, стандартам, внешнему и внутреннему законодательству. Пользователи должны учитывать, что настоящий стандарт не заменяет и не перекрывает требования персональной безопасности.

Действительное снижение электрической опасности должно быть проверено и должны быть разработаны инструкции по заземлению оборудования.

Ношение перчаток или напальчников может быть необходимо в целях, установленных выше, но во многих случаях использование перчаток и напальчников вызывает ЭСР. Такой разряд может привести к поражению ЧЭСР-компонента.

Другим доводом является то, что ношение перчаток и напальчников может увеличить сопротивление между применяемыми инструментами и другими проводниками, которые должны быть заземлены.

Для правильного выбора перчаток и/или напальчника при работе с ЧЭСР-компонентами пользователь должен установить требования ЭСР-управления, такие как степень загрязнения изделий, эргономическая и персональная защита. Раздел 7 ссылается на некоторые принципы ЭСР-защиты, связанные с перчатками и напальчниками. Описанные методы испытаний могут быть использованы для подтверждения соответствия, приемочных или периодических испытаниях.

7.2 Типы

На рынке существует выбор перчаток и напальчников, изготовленных из различных материалов. Большая часть используемых перчаток и напальчников изготовлена:

- из латекса;
- винила;
- нитрила;
- текстиля (без изоляции);
- текстиля с покрытием.

Латексные, виниловые и нитриловые перчатки и все типы напальчников предполагают ограниченное использование, т. е. используются определенное количество раз, часто только один раз, и затем утилизируются. Текстильные перчатки могут также быть ограничены в количестве использований, но чаще они многоразовые. Если перчатки многоразовые, рекомендуется использовать систему контроля и проверок для прослеживания целостности перчаток, которая должна быть прописана в плане выполнения программы ЭСР-управления.

Для латексных, виниловых, нитриловых перчаток и напальчников, и в покрытиях для текстильных перчаток наиболее применимым способом достижения антистатических свойств являются специальная обработка или использование антистатических добавок в формулу полимеров. Для текстильных перчаток и напальчников также используется специальная обработка. При выборе перчаток и напальчников, для которых используется специальная обработка или непостоянные антистатические добавки необходимо проводить техническое обслуживание, чтобы удостовериться, что покрытие или вставки не становятся возможными источниками загрязнения изделий.

Тканевые перчатки и напальчники без покрытия могут содержать проводящие волокна. Если заряд изделия является единственным предполагаемым воздействием, то могут быть использованы поверхностные или внутренние проводящие волокна. Если антистатические перчатки или напальчники используются для контроля электрического соединения между заземлением и ручными инструментами или другого проводника в руке, тогда предпочтительно использовать перчатки с поверхностными проводящими волокнами. Если требуется поддерживать низкое сопротивление, внутренние проводящие волокна неприменимы.

Многоразовые тканевые перчатки допускается стирать в прачечной в соответствии с требованиями для антистатической одежды (см. 5.3.3.4.7.7.2 и 5.3.3.4.7.7.3), которые могут включать повторное применение специальной обработки.

7.3 Испытания и подтверждение соответствия

7.3.1 Испытываемые характеристики

Существует две характеристики антистатических перчаток и напальчников, которые должны быть проверены:

- уровень, до которого изделие может зарядиться, если его держат в испытуемых перчатках или напальчнике,
- способность рассеивать заряд в проводниках, которые держат в испытуемых перчатках или напальчнике.

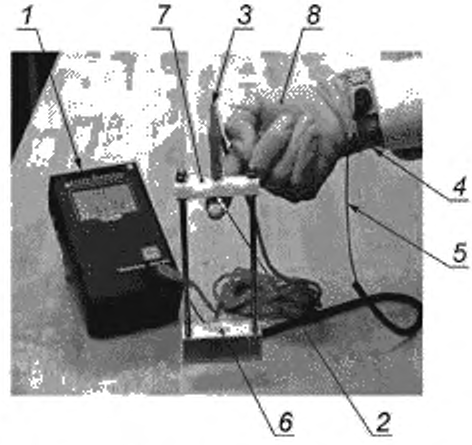
Для испытаний используются методы, приведенные в IEC 61340-2-3, с требуемыми корректировками, где это необходимо, для измерения поверхностного и объемного сопротивления перчаток и напальчников, и методы, описанные далее для измерения сопротивления заземления. Однако следует проявлять осторожность при измерении сопротивления для проверки заряда изделия, потому что достоверной зависимости может не быть, т. е. низкое сопротивление — не всегда значит низкий заряд изделия. Прямое измерение генерируемого заряда при использовании изделия более точный метод для определения заряда изделия.

Способность перчаток и напальчников рассеивать заряд проводника в руках испытывается с помощью измерения сопротивления или с помощью определения времени стекания заряда как это описано в [10].

Для сопротивления, времени стекания заряда и метода заряженного устройства, пользователь должен руководствоваться принятыми критериями, пока не будут установлены согласованные на производстве пределы.

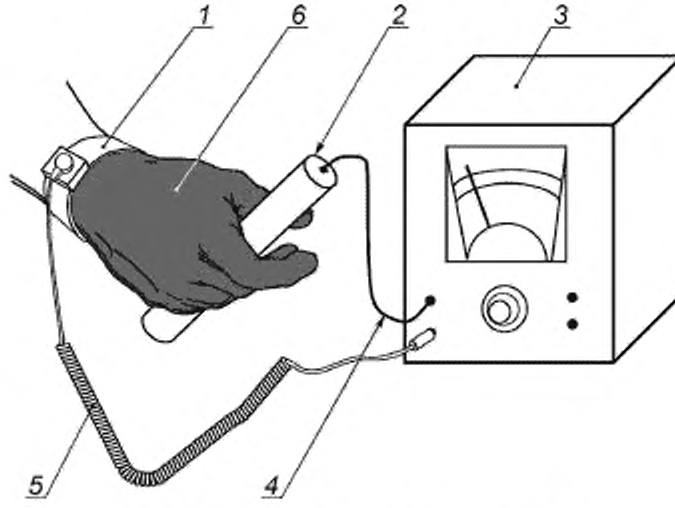
7.3.2 Измерение сопротивления

В серии стандартов IEC 61340 (все части), не существует методов для измерения сопротивления перчаток или напальчников. Однако метод испытаний, описанный в [12], может быть адаптирован для проведения измерений поверхностного и объемного сопротивления перчаток и напальчников. Сопротивление между внешней поверхностью перчаток и напальчников и телом носителя может быть измерено, как эффект сопротивления заземления. Пример тестирования сопротивления заземления, когда используются перчатки или напальчник представлен на рисунке 13 (в соответствии с ANSI/ESD SP15.1 «Защита чувствительных компонентов от электростатических разрядов. Измерение сопротивления перчаток и напальчников при использовании»). В этом примере простое приспособление используется для создания определенных давлений между контактным электродом и пальцем. Другой пример, как измерить сопротивление может основываться на проверке проводимости антистатической браслетной системы, установленной в [17], как показано на рисунке 14.



