ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 53734.5.2— 2009 (МЭК 61340-5-2:2007)

Электростатика

ЗАЩИТА ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ ОТ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ

Руководство по применению

IEC 61340-5-2:2007
Electrostatics — Part 5-2: Protection of electronic devices from electrostatics phenomena — User guides (MOD)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2011

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации — ГОСТ Р 1.0—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Открытым акционерным обществом «Всероссийский научно-исследовательский институт сертификации» (ОАО «ВНИИС») и Закрытым акционерным обществом «Научно-производственная фирма «Диполь» (ЗАО «Научно-производственная фирма «Диполь»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 072 «Электростатика»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 декабря 2009 г. № 1199-ст

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту МЭК 61340-5-2-2007 «Электростатика. Часть 5-2. Защита электронных устройств от электростатических явлений. Руководство по применению» (IEC 61340-5-2:2007 «Electrostatics — Part 5-2: Protection of electronic devices from electrostatics phenomena — User Guides) путем изменения отдельных фраз (слов, значений показателей, ссылок), которые выделены в тексте курсивом.

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомления и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет

© Стандартинформ, 2011

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 План программы ЭСР-управления 2
4.1 Разработка плана программы ЭСР-управления 2
4.2 Разработка плана обучения 3
4.3 Разработка плана проверки соответствия 4
4.4 Системы заземления/выравнивания потенциала 8
4.5 Заземление персонала 11
4.6 Участок, защищенный от электростатического разряда (УЗЭ) 13
4.7 Элементы ЭСР-управления 14
4.8 Упаковка электронных изделий для транспортировки и хранения 36
4.9 Маркировка 39
Приложение А (обязательное) Пример документа контроля статического электричества в соответствии с ГОСТ Р 53734.5.1—2009 41
Приложение Б (обязательное) Анализ элементов ЭСР-управления 45
Библиография 49

Введение

Настоящей стандарт предназначен для лиц и организаций, которые сталкиваются со статическим электричеством в процессе работы, а также 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) большим или равным 100 В на основании модели человеческого тела (МЧТ). В настоящем стандарте содержатся указания по разработке, выполнению и осуществлению мониторинга программы контроля статического электричества в соответствии с ГОСТ Р 53734.5.1—2009 (МЭК 61340-5-1:2007).

Предел 100 В МЧТ установлен в ГОСТ Р 53734.5.1—2009 (МЭК 61340-5-1:2007) как базовый порог восприимчивости, так как подавляющее большинство изделий на рынке имеют чувствительность выше 100 В.

Пределы, устанавливаемые для каждого из элементов управления электростатическим разрядом (ЭСР-управления), определяются программой ЭСР-управления, разработанной для устройств, выдерживающих 100 В МЧТ. Значение 100 В берется на основании максимальных уровней напряжения, получаемых на отдельном элементе при его заземлении с применением методик, принятых в электронной промышленности и изложенных в ГОСТ Р 53734.5.1—2009 (МЭК 61340-5-1:2007).

Для производств, где возможен риск повреждения заряженных устройств, ГОСТ Р 53734.5.1—2009 (МЭК 61340-5-1:2007) устанавливает требования по использованию диэлектриков на участке, защищенном от электростатического разряда (УЗЭ), основываясь на максимальных пределах значений электростатического поля. Более подробно эта тема обсуждается в 4.6.

Общие принципы, описанные в ГОСТ Р 53734.5.1-2009 (МЭК 61340-5-1:2007), применяются не только для чувствительных к электростатическому разряду компонентов (ЧЭСР-компоненты), выдерживающим 100 В или выше. Для производств, где применяются ЧЭСР-компоненты, выдерживающие менее 100 В (МЧТ), также могут применяться основные принципы ГОСТ Р 53734.5.1–2009 (МЭК 61340-5-1:2007). Пределы, приведенные в таблицах 2—4 указанного стандарта, могут быть изменены. Необходимо указывать в документах, что для ЧЭСР-компонентов, выдерживающих менее 100 В МЧТ, требования ГОСТ Р 53734.5.1-2009 (МЭК 61340-5-1:2007) были изменены.

Фундаментальные принципы ЭСР-управления, формируемые на базе ГОСТ Р 53734.5.1—2009 (МЭК 61340-5-1:2007):

- 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;
- избегать передачи разряда от любых заряженных ЧЭСР-компонентов (передача заряда может произойти в результате прямого контакта/разъединения или при образовании поля): диэлектрики не теряют свой электростатический заряд при контакте с землей. Ионизационные системы обеспечивают нейтрализацию зарядов диэлектриков (материалы схемных плат и упаковки некоторых изделий являются примерами диэлектриков).

Оценка опасности электростатического разряда (ЭСР-опасность), формируемой электростатическими зарядами на необходимых на рабочем месте диэлектриках, должна гарантировать, что предпринимаются меры в соответствии с имеющимся риском;

- использовать защитную упаковку, так как непосредственно за пределами УЗЭ часто невозможно контролировать перечисленные выше явления. Защита от электростатического разряда может достигаться помещением ЧЭСР-компонентов в антистатические материалы, тип которых зависит от ситуации и назначения. Антистатические рассеивающие материалы могут обеспечивать адекватную защиту только внутри УЗЭ.

За пределами УЗЭ рекомендуется использовать экранирующие статические разряды материалы. Несмотря на то, что такие материалы не обсуждаются в данном стандарте, важно понимать различия в их применении.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Электростатика

ЗАЩИТА ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ ОТ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ

Руководство по применению

Electrostatics.
Protection of electronic devices from electrostatics phenomena. User guides

Дата введения — 2010—09—01

1 Область применения

Настоящий стандарт разработан в дополнение к стандарту ГОСТ Р 53734.5.1.

Элементы управления и пределы, указанные в настоящем стандарте, разрабатывались для защиты устройств, выдерживающих 100 В или выше при испытаниях на основе модели человеческого тела. Однако общие принципы справедливы также для устройств, которые выдерживают менее 100 В.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использована ссылка на следующий стандарт:

ГОСТ Р 53734.5.1—2009 (МЭК 61340-5-1:2007) Электростатика. Защита электронных устройств от электростатических явлений. Общие требования (*МЭК 61340-5-1:2007, MOD)*

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодно издаваемому указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения и сокращения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 53734.5.1.

3.2 Сокращения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

- ЭСР-чувствительность — чувствительность компонентов к электростатическому разряду;
- ЭСР-характеристики — характеристики электростатического разряда;
- ЗПМ — заряженный плоский монитор.