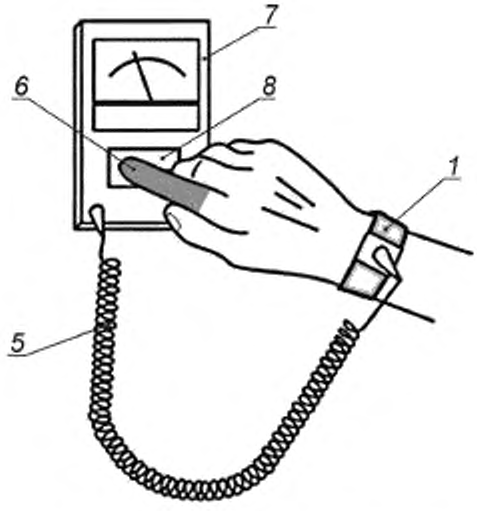
1 — омметр; *2* контактный электрод *3* провод омметра *4* манжета; *5* шнур заземления; *6* - груз (используется для контроля прикладываемого давления); *7* изолятор; *8* испытываемая перчатка (или напальчник)

Рисунок 13 — Измерение сопротивления перчатки или напальчника (во время использования)



а) Использование омметра для испытаний

При использовании данного метода для тестирования напальчников следует убедиться, что электрод из нержавеющей стали не касается других частей руки, не покрытых испытуемым напальчником.



b) Испытания с использованием специального устройства контроля

1 – манжета, *2* — ручной стальной цилиндр; *3* — омметр, *4* – разъем омметра; *5* – провод заземления; *6* — испытываемый напальчник, *7* – специализированное устройство контроля, *8* — контактная площадка

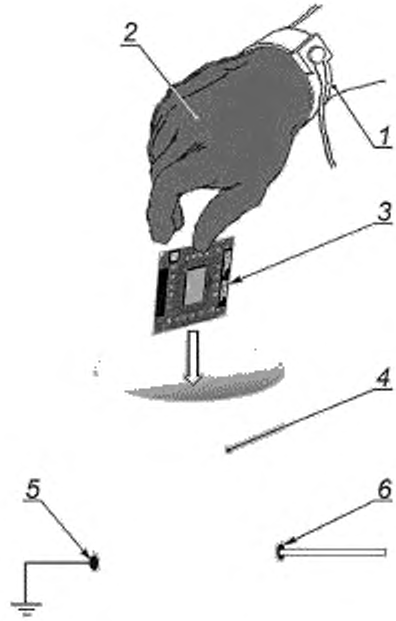
Рисунок 14 — Испытания перчатки и напальчника способом для антистатической браслетной системы

7.3.3 Измерение времени стекания заряда

[10] определяет метод для измерения времени стекания заряда с изолированной проводящей пластины для перчаток и напальчников. Применяемый метод такой же, как метод измерения времени стекания заряда с ручных инструментов в 8.2.2, но вместо оператора, держащего инструмент, надеты перчатка или напальчник. Его также возможно использовать для проверки всей системы, измеряя время стекания заряда с заряженной пластины к ручному инструменту, перчаткам или напальчнику, человеку или антистатической браслетной системе.

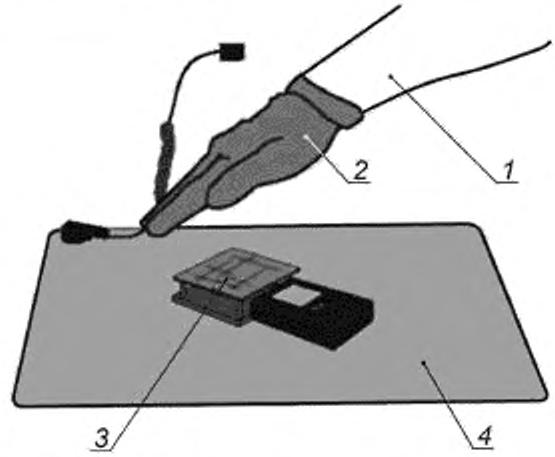
7.3.4 Испытания заряженного изделия

В серии стандартов IEC 61340 (все части), не описаны методы для измерения заряженного устройства, но [11] предоставляет общее руководство по испытаниям способности накопления заряда. Примеры заряженного устройства приведены на рисунке 15. В обоих примерах заземленный оператор в испытуемой перчатке или напальчнике, берет в руки образец изделия и затем помещает его в клетку Фарадея (см. [11]) или на заряженную измерительную пластину. Оператор перемещает руку в направлении «от» (минимум на 1 м) и результат измерений записывают. Обработка результатов измерений зависит от требуемых методов испытаний и используемого оборудования.



a) Испытания заряженного устройства в клетке Фарадея

1 — заземленный оператор. *2* — испытываемая перчатка (или напальчник); *3* — образец изделия; *4* — клетка Фарадея. *5* — разъем заземления, *6* — разъем для внутреннего модуля измерительного прибора



b) Испытания заряженного устройства с использованием заряженной измерительной пластины

1 — заземленный оператор. *2* — испытываемая перчатка; *3* — образец изделия; *4* — заряженная измерительная пластина

Рисунок 15 — Испытания заряженного устройства

8 Ручные антистатические инструменты

8.1 Вводные замечания

Ручные антистатические инструменты — это отдельная область, покрывающая широкий диапазон изделий, таких как отвертки, кусачки, пинцеты, плоскогубцы. В зависимости от конструкции инструмента, он может заряжаться при использовании. Если заряженная часть инструмента, которая контактирует с ЧЭСР-компонентом, является высокопроводящей, может произойти ЭСР между инструментом и ЧЭСР-компонентом.

Инструмент, который контактирует с ЧЭСР-компонентом при использовании, должен быть проверен на его способность к заряжению. Также необходимо определить, может или нет заряд стекать при использовании инструмента с заземленного персонала или на местах с заземленной поверхностью. Это требует наличие процедуры оценки соответствия применяемого инструмента, с помощью измерения сопротивления или измерения времени стекания заряда, используя МЗУ (см. [10]).

8.2 Испытания и подтверждение соответствия

8.2.1 Критерии подтверждения соответствия

Пользователи должны разработать собственные критерии для оценки соответствия ручных инструментов.

8.2.2 Измерение сопротивления

Единственный метод измерения сопротивления, который может успешно применяться для ручных инструментов — это метод измерения сопротивления инструмента от точки, контактирующей с ЧЭСР-компонентами до точки, где инструмент держит пользователь. Если это сопротивление соответствует требованиям пользователя, инструмент допускается использовать при работе с ЧЭСР-компонентами. Пример этого метода испытаний показан на рисунке 16.

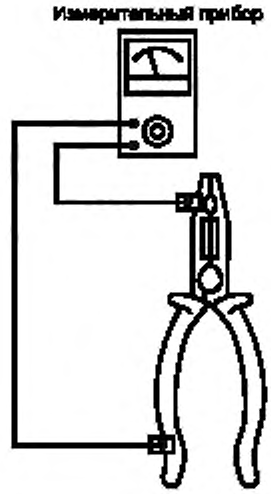
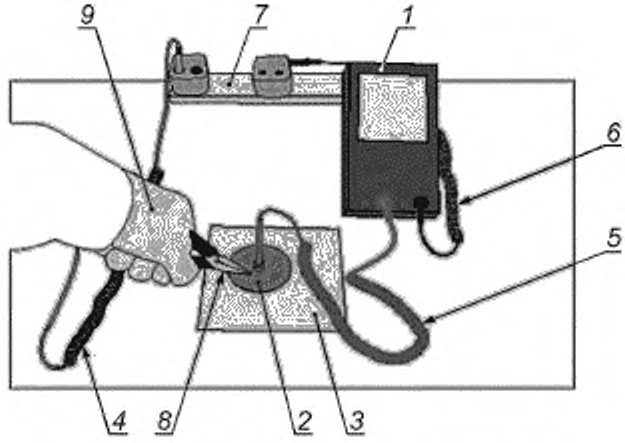


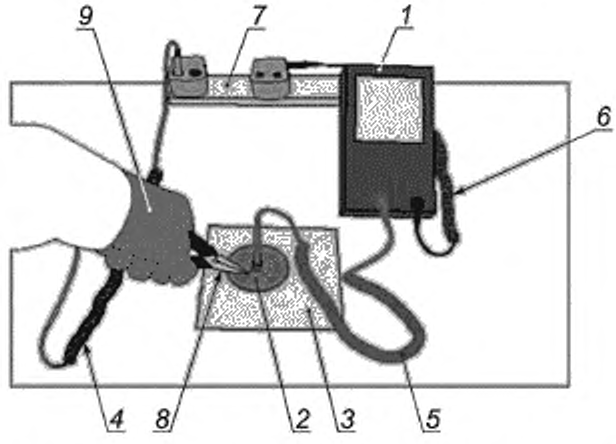
Рисунок 16 — Измерение сопротивления ручного инструмента

Испытание сопротивления системы заземления ручного инструмента удобнее проводить, когда заземленный персонал держит инструмент в руках. Измеритель сопротивления соединяют с заземлением, с помощью второго разъема подключают к контактной пластине. Эта пластина должна быть достаточно удалена от линий заземления. При испытании сопротивления системы заземления ручного инструмента, пользователь держит ручной инструмент и прикасается его частью к контактной пластине, считывает полученное значение сопротивления на измерителе [рисунок 17 a)]. Испытание данной системы может также использоваться, чтобы проверить заземление инструмента в перчатках [рисунок 17 b)].



a) Сопротивление инструмента к системе заземления

1 — измеритель сопротивления; *2* — металлическая пластина, *3* — диэлектрик, *4* — шнур заземления (оператор — земля); *5* — провод измерителя сопротивления: *6* — шнур заземления (земля — измеритель); *7* — точка заземления; *8* — испытываемый инструмент; *9* — оператор



b) Сопротивление инструмента к системе заземления в перчатках

1 — измеритель сопротивления; *2* — металлическая пластина; *3* — диэлектрик, *4* — шнур заземления (оператор — земля); *5* — провод измерителя сопротивления; *6* — шнур заземления (земля — измеритель): *7* — точка заземления: *8* — испытываемый инструмент; *9* - - оператор в перчатках

Рисунок 17 — Сопротивление инструмента относительно системы заземления

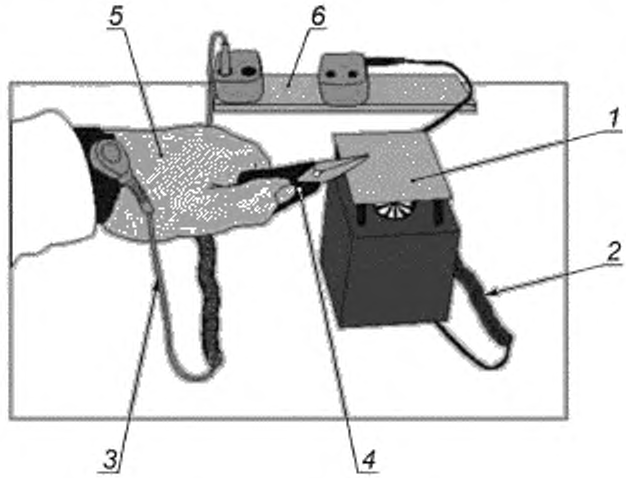
8.2.3 Стекание заряда

Для определения рассеивающих характеристик ручных инструментов допускается использовать контрольное устройство с заряженной пластиной. Это измерение является стандартным испытанием, включенным в [10].

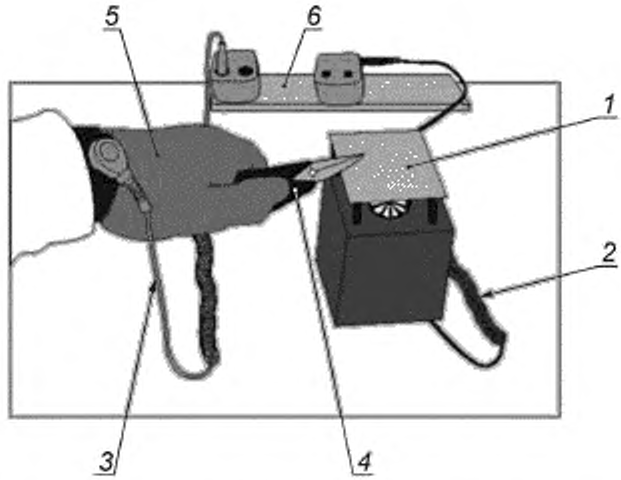
При проведении испытаний ручных инструментов с помощью заряженной пластины следует руководствоваться рисунком 18. Если стекание заряда долгое (более 2 с), инструмент может не подходить для использования в УЗЭ.

Инструмент с высоким сопротивлением или изолированной ручкой иногда может давать явное быстрое стекание заряда до среднего напряжения вначале с последующим долгим временем стекания

до удерживаемого напряжения [рисунки 19 b) и 19 c)]. Предварительное стекание в данном случае происходит из-за разряда от измерительной пластины на емкость между инструментом и рукой, а не рассеивание на сопротивлении. Если напряжение на измерительной пластине не снижается до нуля в установленное время инструмент не подходит для использования в УЗЭ [рисунок 19 c)].