Издание официальное

4 План программы ЭСР-управления

4.1 Разработка плана программы ЭСР-управления

4.1.1 Назначение ЭСР-координатора

Для правильного составления и выполнения программы ЭСР-управления должен быть назначен ЭСР-координатор. Координатор отвечает за все аспекты ЭСР-защиты на данном предприятии. Для эффективной работы координатора требуется:

- полная поддержка руководства;
- хорошее понимание явлений электростатики и причин повреждения, ЧЭСР-компонентов. ЭСР-координатор обязан посещать образовательные программы или семинары, посвященные электростатическим явлениям, чтобы расширять свои знания;
- понимание стандарта ГОСТ Р 53734.5.1 и всех организационных процессов, связанных с обращением ЧЭСР-компонентов;
- доступ к измерительному оборудованию в целях выполнения проверок соответствия, а также испытания новых изделий и материалов, используемых в программе ЭСР-управления;
- в зависимости от размеров предприятия координатору могут также потребоваться инспекторы для проведения проверок.

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

4.1.2 Определение степени чувствительности компонентов к ЭСР

Следующий этап в разработке плана программы ЭСР-управления — определение степени чувствительности компонентов к ЭСР, сборок или оборудования, для которых разрабатывается такой план. Хотя требования, описанные в ГОСТ Р 53734.5.1, действительны для компонентов, выдерживающих 100 В МЧТ или выше, организация может выбрать программу ЭСР-управления для компонентов, выдерживающих менее или более 100 В МЧТ. В этом случае организация должна разработать план программы ЭСР-управления, который четко определяет ЭСР-чувствительность, на которой основана данная программа.

Организация может использовать различные методы для определения ЭСР-чувствительности. Некоторые из таких методов включают:

- предположение, что все компоненты имеют чувствительность 100 В МЧТ;
- испытание компонентов на ЭСР-чувствительность для определения порогов ЭСР-чувствительности на основе стандарта МЭК 60749-26 [1];
- поиск данных о ЭСР-чувствительности в опубликованных документах, например, технических условиях (спецификациях) изготовителей.

4.1.3 Оценка технологических и организационных процессов

Прежде чем приступить к разработке плана программы ЭСР-управления, необходимо оценить технологические и организационные процессы, которые могут оказать влияние на программу ЭСР-управления. Например:

- закупки;
- конструирование;
- входной контроль;
- контроль качества;
- производство;
- испытание;
- техническое обслуживание;
- упаковка и транспортировка;
- обслуживание на месте;
- анализ неисправностей;
- ремонтные работы;
- хранение запасных частей;
- транспортировка материалов и перемещение деталей;
- приемка.

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

4.1.4 Документация плана программы ЭСР-управления

После сбора перечисленной выше информации организация начинает создавать план программы. План должен определять область действия программы, включающую задачи, действия и методики, необходимые для защиты ЧЭСР-компонентов, имеющих уровень ЭСР-чувствительности, выбранный для этого плана или выше. Хотя главной задачей такого плана является определение стратегий, отвечающих административным и техническим элементам ГОСТ Р 53734.5.1, может оказаться полезным включение в него и других вопросов.

Дополнительно рассматриваемые в плане вопросы включают:

- организационную ответственность;
- распределение ролей и ответственностей 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;
- список утвержденных изделий и материалов для ЭСР-управления;

Административные и технические элементы настоящего стандарта, которые нужно учитывать при составлении плана (если он не является индивидуальным), включают:

- план обучения;
- план проверок соответствия;
- технические требования;
- системы заземления/выравнивания потенциала;
- заземление персонала;
- защищенные участки;
- упаковка;
- маркировка.

4.1.5 Внесение изменений

Требования стандарта ГОСТ Р 53734.5.1 применимы не для всех участков производства. Допускается исключение из плана одного или нескольких элементов, требуемых ГОСТ Р 53734.5.1, если имеется правомерная, обоснованная и документированная мотивировка такого исключения. Пример допустимого исключения приведен в конце настоящего стандарта (приложение А).

4.2 Разработка плана обучения

4.2.1 Обучение персонала

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

Во-первых, необходимо определить, какие сотрудники должны пройти обучение. Согласно ГОСТ Р 53734.5.1 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. Чтобы соответствовать стандарту ГОСТ Р 53734.5.1, бухгалтерия также должна проходить обучение.

Организация может обеспечить обучение персонала, который не работает с ЧЭСР-компонентами, хотя стандарт ГОСТ Р 53734.5.1 этого не требует. А именно для:

- менеджеров, которые могут нуждаться в понимании необходимости предотвращения ЭСР и 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 может проводиться различными способами (с помощью инструктора, компьютерное обучение и т.п.); предпочтительным способом при начальном обучении является обучение с инструктором. Инструктор должен хорошо знать теорию электростатического разряда и программу ЭСР-управления, действующую в организации, а также описанные в ней процессы, методики и материалы. При обучении нужно принимать во внимание образование, квалификацию и возраст обучаемых. Все обучение должно проводиться в безопасном, удобном помещении.

Вначале выбираются наиболее подходящие методы обучения для данного производства:

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

Программа начального обучения должна включать основы ЭСР, особенности плана 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 электростатический разряд влияет на качество работы изделия.

Рекомендуется включать в программу ЭСР-управления подробное объяснение технологии защиты, как части политики организации. Независимо от того, какой метод обучения выбирается, 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 обучения. Такой тип общения должен сохраниться на рабочем месте и формировать основу для постоянного процесса обучения. Согласно ГОСТ Р 53734.5.1 начальное обучение проводится до того, как персонал начнет работу с ЧЭСР-компонентами.

Поскольку программы ЭСР-управления покрывают большое количество рабочих дисциплин и образовательных уровней, необходимо разработать специальные обучающие модули, охватывающие конкретную прикладную задачу. Усовершенствованные модули должны подчеркивать специфические особенности каждой дисциплины. Курс обучения должен учитывать особые требования к каждой группе. Например, модули, разрабатываемые для руководства, инженеров, технических специалистов, персонала, осуществляющего уборку и «полевое» обслуживание, могут сильно отличаться друг от друга, так как 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 способ обучения и частоту его проведения. Выбранный метод должен обеспечивать осведомленность каждого сотрудника и определять его обязанности, направленные на ЭСР-защиту. 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.

Важно, чтобы в процессе обучения (первоначального или последующего) все обучающиеся поняли и запомнили концепции программы ЭСР-управления. Согласно ГОСТ Р 53734.5.1 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 использованием 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 программы ЭСР-управления по обучению выполняется.

Согласно ГОСТ Р 53734.5.1 повторное обучение должно осуществляться периодически, поэтому необходимо разработать систему, которая позволит определить, когда сотрудники должны проходить повторное испытание 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;
- 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.

4.3 Разработка плана проверки соответствия

4.3.1 Введение

Данный подраздел посвящен правильному составлению плана проверки соответствия и его роли в успешном выполнении программы ЭСР-управления.

Чтобы программа ЭСР-управления была успешной, важно составить план проверки соответствия, в котором должны быть отражены:

- используемые элементы ЭСР-управления;
- частота и тип проверок элемента на соответствие спецификации;
- допустимые пределы для каждого используемого элемента ЭСР-управления;
- методы испытаний, которые должны использоваться аудиторами для проверки того, что каждый элемент ЭСР-управления имеет соответствующие параметры;
- оборудование, которое должно применяться для проверки различных элементов ЭСР-управления;
- фамилия, имя, отчество, должность лица, проводящего контрольные измерения;
- корректирующие мероприятия при выявлении несоответствий.

4.3.2 Элементы ЭСР-управления

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

Базовая программа ЭСР-управления должна включать следующие элементы:

- заземляемые рабочие поверхности;
- заземление персонала с помощью антистатических браслетов;
- защитную упаковку для перемещения ЧЭСР-компонентов от одного процесса к следующему.

Комплексная программа ЭСР-управления должна включать следующие элементы:

- заземляемые рабочие поверхности;
- заземление персонала с помощью антистатических браслетов;
- заземление персонала через антистатическое напольное покрытие, защитную обувь;
- применение персоналом заземленной защитной одежды;
- ионизацию воздуха на каждом рабочем месте.

Решение о том, какую программу контроля использовать, базовую или комплексную, принимается компанией. Вот некоторые из вопросов, которые нужно при этом рассматривать: стоимость изготавливаемых изделий, требования к надежности изделия, предъявляемые заказчиком, и 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 ведомость проверки. Чтобы определить тенденции улучшения или ухудшения при использовании программы ЭСР-управления, необходимо, чтобы аудиторы каждый раз последовательно проверяли каждый участок. Многие организации считают, что правильно составленная ведомость помогает улучшить согласованность проверки.

4.3.3 Частота проверок

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 можно привести часто используемые для заземления персонала антистатические браслеты. Провод браслета в результате ежедневных растягиваний/изгибаний изнашивается, а проводящая жила провода может разорваться. Рекомендуемая частота проверки проводов антистатических браслетов — один раз в смену, так как состояние провода антистатического браслета важно для выполнения программы и обнаружения неисправности.

Некоторые организации желают увеличить интервал между проверками какого-либо элемента ЭСР-управления. Обычно 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 можно увеличить. Затем организация проводит мониторинг нового интервала проверок. Если обнаруживается неприемлемый уровень неисправностей, необходимо вернуться к предыдущему интервалу проверок.

4.3.4 Тип проверок

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

4.3.4.1 Визуальные проверки

Визуальные проверки используются организациями для контроля общего состояния УЗЭ. Они включают контроль за нахождением на месте заземляющих проводов и удалением ненужных источников статического электричества. Визуальные проверки могут использоваться также руководством или инспектирующим персоналом для гарантии выполнения сотрудниками административных указаний относительно правильного ношения защитной обуви и антистатических браслетов, а также ежедневно-

го испытания последних. Визуальная проверка часто является хорошей индикацией выполнения программы ЭСР-управления.

4.3.4.2 Измерения

Большинство организаций осуществляют контроль путем измерений. Проверка осуществляется персоналом, имеющим специальную квалификацию, с применением специального оборудования. Некоторые организации выполняют измерение каждого используемого на производстве элемента контроля, тогда как другие используют выборочное измерение. Тип используемой проверки зависит от того, насколько эта проверка признается организацией эффективной.

4.3.5 Пределы элементов ЭСР-управления

Ранее многие производства были вынуждены разрабатывать свои собственные методики испытания и устанавливать пределы для тестируемых элементов ЭСР-управления. Однако в настоящее время разработаны общие для многих элементов параметры ЭСР-управления. Разработка программы ЭСР-управления с пределами, указанными в ГОС Р 53734.5.1, должна существенно снизить возможность повреждения компонентов с чувствительностью 100 В (МЧТ).

Иногда пределы могут быть изменены в сторону ужесточения, например, при разработке программы для компонентов, выдерживающих менее 100 В.

4.3.6 Методы испытаний

Методы испытаний или стандарты, в соответствии с которыми проводятся испытания, изложены в таблицах 1—4 ГОСТ Р 53734.5.1. Стандарт ГОСТ Р 53734.5.1 допускает разработку собственных методов испытаний или использование других методов для проверки некоторых элементов ЭСР-управления. Если стандарты, указанные в ГОСТ Р 53734.5.1 не используются, необходимо в плане программы ЭСР-управления 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 ГОСТ Р 53734.5.1 может использоваться модифицированный вариант метода испытания.

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

4.3.7 Измерительное оборудование

Очень важно выбрать соответствующее измерительное оборудование. Рекомендуется использовать измерительные приборы, указанные в методах испытаний, перечисленных в таблицах 1—4 ГОСТ Р 53734.5.1. Каждый аудитор должен уметь правильно пользоваться измерительными приборами.

4.3.8 Квалификация аудитора

Важной частью разработки программы ЭСР-управления является правильный выбор лиц, проверяющих программу ЭСР-управления. Ниже изложены некоторые положения, которые нужно учитывать при выборе внутренних аудиторов:

- внутренний аудитор должен быть знаком с ГОСТ Р 53734.5.1, а также с программой ЭСР-управления данной организации;
- внутренний аудитор должен понимать, как программа ЭСР-управления соотносится с системой управления качеством данной организации[1)]. Результат ЭСР-управления — один из примеров. Какие меры организация предпринимает при обнаружении несоответствий? Как документируются результаты ЭСР-управления? Составляются ли отчеты о корректирующих действиях? Проверяет ли аудитор, что выявленные проблемные участки устраняются, прежде чем прекращаются корректировочные действия?
- внутренний аудитор должен пройти обучение перед проведением проверки. Программа обучения аудиторов в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 9001 обеспечивает хороший фундамент для всех аудиторов .
- аудитор должен быть знаком с производственными процессами, которые он будет проверять

4.3.9 Отчет о результатах проверки

Важно информировать руководство о состоянии программы ЭСР-управления, например, путем составления отчетов о выполнении проверок. Координатор должен выявить и проанализировать каж-

---

[1)] ГОСТ Р ИСО 9000 *Система управления качеством — Основы и словарь.*

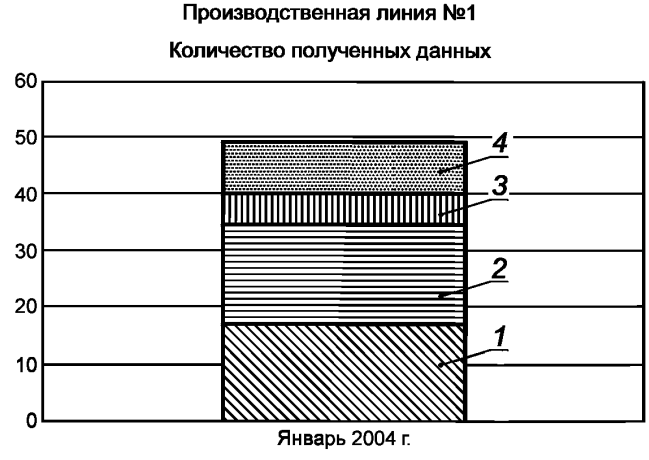
дое несоответствие на предмет важности. О серьезных несоответствиях необходимо немедленно уведомить руководство, чтобы привлечь нужные ресурсы для исправления несоответствия.