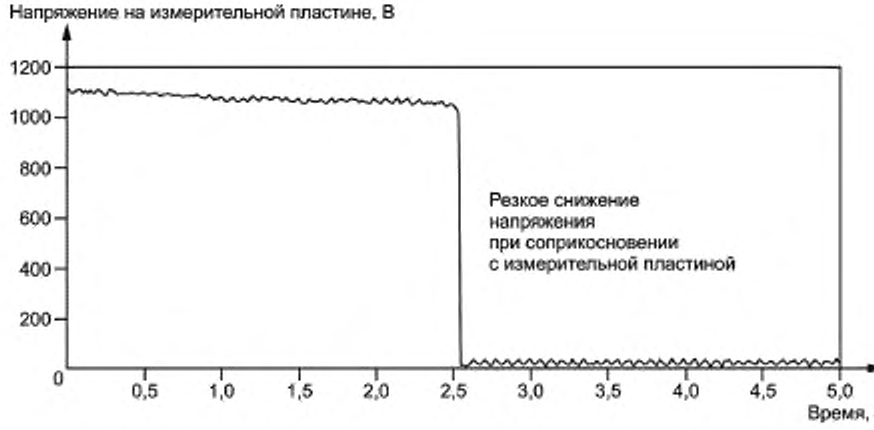
a) Измерение стекания заряда с инструмента



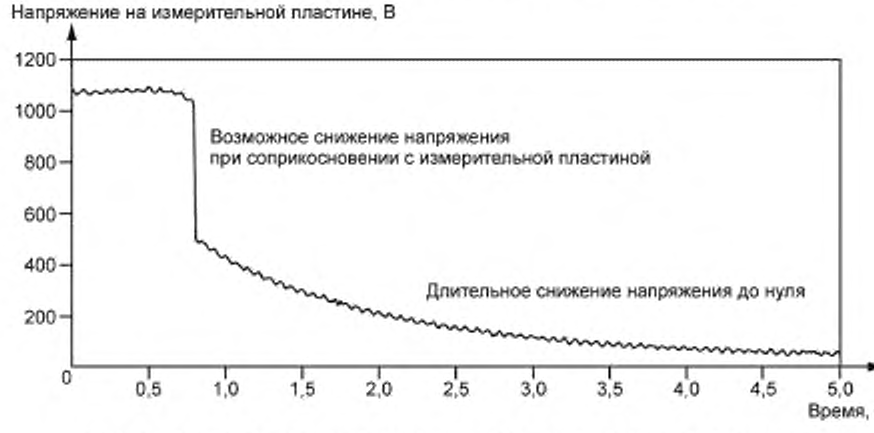
b) Измерение стекания заряда с инструмента, при использовании перчаток

1 — измерительная пластина, *2* — шнур заземления (земля — измеритель), *3* — шнур заземления (оператор — земля), *4* — испытываемый инструмент; *5* — оператор в перчатках; *6* — точка заземления

Рисунок 18 — Испытание на стекание заряда



a) Форма сигнала на пластине. Подходящий для использования инструмент



b) Форма сигнала на пластине. Подходящий для использования инструмент



c) Форма сигнала на пластине. Неподходящий для использования инструмент

Рисунок 19 — Форма сигнала на пластине

Приложение А
(справочное)

Пример плана выполнения программы ЭСР-управления, в соответствии с IEC 61340-5-1

А.1 Введение (не является частью примера)

Данный пример плана выполнения программы ЭСР-управления приведен для демонстрации построения и требуемых разделов плана программы ЭСР-управления в соответствии с IEC 61340-5-1. Основой программы является стандартная программа контроля. В большинстве случаев в программе ЭСР-управления используется больше элементов ЭСР-управления, чем в приведенном примере. Персонал должен заземляться посредством антистатических браслетов. Ручные операции проводятся на заземленных рабочих поверхностях и ЧЭСР-компоненты между операциями перемещаются в металлизированных экранирующих пакетах. Вымышленное наименование организации для целей данного примера — ACME Electronics Factory Ltd. Пример плана выполнения программы ЭСР-управления начинается с подпункта А.2.

А.2 Цель

Цель плана — документировать ключевые административные и технические требования программы ЭСР-управления, применяемой в ACME Electronics Factory Ltd. Этот план был разработан в соответствии с требованиями к программе ЭСР-управления, указанными в IEC 61340-5-1.

А.3 Применение

Область применения относится ко всем производственным помещениям и производственным процессам, где проводят работы с ЧЭСР-компонентами.

А.4 Ответственность

Компания ACME Electronics Factory Ltd назначила ЭСР-координатора, который владеет данным документом и несет ответственность за соответствие процессов и оборудования требованиям данного плана.

А.5 Нормативные ссылки

IEC 61340-5-1.
IEC 61340-2-3 [12].
IEC 61340-4-6 [17].
IEC 61340-4-7.

А.6 Определения

Участок, защищенный от электростатического электричества (УЗЭ) — участок, в котором могут обрабатываться ЧЭСР-устройства с учетом риска повреждений в результате ЭСР или поля.

А.7 План выполнения программы ЭСР-управления

План выполнения программы соответствует требованиям IEC 61340-5-1. Приведенные в документе элементы контроля должны гарантировать, что ЧЭСР-устройства, подвергающиеся воздействию разрядов 100 В или выше в соответствии с МЧТ и 200 В, в соответствии с МЗУ, не будут повреждены. Для целей данной программы ЭСР-управления, предполагается, что ЧЭСР-устройства имеют чувствительность, равную разряду модели человеческого тела 100 В или выше и чувствительность, равную разряду модели заряженного устройства 200 В и выше. Более чувствительные устройства требуют дополнительных мер контроля.

В основе программы ЭСР-управления лежат следующие принципы:

- Все полупроводниковые электронные компоненты считаются чувствительными к электростатическому разряду.
- Любой сотрудник, обрабатывающий незащищенные ЧЭСР-компоненты, должен пройти обучение и проходить повторные освидетельствования каждые 24 мес.
- ЧЭСР-компоненты необходимо перемещать с одного рабочего места на другое в металлизированных экранирующих пакетах. Только заземленный персонал на защищенных рабочих столах имеет право обрабатывать компоненты.
- Все элементы ЭСР-управления должны периодически проверяться в соответствии с планом проведения проверок.
- Не представляющие важности диэлектрики необходимо удалять из защищенного от электростатического разряда участка (УЗЭ).

- Абсолютное значение напряжения на всех обособленных проводниках, которые вероятно будут контактировать с ЧЭСР-компонентами необходимо контролировать, и оно должно быть менее 35 В. Это должно быть обеспечено при создании новой производственной зоны. См. А.16.3.

А.8 План обучения

А.8.1 Начальный курс обучения

Все сотрудники компании ACME Electronics Factory Ltd., должны пройти начальное обучение, прежде чем приступать к работе с ЧЭСР-изделиями.

Отдел подготовки кадров ACME Electronics Factory Ltd. проводит начальный курс обучения. Программа включает теоретические основы статического электричества, а также описание элементов ЭСР-управления, применяемых в ACME Electronics Factory Ltd. По окончании курса каждый сотрудник пишет тест, который проверяется сотрудниками отдела подготовки кадров. Тест считается пройденным, если сотрудник верно ответил на 80 % вопросов.