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

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

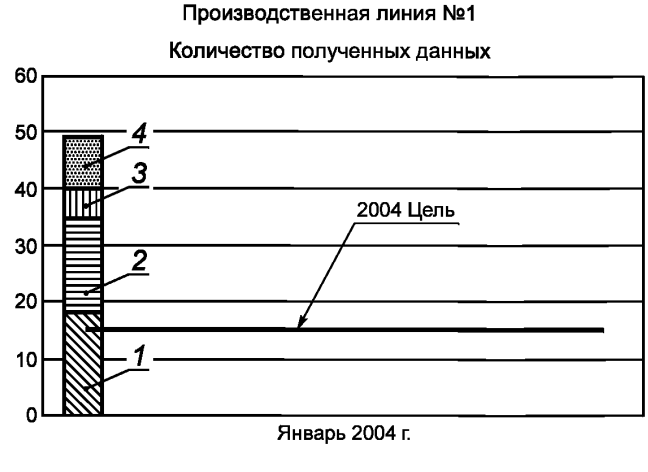
Рисунок 1 отображает статус программы ЭСР-управления и основные источники несоответствия. Однако рисунок 1 не отображает, соблюдается ли программа или нет. В некоторых организациях вводится контрольная цифра допускаемых на данном участке несоответствий. Рисунок 2 отображает контрольные цифры для производственной линии. Как видно из рисунка 2, производственная линия существенно превысила контрольные цифры. Эта информация помогает руководству определить, выполняется программа ЭСР-управления или нет.

Отчет также включает в себя аудиторский отчет, который содержит состояние проверяемых участков с течением времени. Пример такой диаграммы представлен на рисунке 3.



1 — несоответствие сотрудников; *2* — заземление; *3* — работа оборудования; *4* — источники ЭСР

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



1 — несоответствие сотрудников; *2* — заземление; *3* — работа оборудования; *4* — источники ЭСР

Рисунок 2 — Пример отчета о проверке, отображающего контрольную цифру производственной линии



1 — несоответствие сотрудников; *2* — заземление; *3* — работа оборудования; *4* — источники ЭСР

Рисунок 3 — Пример отчета о проверке, отображающего тенденцию проверок

4.4 Системы заземления/выравнивания потенциала

4.4.1 Введение

Защита ЧЭСР-компонентов сопровождается обеспечением заземления для приведения защитных материалов и персонала к одному и тому же электрическому потенциалу. Все проводящие и рассеивающие элементы рабочей зоны, 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.

Примечание — Важно понимать, что диэлектрики не теряют свой электростатический заряд при контакте с землей. В перечислении г) 4.6 приведен принцип работы с диэлектриками. В этом параграфе приведены руководства и методики, необходимые для создания эффективного заземления. Они ограничиваются только заземлением в целях защиты от ЭСР.

4.4.2 Основные требования к заземлению

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.

4.4.2.1 Защитная земля или функциональное заземление

При электрическом эталонном заземлении (защитной земле) для защиты от ЭСР используется проводник заземления, который является частью системы электроснабжения. Использование защитной земли в качестве эталонного заземления для элементов ЭСР-управления гарантирует, что элементы ЭСР-управления и все подключаемое к электросети оборудование находятся под одним и тем же потенциалом. На диаграммах (рисунки 4а, 4б и 4в) приведены проводники заземления оборудования в трех различных системах энергоснабжения. При использовании этого типа эталонного заземления элементы ЭСР-управления, применяемые в организации, соединяются с проводником заземления оборудования.

Если использование проводника 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.