Если тест пройден, запись о том, что сотрудник прошел обучение, вносится в базу данных, которую ведет отдел подготовки кадров. Если сотрудник не прошел тест, то есть ответил верно менее чем на 80 % вопросов, он проходит дополнительное обучение. Чтобы получить сертификат, сотрудник должен написать тест повторно и ответить на 80 % вопросов. Если сотрудник успешно проходит тест, в базу данных вносится соответствующая запись. Если сотрудник и во второй раз не отвечает верно на 80 % вопросов, начальник отдела кадров принимает решение, может ли сотрудник продолжать работу в ACME.

А.8.2 Переподготовка

Все сотрудники компании ACME Electronics Factory Ltd., которые работают с ЧЭСР-изделиями, должны проходить переподготовку каждые 24 мес. Ежемесячно отдел подготовки кадров составляет список сотрудников, которые должны пройти переподготовку в течение 2 мес. Сотрудники, занесенные в этот список, и их начальство должны быть уведомлены о необходимости переподготовки и приглашены на соответствующие занятия, проводимые отделом подготовки кадров. По окончании переподготовки сотрудник должен написать тест и ответить верно не менее чем на 80 % вопросов. Соответствующие записи вносятся отделом подготовки кадров. Если сотрудник не ответил на 80 % вопросов, он должен пройти повторное обучение, как и при начальном обучении.

Если сотрудник не привлекался к переподготовке в течение 24 мес, он не должен допускаться к работе до тех пор, пока успешно не пройдет переподготовку.

А.9 Подтверждение соответствия

Используемые элементы ЭСР-управления должны пройти подтверждение соответствия перед использованием. Чтобы определить, что элемент ЭСР-управления соответствует требуемым нормам и применяемые методы испытаний соответствуют IEC 61340-5-1 используют спецификацию производителя.

А.10 План проверки соответствия

План проверки соответствия элементов ЭСР-управления, учрежденный ACME Electronics Factory Ltd. приведен в таблице А.1.

ЭСР-координатор обязан определить элементы ЭСР-управления, требующие периодической проверки. ЭСР-координатор несет ответственность за установку методов проверки соответствия и за обучение сотрудников, выполняющих проверку соответствия.

ЭСР-координатор должен убедиться, что все обнаруженные несоответствия были устранены до отправки ежеквартального отчета руководству.

Примечание — Методы проверочных испытаний приведены в А.16.

Таблица А.1 — Требования к проверкам соответствия программы ЭСР-управления

Элемент технического контроля	Пределы	Методика испытания	Частота испытания	Ответственное лицо
Антистатические браслеты (системное испытание)	$R < 3{,}5 \cdot 10^7$ Ом	IEC 61340-4-6 [17] и А.11.3 данного плана	Ежедневно (перед использованием)	Оператор
Рабочая поверхность	$R_g < 1{,}0 \cdot 10^9$ Ом	IEC 61340-2-3 [12]	Каждые 3 мес	ЭСР-координатор
Соединительная точка антистатического браслета	$R_g < 1$ Ом	Пункт А.16.1 данного плана	Каждые 3 мес	Отдел качества
Статические генераторы	< 5000 В/м	IEC 61340-5-1	Каждые 3 мес	Отдел качества

Окончание таблицы А.1

Элемент технического контроля	Пределы	Методика испытания	Частота испытания	Ответственное лицо
Экранирующие пакеты	Визуальная проверка на предмет повреждений	Выборочный осмотр	Каждые 3 мес	Отдел качества
Ионизация (если требуется)	От +1000 В до +100 В 10 с От –1000 В до –100 В 10 с Смещение ±15 В	IEC 61340-4-7 [18]	Каждые 3 мес	Отдел качества
R_g — сопротивление к защитной земле.				

А.11 Требования к ЭСР-защищенному участку

А.11.1 Основные понятия

В программе ЭСР-управления компании ACME Electronics Factory Ltd. под УЗЭ понимается рабочий стол, оборудованный заземленной розеткой и имеющий заземленную рабочую поверхность. Рабочий стол имеет специальную маркировку, которая означает, что стол защищен от ЭСР. Незащищенные ЧЭСР-изделия следует использовать только на заземленном защищенном столе персоналом, прошедшим ЭСР-обучение и получившим соответствующий сертификат.

Посетители, а также необученные сотрудники должны находиться в производственной зоне только в сопровождении сотрудников, прошедших ЭСР-обучение и получивших соответствующий сертификат.

Посетители или необученные сотрудники не должны прикасаться к незащищенным ЧЭСР-изделиям.

Не представляющие важности диэлектрики (которые не требуются для производственного процесса), включая упаковку, не должны находиться на защищенном рабочем столе. Присутствие диэлектриков во время производственного процесса допускается только в случае, если измеренное электростатическое поле не превышает 5000 В/м (см. А.16.2). В противном случае их необходимо убирать из рабочей зоны, где обрабатываются ЧЭСР- изделия, пока измеренное поле не будет менее 5000 В/м.

А.11.2 План заземления

В качестве эталонного заземления всех элементов ЭСР-управления, применяемых в компании ACME Electronics Factory Ltd., должна быть использована защитная земля. Все точки подключения антистатических браслетов, а также рабочих поверхностей должны подключаться к защитной земле.

Новые точки подключения рабочих поверхностей и браслетов необходимо испытывать на предмет их соединения с защитной землей перед применением.

А.11.3 План заземления персонала

При обработке ЧЭСР-устройств персонал должен быть подключен к защитной земле посредством антистатических браслетов. Антистатические браслеты должны быть надеты так, чтобы обеспечивать 360°-ный контакт с кожей персонала.

Персонал обязан проверять браслеты не реже одного раза в день (перед применением) при помощи тестеров, расположенных у входа в производственную зону. Если тестер показывает, что браслет исправен, сотрудник вносит запись в журнал, находящийся рядом с тестером. Если тестер показывает, что браслет неисправен, сотрудник должен сообщить об этом начальнику или ЭСР-координатору, которые должны помочь выявить причину неисправности и выдать новый браслет. Сотрудник должен проверить новый браслет на предмет исправности.

Сотрудники, работающие посменно, должны испытывать свои браслеты только перед тем, как приступить к работе с ЧЭСР-устройствами. В журнал регистрации должна быть внесена запись об исправности браслета.

А.12 Индивидуальное предписание

Производственный процесс в компании ACME Electronics Factory Ltd. имеет один этап, к которому правила заземления персонала не применяются — ремонт изделий под напряжением. В связи с тем, что существует опасность воздействия высоких напряжений на персонал, руководство постановило, что ни один сотрудник, выполняющий эту операцию, не должен использовать антистатические браслеты. Следует держать готовое изделие за края и избегать контакта с ЧЭСР-устройствами. В качестве дополнительной меры защиты для снижения уровня заряда рекомендуется установить ионизатор воздуха. Над рабочим местом необходимо поместить следующий знак, изображенный на рисунке А.1.