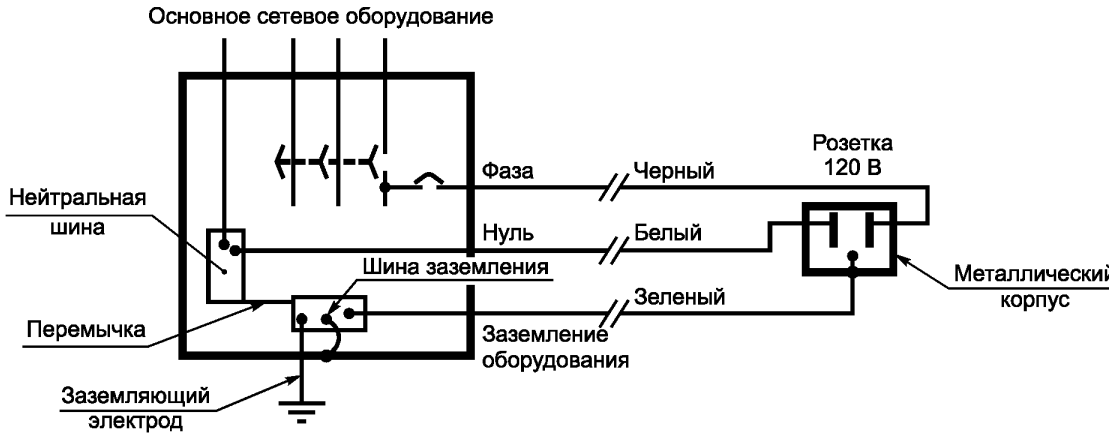


Рисунок 4а — Пример Североамериканской энергосистемы

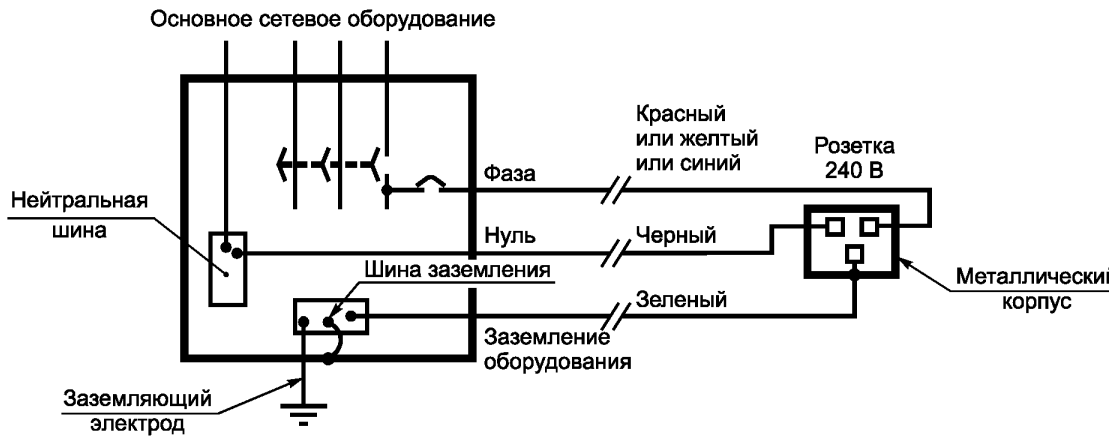


Рисунок 4б — Пример Малазийской энергосистемы

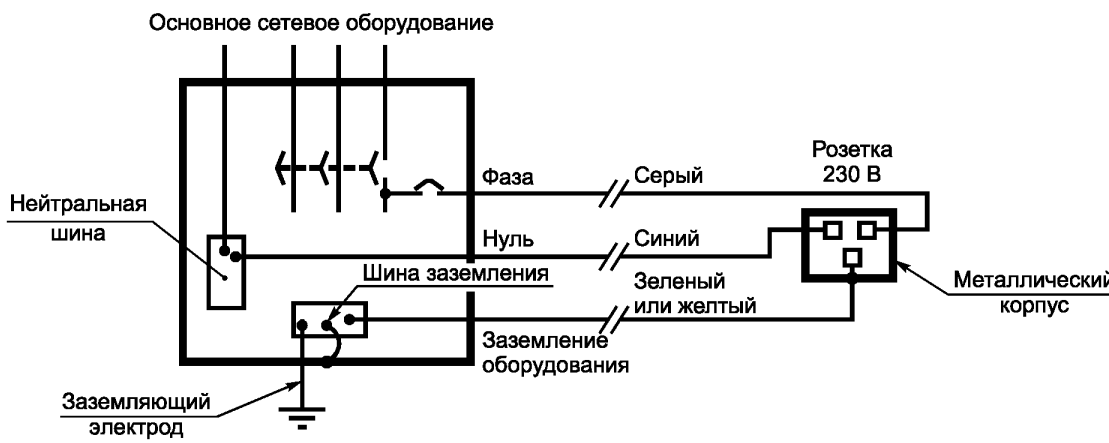


Рисунок 4в — Пример энергосистемы Великобритании — Однофазная система

Рисунок 4 — Энергосистемы некоторых стран

4.4.2.2 Общая соединительная точка (выравнивание потенциалов)

Если заземляющая система отсутствует, программа ЭСР-управления осуществляется подключением всех элементов ЭСР-управления и других больших проводников к общей точке соединения. 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 большим проводящим элементом, таким, как металлический каркас или рабочее место.

Например, в офисах часто используются операции «полевого» обслуживания оборудования (на местах). 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 ЧЭСР-компонент. При таком соединении, когда техник обращается с изделием или устанавливает изделие в офисное оборудование, ЭСР не возникает.

4.4.3 Дополнительные требования к заземлению

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

Необходимо, чтобы каждая заземляемая рабочая поверхность соединялась с землей напрямую. На рисунке 5 показан рекомендуемый способ заземления. Однако во многих компаниях рабочие поверхности соединяются с землей последовательно, как это показано на рисунке 6. 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.

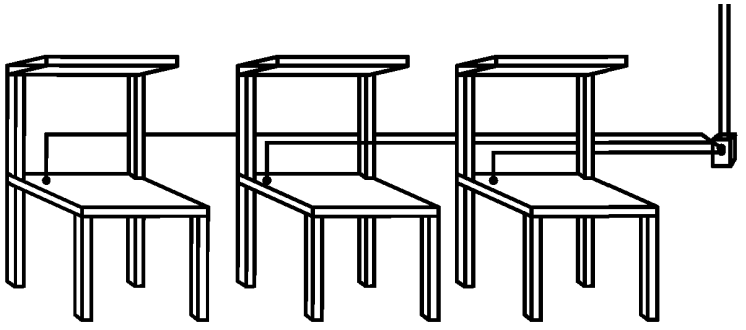


Рисунок 5 — Пример рекомендуемого индивидуального заземления столов

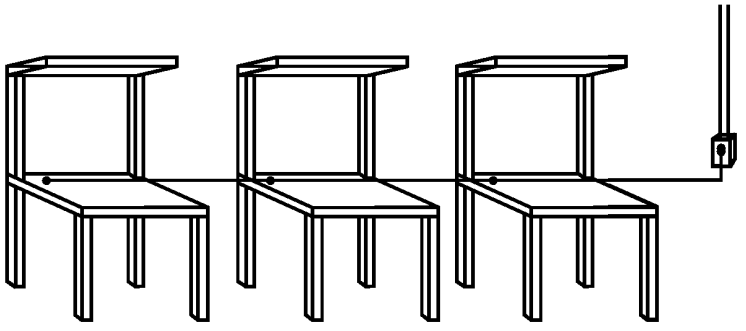


Рисунок 6 — Пример нерекомендуемого заземления последовательно соединенных столов

4.4.4 Проверка системы заземления

4.4.4.1 Защитная земля

Для программ ЭСР-управления, в которых для заземления элементов ЭСР-управления используется заземляющий проводник, необходимо проверять целостность электрической системы. В различ-

ных странах применяются разные контролируемые параметры. Однако существуют элементы, которые должны проверяться в любой программе ЭСР-управления с применением заземляющего проводника:

- сопротивление проводника заземляющего оборудования 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.

4.4.4.2 Функциональная земля

Если используется функциональная земля, нужно убедиться, что система заземляющего проводника отвечает требованиям нормативных документов. Может потребоваться контроль следующих параметров:

- удельное сопротивление почвы;
- сопротивление по отношению к земле;
- сопротивление заземляющего электрода.

4.4.4.3 Выравнивание потенциалов

Если используется система выравнивания потенциалов, необходимо убедиться, что общая соединительная точка имеет достаточную проводимость. Сопротивление общей соединительной точки между любыми двумя соединениями элементов ЭСР-управления должно быть менее 1 Ом при измерении с использованием омметра постоянного тока с измерительным сопротивлением от 0,1 Ом до $1 \cdot 10^6$ Ом с минимальным напряжением открытой цепи 1,5 В.

4.4.5 Проверка правильности установки элементов ЭСР-управления

После проверки эталонного заземления важно убедиться в том, что все элементы ЭСР-управления правильно соединены с эталонным заземлением. Используя соответствующий метод испытания, необходимо проверить, что сопротивление относительно земли (или относительно общей соединительной точки) находится в пределах, указанных в таблицах 2 и 3 ГОСТ Р 53734.5.1.

4.5 Заземление персонала

Требование ГОСТ Р 53734.5.1 о заземлении персонала 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, применения и другая ключевая информация об антистатических браслетах, напольных покрытиях и обуви приведена в 4.5.2 и 4.5.3.

4.5.1 Системные требования

Электростатический заряд накапливается на теле во время движения. Этот заряд формирует электростатический потенциал или напряжение между телом и землей, которое приводит к повреждению чувствительных к ЭСР компонентов. Методика, описанная в ГОСТ Р 53734.5.1, предназначена для защиты устройств, имеющих чувствительность по модели человеческого тела 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 элементами контроля. Сопротивление элементов контроля является ключевым фактором в ограничении напряжения, наблюдаемого на теле. Испытания, проведенные техническим комитетом 101 МЭК, показали, что для снижения напряжения тела до меньшего, чем 100 В значения, требуется сопротивление не более $3{,}5 \cdot 10^7$ Ом. На рисунке 7 показана зависимость между напряжением тела и сопротивлением относительно земли.

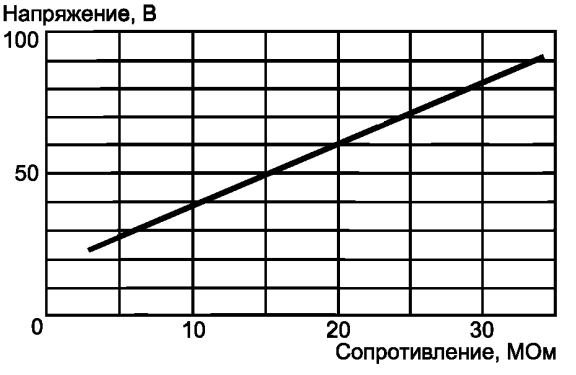


Рисунок 7 — Зависимость между напряжением тела и сопротивлением относительно земли

4.5.2 Система «антистатический браслет — сотрудник»

Система заземления посредством антистатических браслетов 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.

Антистатический браслет чаще всего используется для заземления персонала. Согласно ГОСТ Р 53734.5.1 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, так как ноги сотрудника не всегда находятся в постоянном контакте с полом.

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

4.5.3 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 ЧЭСР-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 таким же, как и для антистатических браслетов (менее 3,5 Ом $\cdot 10^7$ Ом).

При более высоком сопротивлении системы «напольное покрытие — обувь», общее сопротивление относительно земли должно быть менее 1,0 Ом $\cdot 10^9$ Ом, и максимальное напряжение на сотруднике должно быть менее 100 В (среднее от пяти максимумов) при худших условиях.

Некоторые типы защитной обуви включают защитные ботинки с заземляющими полосками на подошве и каблуках и бахилы. Если защитная обувь не полностью покрывает нижнюю часть стопы, при ходьбе может возникнуть заряд. Например, при использовании ремешков заземления. Приведенная ниже диаграмма (рисунок 8) 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.

Ремешки заземления являются эффективным средством защиты сотрудников, которым приходится стоять на рабочем месте, когда вероятность потери заземления невелика. Применение ремешков заземления неэффективно, если ЧЭСР-компоненты перемещаются в пределах УЗЭ вручную.

Согласно стандарту МЭК 61340-4-5 [6] для измерения системы «напольное покрытие — обувь» используются два метода испытания:

а) измерение сопротивления напольных покрытий и сотрудника, носящего защитную обувь. Этот метод используется как для измерения сопротивления установленных, так и устанавливаемых полов, а также для измерения сопротивления любых защитных напольных покрытий, например: плитки, ковров, эпоксидных покрытий, ламината, матов, краски/покрытия или лаков для пола;

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

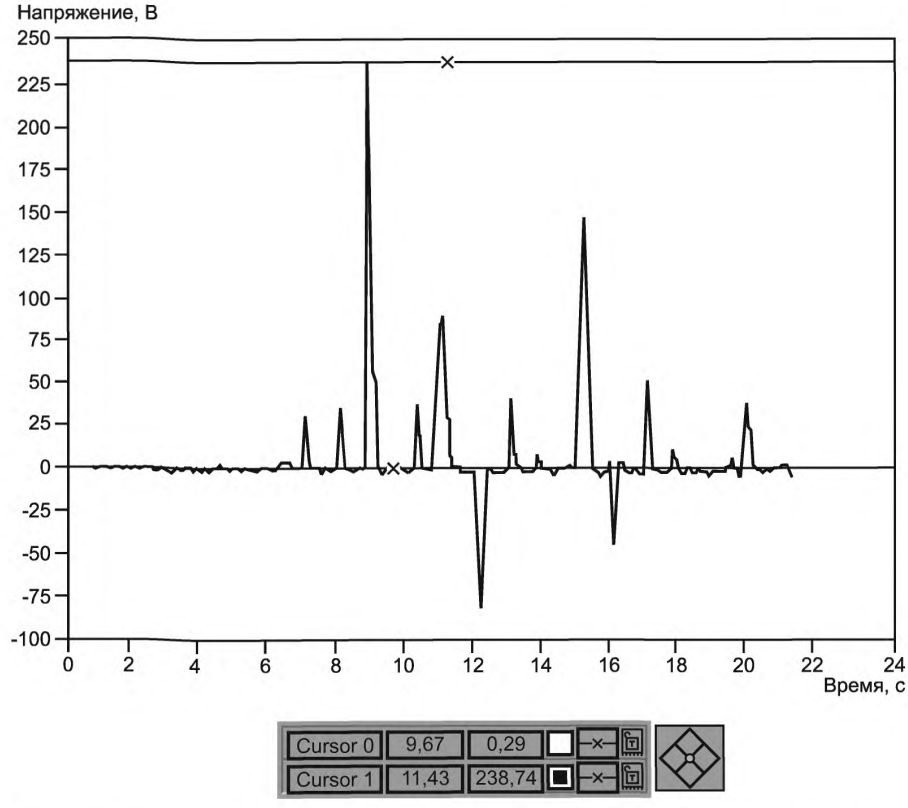


Рисунок 8 — Напряжение на сотруднике, идущем по заземленному проводящему полу с двумя надетыми ремешками заземления

4.6 Участок, защищенный от электростатического разряда (УЗЭ)

Участок, защищенный от электростатического разряда (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. УЗЭ может быть как рабочим местом в одном помещении, так и всей территорией производства. УЗЭ может также представлять собой портативную рабочую поверхность или коврик.