Рисунок А.1 — Знак, указывающий на специальные условия работы

А.13 Рабочие поверхности

Все рабочие поверхности внутри УЗЭ должны быть заземлены согласно таблице А.1. Незаземленные поверхности должны иметь маркировку, указывающую на то, что такие поверхности не подходят для размещения незащищенных ЧЭСР-устройств.

А.14 Упаковка

Для перемещения ЧЭСР-изделий между рабочими столами необходимо использовать только новые одобренные металлизированные экранирующие пакеты. Необходимо поместить изделия в такой экранирующий пакет. ЧЭСР-изделия следует вынимать из упаковки только на защищенной от ЭСР поверхности заземленным персоналом.

Как только ЧЭСР-изделие прошло испытание, его помещают в экранирующий пакет, запечатывают и кладут в защитный контейнер для транспортирования к заказчику.

Иногда в договоре или заказе на покупку указывается защитная упаковка, которая должна быть использована.

А.15 Маркировка

Компания ACME Electronics Factory Ltd. не получила никаких требований к маркировке от заказчика. На отправляемых заказчику изделиях приведенная ниже маркировка будет нанесена на металлизированный пакет, чтобы заказчик знал, что изделия являются чувствительными к ЭСР.



Рисунок А.2 — Маркировка, указывающая на то, что изделие является чувствительным к ЭСР

А.16 Методы проверки соответствия

А.16.1 Испытание точки подключения антистатического браслета

Оборудование: Мультиметр

- Подсоединяют один провод мультиметра к защитной земле.
- Подсоединяют второй провод к точке подключения антистатического браслета.
- Включают мультиметр и снимают показания.
- Если сопротивление менее 1 Ом, результат в норме.
- Если сопротивление более 1 Ом, проверяют соединение проводов и, при необходимости, закрепляют их.

А.16.2 Проверка на предмет формирования электростатического поля

Оборудование: Прибор для измерения электростатического поля

- Включают прибор и устанавливают на ноль.

- Измеряют прибором рабочую зону (где размещаются ЧЭСР-устройства). Если показания превышают 5000 В/м:

- необходимо убрать из рабочей зоны лишние устройства до тех пор, пока измеренное электростатическое поле не станет менее 5000 В/м; или

- перемещают полностью всю рабочую зону.

- Если измеренное значение менее 5000 В/м, никаких дальнейших действий не требуется.

А.16.3 Проверка обособленных проводников

Оборудование: Электростатический бесконтактный вольтметр или высокоомный контактный вольтметр

- Определяют, имеются ли обособленные проводники, которые могут контактировать с ЧЭСР-компонентами.

- Если их нет, дальнейшие действия не требуются.

- Для обособленных проводников, которые были обнаружены, измеряют напряжение на обособленном проводнике непосредственно перед контактом с ЧЭСР-компонентом.

- Если измеренное значение не превышает ±35 В, дальнейшие действия не требуются.

- Если измеренные значения выходят за пределы ±35 В, тогда необходимо обеспечить снижение заряда. Этого можно достигнуть, если обеспечить соединение с землей или с помощью ионизации.

Приложение В
(справочное)

Анализ элементов ЭСР-управления

В.1 Введение

В основе приведенного в стандарте плана выполнения программы ЭСР-управления лежит простая программа, цель которой продемонстрировать, как должна быть написана программа, чтобы она удовлетворяла требованиям IEC 61340-5-1. Однако существует множество других элементов ЭСР-управления, используемых на производствах электроники. В настоящем приложении приведены примеры использования дополнительных элементов ЭСР-управления.

Описанная в данном примере базовая программа ЭСР-управления включает заземление персонала посредством антистатических браслетов, заземление рабочих поверхностей, металлизированные экранирующие пакеты и план использования необходимых в производственном процессе диэлектриков с указанием расстояния (между чувствительным изделием и диалектриком), если измеренные значения напряжения электростатического поля превышают 5000 В/м в месте применения ЧЭСР-устройства. Согласно А.7 программа подходит для производств, где осуществляется обработка ЧЭСР-устройств на уровне 100 В или выше по МЧТ.

Один из наиболее трудных вопросов: «Когда возникает необходимость использования дополнительных элементов ЭСР-управления, например, рабочих халатов, ионизаторов, индикаторов непрерывного контроля ЭСР, антистатической обуви, антистатических напольных покрытий или напольных матов, антистатических стульев и тележек?».

Внедрение дополнительных мер ЭСР-управления, позволяющих повысить эффективность программы контроля, обуславливается решением компании или требованиями заказчика.

В следующем разделе описываются наиболее распространенные дополнительные меры ЭСР-управления, широко используемые в электронной промышленности, а также рекомендации по их применению.

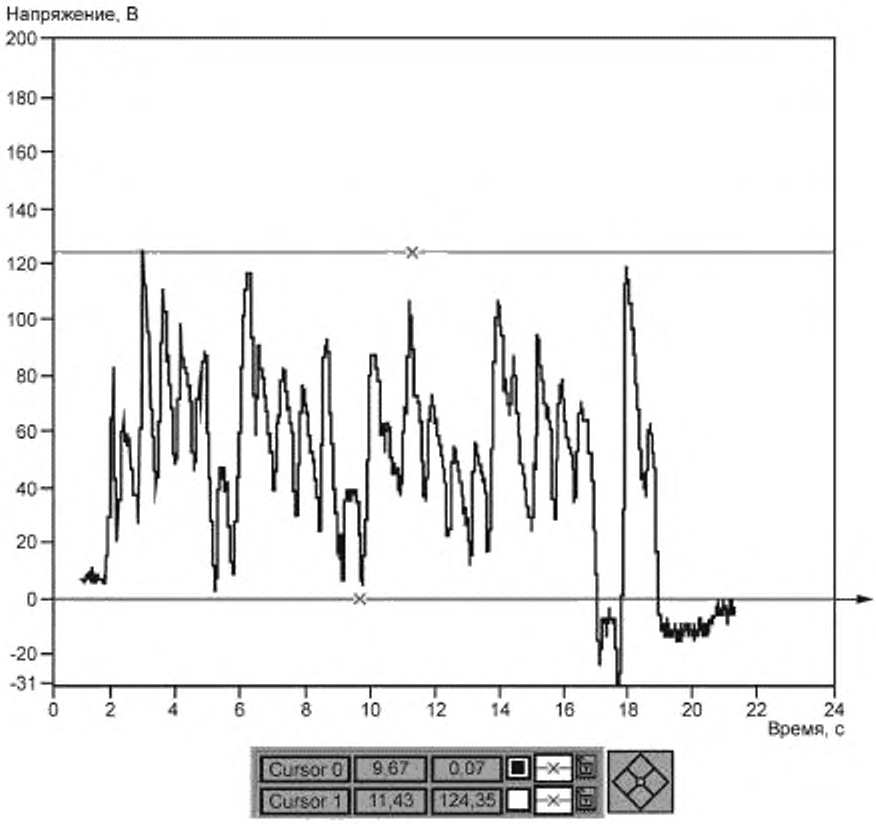
В.2 Антистатическая обувь и напольные покрытия