В стандарте ГОСТ Р 53734.5.1 излагается несколько требований по обращению с ЧЭСР-компонентами, а именно:

а) 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 транспортировки ЧЭСР-компонентов из одного УЗЭ в другой должна использоваться защитная упаковка или специально спроектированные носители;

б) 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: маркировка, лента на полу, определяющая границы УЗЭ; разным цветом окрашенные напольные плитки или любые другие спосо-

бы очерчивания границы УЗЭ. Организация должна гарантировать, что все вновь поступающие сотрудники проходят обучение, в котором четко определяются правила поведения на участке УЗЭ;

в) доступ на участок УЗЭ разрешен только персоналу, успешно прошедшему обучение. В ситуациях, когда поставщики, заказчики, новые сотрудники или другие посетители должны войти на участок УЗЭ, их должен сопровождать сотрудник, прошедший обучение;

г) ненужные диэлектрики должны быть удалены с участка УЗЭ. Рабочие диэлектрики необходимо проверять на предмет представления ими угрозы для чувствительных к ЭСР устройств. Согласно ГОСТ Р 53734.5.1 существует два метода контроля диэлектриков:

1) измерение напряженности электростатического поля в точке или положении, где обрабатывается ЧЭСР-компонент. В этой ситуации напряженность поля не должна превышать 10000 В/м;

2) измерение поля на отдельных элементах, вносимых в УЗЭ. Электростатический потенциал элемента измеряется на заданном расстоянии от диэлектрика (в соответствии с инструкцией по эксплуатации измерительного прибора). Для такого типа измерения максимально допустимый потенциал составляет 2000 В. Если измеренное значение превышает 2000 В, необходимо выполнить следующее:

i) диэлектрик должен находиться на расстоянии не менее 30 см от ЧЭСР-компонента;

ii) если невозможно обеспечить расстояние 30 см, необходимо использовать ионизацию или другие методы снижения уровня формируемых в процессе зарядов. Например, использование химической обработки поверхностей изоляционных материалов или дополнительное управление уровнем влажности внутри УЗЭ.

4.7 Элементы ЭСР-управления

В следующих подпунктах описываются отдельные элементы ЭСР-управления, которые можно использовать при разработке программы ЭСР-управления в соответствии с ГОСТ Р 53734.5.1.

4.7.1 Рабочие поверхности

4.7.1.1 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 важным компонентом в формировании статически безопасного рабочего места, наряду с заземлением 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 обеспечивают 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.

4.7.1.2 Факторы, учитываемые при выборе рабочих поверхностей

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

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

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 компании, страховщика или требованиям техники безопасности.

Чтобы обеспечить правильный выбор материала, необходимо четко представлять производимые операции. Необходимо проанализировать следующее:

- при техническом обслуживании часто требуется портативная рабочая поверхность, которая может быть включена в комплект инструментов 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.

Рабочие поверхности должны быть прочными. Важные свойства — твердость, сопротивление истиранию и износостойкость. Некоторые рабочие поверхности изготавливаются из особых термостойких материалов. Эти поверхности предназначены для работы с паяльными станциями.

Внешний вид часто является важным фактором при выборе рабочей поверхности. Отражение света является важной эргономической характеристикой. Портативные рабочие поверхности должны ровно ложиться на основную поверхность. Скатывание по мере износа является характеристикой, которая указывается при классификации. Функциональность, долговечность и надежность в работе системы заземления с помощью рабочей поверхности должны оцениваться во время квалификационного испытания.

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 осуществляется во время квалификационного испытания.

Самой важной функциональной характеристикой для рабочих поверхностей является сопротивление от точки на поверхности до точки заземления. Это формирует первичное заземление предметов на рабочей поверхности. ГОСТ Р 53734.5.1 устанавливает для рабочих поверхностей диапазон сопротивлений относительно земли менее $1{,}0 \cdot 10^9$ Ом.

Иногда необходимо использовать рабочие поверхности с более высокой проводимостью. ГОСТ Р 53734.5.1 допускает это, однако в плане программы ЭСР-управления требуется указать причины, по которым используется поверхность с более высокой проводимостью.

Рабочие столы с высоким сетевым напряжением должны обеспечивать повышенное сопротивление относительно земли и сопротивление от точки до точки.

Примечание — Измерения сопротивления по постоянному току не являются адекватными для принятия решений по вопросам безопасности.

4.7.1.3 Типы материалов для рабочих поверхностей

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.

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.

Многослойные материалы обычно состоят из двух или трех разных слоев. В большинстве случаев верхний слой — это рассеивающий материал, отличающийся по толщине и электрическим свойствам. Следующий слой, как правило, имеет высокую электропроводность. Нижний слой изготавливается из изоляционного или рассеивающего материала. Электрическое сопротивление от точки до точки и сопротивление относительно земли постоянны и не меняются 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 гарантирует рассеивание ЭСР.

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 имеется несколько типов материалов, которые являются однородными.

Благодаря электрическим характеристикам, ламинаты высокого давления зависят от влажности, поэтому перед установкой необходимо их испытать на соответствующие эксплуатационные требования при пониженной влажности.

Маты и рулонные материалы — это гибкие системы, которые используются для покрытия подложек, незащищенных от ЭСР. Маты также применяются поверх ламинатов высокого давления для контроля влажности. Маты и рулонные материалы обладают различным сопротивлением, они могут быть как однородными, так и многослойными.

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

4.7.1.4 Испытания

Методика, используемая для испытания сопротивления материалов рабочих поверхностей, изложена в стандарте МЭК 61340-2-3 [3]. Используйте метод испытаний, описанный для проведения измерений сопротивления относительно земли или точки заземления.

Оценка образцов рабочих поверхностей в лабораторных условиях также является частью процесса выбора, при этом для контроля выбираются такие показатели, как влажность, температура и напряжение. Сопротивление измеряется при напряжении 10 В и 100 В при умеренной и низкой влажности.

Перед первой установкой необходимо испытать рабочие поверхности на соответствие требованиям ГОСТ Р 53734.5.1 и документам изготовителя. Как правило, необходимо измерить сопротивление к точке заземления, чтобы получить подтверждение, что рабочая поверхность установлена правильно. Проверка должна осуществляться до того, как на рабочую поверхность помещаются ЧЭСР-компоненты. Если оценочное испытание не выполняется, рекомендуется измерять сопротивления от точки до точки, чтобы понять, каковы характеристики выбранного материала.