В.2.1 Основные положения

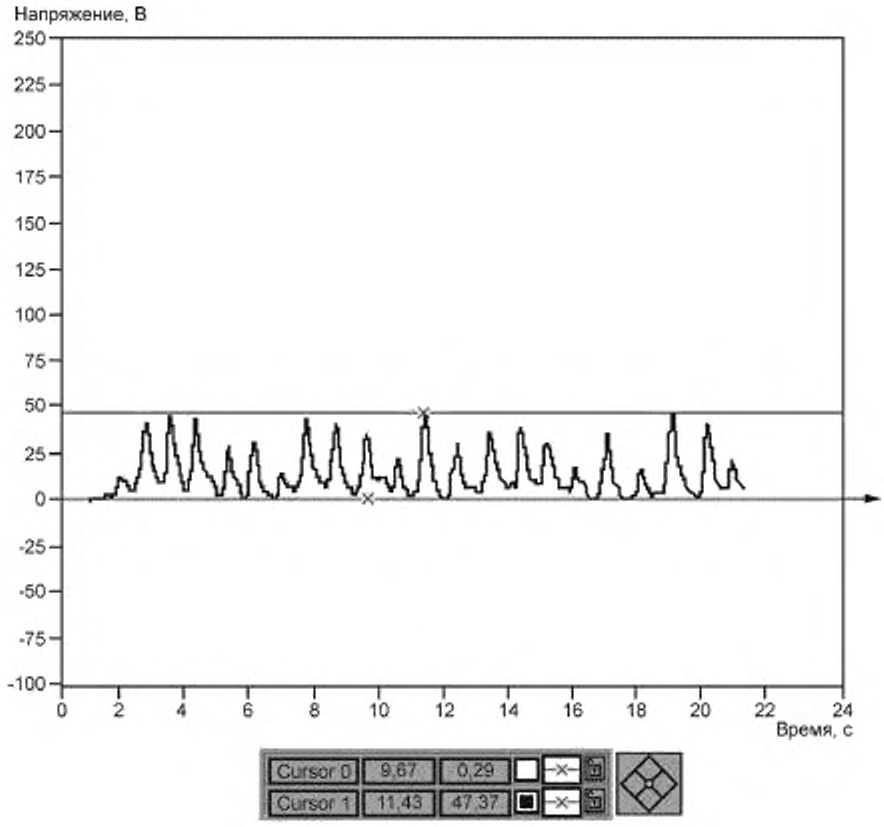
Если на производстве проводятся операции, где важна мобильность персонала, может быть выгодна установка антистатических напольных покрытий (или матов) вместе с использованием антистатической обуви. Антистатические полы и обувь позволяют работникам свободно передвигаться во время работы без ущерба для ЧЭСР-компонентов.

Чтобы удостовериться, что комбинация напольного покрытия и обуви сохраняет напряжение на теле человека менее чем 100 В, требуемый предел в соответствии с IEC 61340-5-1, следует проводить специальную обработку. График на рисунке В.1 показывает, что даже с надлежащим напольным покрытием, требуемый уровень напряжения человеческого тела достигается только с помощью выбора надлежащей обуви.

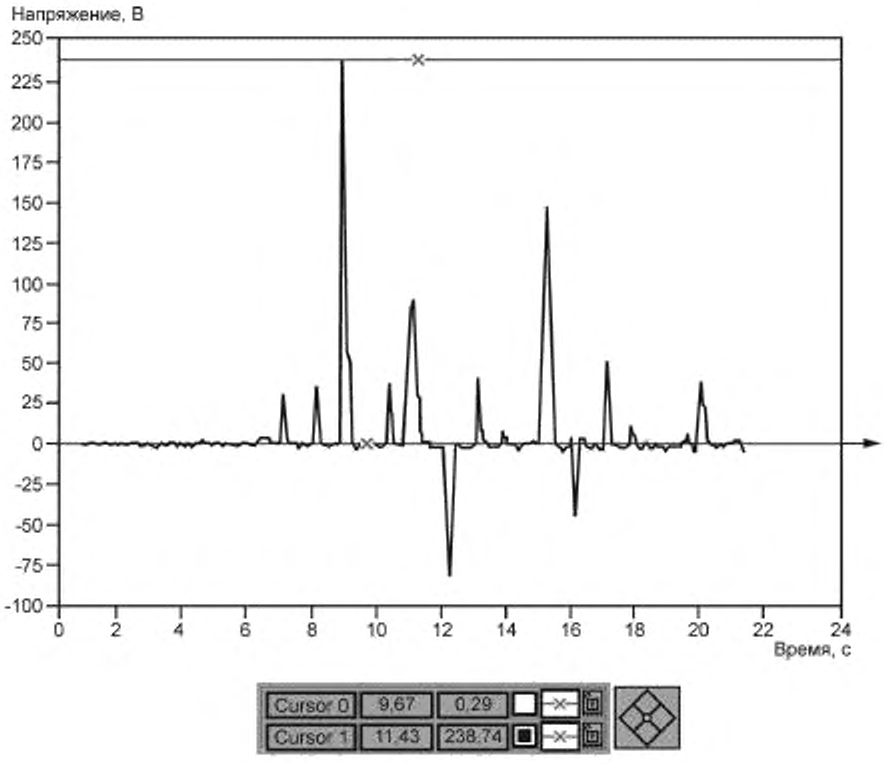
Следующие графики показывают напряжение, формируемое тремя типами обуви, использующимися на одном и том же напольном покрытии. Примеры 1 и 3 [рисунки В.1 a) и В.1 c)] не соответствуют требованиям IEC 61340-5-1 согласно программе, т. к. среднее значение пяти наивысших пиков напряжения превышают предел в 100 В. Пример 2 [рисунок В.1 b)] показывает комбинацию напольного покрытия и обуви, которая могла бы быть подходящей.


Напряжение, В
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
-20
-31
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24
Время, с
Cursor 0
9,67
0,07
Cursor 1
11,43
124,35

а) Пример 1


Напряжение, В
250
225
200
175
150
125
100
75
50
25
0
-25
-50
-75
-100
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24
Время, с
Cursor 0
9,67
0,29
Cursor 1
11,43
47,37

b) Пример 2



c) Пример 3

Рисунок В.1 — Напряжение, формируемое при использовании трех типов обуви на одном и том же напольном покрытии

В.2.2 Ионизаторы

В приведенном примере программы ЭСР-управления диэлектрики, необходимые для технологического процесса, и вызывающие электростатическое поле более 5000 В/м вблизи ЧЭСР-устройств, должны быть от них удалены. Что делать, если диэлектрики должны находиться вблизи ЧЭСР-устройств? Использование ионизаторов позволяет снижать заряд на диэлектриках, таким образом они могут находиться в непосредственной близости от ЧЭСР-устройств. Использование ионизаторов воздуха во многом зависит от требований производственного процесса.

В.2.3 Индикаторы непрерывного контроля электростатического разряда

Многие считают, что при работе со сверхчувствительными устройствами требуются индикаторы для непрерывного контроля ЭСР. В чем различие между индикаторами и антистатическими браслетами? ЭСР-характеристики двух систем абсолютно одинаковы. Преимущество использования индикаторов состоит в том, что они не зависят от чувствительности обрабатываемых устройств.

Правильно заземленный браслет обеспечивает напряжение тела сотрудника на уровне порядка ±10 В. Преимущество индикаторов непрерывного контроля состоит в том, что он сразу регистрирует то напряжение, которое возникает на теле сотрудника, если браслет расстегивается. Если не осуществляется мониторинг, сотрудник не узнает об обрыве браслета до начала следующей смены. Индикатор делает программу ЭСР-управления более надежной, т. к. помогает снижать или устранять возможные повреждения.

Другие преимущества использования индикаторов непрерывного контроля: отсутствие необходимости регистрировать в журнале ежедневного испытания браслетов и экономия времени сотрудников. Относительно приборов, с помощью которых контролируют соединение рабочих поверхностей с защитным заземлением: допускается снизить периодичность или отменить проверку рабочих поверхностей, включенных в периодическую проверку технологического процесса.

Индикаторы для непрерывного контроля ЭСР должны быть включены в программу контроля тех организаций, в которых предъявляются высокие требования надежности.

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 61340-5-1:2016	IDT	ГОСТ IEC 61340-5-1—2019 «Электростатика. Защита электронных устройств от электростатических явлений. Общие требования»
Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандарта: - IDT — идентичный стандарт.		

Библиография

[1] ANSI/ESDA/JEDEC JS-002-2014, ESDA/JEDEC Joint Standard for Electrostatic Device Sensitivity Testing — Charged Device Model (CDM) — Device Level [Стандарт по электростатике. Методы моделирования электростатических явлений. Электрический разряд. Модель заряженного устройства (МЗУ)]

[2] IEC 60479-26, Semiconductor devices — Mechanical and climatic test methods — Part 26: Electrostatic discharge (ESD) sensitivity testing — Human body model (HBM) (Приборы полупроводниковые. Методы механических и климатических испытаний. Часть 26. Испытание чувствительности к электростатическому разряду. Модель человеческого тела)

[3] IEC 60479-27, Semiconductor devices — Mechanical and climatic test methods — Part 27: Electrostatic discharge (ESD) sensitivity testing — Machine model (MM) (Приборы полупроводниковые. Методы механических и климатических испытаний. Часть 27. Испытание на чувствительность к электростатическому разряду. Механическая модель)

[4] IEC 60364 (все части), Electrical installations of buildings (Электрические установки зданий)

[5] IEC/TS 60479-1, Effects of current on human beings and livestock — Part 1: General aspects (Воздействие тока на людей и сельскохозяйственных животных. Часть 1. Общие аспекты)

[6] IEC/TS 60479-2, Effects of current on human beings and livestock — Part 2: Special aspects (Воздействие тока на людей. Часть 2. Специальные аспекты)

[7] IEC 61010-1, Safety requirements for electrical equipment for measurement, control and laboratory use — Part 1: General requirements (Безопасность электрических контрольно-измерительных приборов и лабораторного оборудования. Часть 1. Общие требования)

[8] IEC 61140, Protection against electric shock — Common aspects for installation and equipment (Защита от поражения электрическим током. Общие положения безопасности установок и оборудования)

[9] IEC TR 61340-1, Electrostatics — Part 1: Electrostatic phenomena — Principles and measurements (Электростатика. Часть 1. Электростатические явления. Принципы и измерения)

[10] IEC 61340-2-1, Electrostatics — Part 2-1: Measurement methods — Ability of materials and products to dissipate static electric charge (Электростатика. Часть 2-1. Методы измерения. Способность материалов и изделий рассеивать электростатические разряды)

[11] IEC TR 61340-2-2, Electrostatics — Part 2-2: Measurement methods — Measurement of chargeability (Электростатика. Часть 2-2. Методы измерения. Измерение способности подзаряжаться)

[12] IEC 61340-2-3, Electrostatics — Part 2-3: Methods of test for determining the resistance and resistivity of solid planar materials used to avoid electrostatic charge accumulation (Электростатика. Часть 2-3. Методы испытания для определения активного сопротивления, электрического удельного сопротивления и электрического удельного сопротивления плоских твердых материалов, используемых для избежания накопления электростатических зарядов)

[13] IEC 61340-4-1, Electrostatics — Part 4-1: Standard test methods for specific applications — Electrical resistance of floor coverings and installed floors (Электростатика. Часть 4-1. Стандартные методы испытаний для специальных случаев применения. Электрическое сопротивление напольных покрытий и установленных полов)

[14] IEC TS 61340-4-2, Electrostatics — Part 4-2: Standard test methods for specific applications — Electrostatic properties of garments (Электростатика. Часть 4-2. Стандартный метод испытаний для специфических применений. Электростатические свойства одежды)

[15] IEC 61340-4-3, Electrostatics — Part 4-3: Standard test methods for specific applications — Footwear (Электростатика. Часть 4-3. Стандартные методы испытаний для специальных случаев применения. Обувь)

[16] IEC 61340-4-5, Electrostatics — Part 4-5: Standard test methods for specific applications — Methods for characterizing the electrostatic protection of footwear and flooring in combination with a person (Электростатика. Часть 4-5. Методы испытаний для прикладных задач. Методы оценки электростатических свойств обуви и напольного покрытия в комбинации с человеком)

[17] IEC 61340-4-6, Electrostatics — Part 4-6: Standard test methods for specific applications — Wrist straps (Электростатика. Часть 4-6. Стандартные методы испытаний для специальных случаев применения. Антистатические браслеты)

[18] IEC 61340-4-7, Electrostatics — Part 4-7: Standard test methods for specific applications — Ionization (Электростатика. Часть 4-7. Методы испытаний для прикладных задач. Ионизация)

[19] IEC 61340-4-9, Electrostatics — Part 4-9: Standard test methods for specific applications — Garments (Электростатика. Часть 4-9. Методы испытаний для прикладных задач. Одежда)

[20] IEC 61340-5-3, Electrostatics — Part 5-3: Protection of electronic devices from electrostatic phenomena — Properties and requirements classification for packaging intended for electrostatic discharge sensitive devices (Электростатика. Часть 5-3. Защита электронных устройств от электростатических явлений. Классификация свойств и требований для упаковки, предназначенной для устройств, чувствительных к электростатическому разряду)

УДК 621.316.9:006.354 МКС 29.020 IDT

Ключевые слова: электростатический разряд, защита электронных устройств

Редактор *Е.В. Зубарева*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *М.В. Бучная*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 18.02.2021. Подписано в печать 26.02.2021. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 8,84. Уч.-изд. л. 7,95.
Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» 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