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

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

- проверьте, соединена ли рабочая поверхность с эталонной землей;
- очистите рабочую поверхность. Иногда загрязненная поверхность может вызывать превышение сопротивления. Как только поверхность будет очищена (необходимо очистить также нижнюю часть электрода измерения сопротивления), повторите измерение сопротивления относительно земли. Если результаты второго измерения выходят за пределы спецификации, требуется провести дальнейшее исследование соответствия применяемой в организации практики чистки;
- отсоедините заземляющий провод и измерьте сопротивление от верха рабочей поверхности до точки заземления рабочей поверхности. Это позволит выявить должное функционирование рабочей поверхности и наличие соединения между заземляемой точкой и рабочей поверхностью;
- с помощью омметра измерьте сопротивление провода, используемого для заземления рабочей поверхности. Измерение выполняется от точки, где провод соединяется с заземляемой точкой рабочей поверхности до эталонной земли.

Частота периодических проверок обычно указывается в методиках по эксплуатации. Рекомендуется проводить такие проверки не реже одного раза в квартал.

4.7.1.5 Техническое обслуживание

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

4.7.2 Антистатические браслеты

4.7.2.1 Введение

Антистатический браслет — это устройство, используемое для заземления персонала, чтобы персонал находился под тем же электрическим потенциалом, что и ЧЭСР-компоненты. В большинстве случаев считается эффективным соединять как персонал, так и ЧЭСР-компоненты с землей или общей

соединительной точкой. В этом параграфе приводится практическая информация по использованию, уходу и периодическим проверкам антистатических браслетов.

4.7.2.2 Антистатический браслет

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

Антистатический браслет — это гибкий плотно прилегающий браслет, который формирует надежный контакт с запястьем сотрудника. Существует несколько типов материалов для изготовления браслетов (см. таблицу 1).

Антистатические браслеты 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 гарантирует полный контакт между браслетом и кожей сотрудника.

Антистатические браслеты имеют быстросъемный электромеханический разъем, который сопрягается 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 разъединение случайное. 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 существующих и вновь приобретенных антистатических браслетов. Многие изготовители антистатических браслетов специально подбирают конфигурации застежек в соответствии с требованиями пользователя при большом заказе.

Таблица 1 — Типы антистатических браслетов

Типы антистатических браслетов
Тканое эластичное волокно с электропроводными волокнами на внутренней поверхности
Вязаное эластичное волокно с электропроводными волокнами на внутренней поверхности
Тканое неэластичное 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

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 обычно содержат резистор, ограничивающий ток.

На первый взгляд, заземляющий провод кажется относительно простым устройством. Однако к нему предъявляются требования с учетом широкого диапазона механических воздействий.

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 земле 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 4.4.2).

Примечание — Многие пользователи антистатических браслетов замыкают провод браслета на край защитного мата. Этого не рекомендуется делать, так как в этом случае общее сопротивление системы относительно земли может увеличиваться выше требуемого в ГОСТ Р 53734.5.1 предела — $3,5 \cdot 10^7$ Ом.

4.7.2.3 Применение и выбор антистатических браслетов

Антистатический браслет — это эффективная система заземления сотрудников, имеющих дело с ЧЭСР-компонентами. Однако важно отметить, что, хотя антистатический браслет заземляет кожу, он не обеспечивает устранение статического заряда с одежды и обуви, если только эти элементы не являются электропроводными или рассеивающими и не имеют контакта с кожей сотрудника.

Для максимальной эффективности антистатические браслеты нужно 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.

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, так как браслет нужно 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, так как браслет должен соответствовать используемому технологическому процессу.

4.7.2.4 Испытание антистатических браслетов

Антистатические браслеты нужно периодически испытывать. Хорошая программа испытаний предусматривает не только проверку самого браслета, но и 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.

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, можно 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.

Дополнительное испытание антистатического браслета — больше, чем просто проверка; 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;
- провод;
- резистор, ограничивающий ток;
- разъем, соединяющий провод и замок браслета;
- сопротивление замка браслета;
- соединение браслет-запястье;
- сопротивление сотрудника между запястьем и рукой, которая контактирует с тестовым электродом.

Максимально допустимое сопротивление для заземления антистатического браслета — $3{,}5 \cdot 10^7$ Ом. Системная проверка может выполняться с использованием омметра, если потенциал не представляет опасности. Металлический электрод можно держать рукой, приставляя его к одному из металлических проводников. Удерживание кончика датчика между пальцами может привести к ошибочному результату. При использовании омметра важно понимать, что сопротивление человека связано с общим сопротивлением системы и значение этого сопротивления будет разным для разных людей.

Надев антистатический браслет, необходимо подсоединить свободный конец провода к клемме тестера и нажать кнопку испытания или коснуться пальцем или рукой металлической тестируемой поверхности. Если сопротивление выше $3{,}5 \cdot 10^7$ Ом, необходимо отдельно протестировать провод на разрыв. Если сопротивление провода приблизительно равно $1{,}0 \cdot 10^6$ Ом, нужно проверить, плотно ли соприкасается браслет с запястьем, и отрегулировать браслет так, чтобы он плотно прилегал к запястью. Защелкнув замок на браслете, повторить тест. Если сопротивление все еще выше $3{,}5 \cdot 10^7$ Ом, браслет следует заменить.

Примечание 1 — Электрические обрывы провода можно проверять, изгибая провод во время проведения измерений.

Причиной высокого сопротивления может быть сухость кожи. Нанесите увлажняющий лосьон на запястье и протестируйте сопротивление. Увлажняющий лосьон должен быть совместимым с технологическим процессом и не вызывать загрязнений.

Примечание 2 — Антистатические металлические браслеты могут накапливать под собой влагу и быть более эффективными для людей с сухой кожей.

Антистатические браслеты необходимо периодически испытывать. Частота испытания зависит от интенсивности и времени использования, т.е. износа браслетов.

Поскольку антистатические браслеты имеют ограниченный срок службы, важно определить частоту испытания, которая будет гарантировать целостность системы. Программы испытания рекомендуют испытывать ежедневно используемые каждый день антистатические браслеты.

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 нужно проверять антистатические браслеты и какие браслеты имеют оптимальный срок службы.

4.7.2.5 Ограничение тока

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

Антистатические браслеты, включающие резистор $1{,}0 \cdot 10^6$ Ом, не должны применяться в ситуациях, когда напряжение сети составляет 250 В или выше. В этом случае возможны следующие опции:

- выбор антистатических браслетов с резисторами, имеющими более высокие значения;
- изоляция оператора от земли с помощью перчаток и напольных матов, имеющих высокое сопротивление

Примечание 3 — В некоторых публикациях указываются разные пределы допустимого тока. Например, большинство источников питания имеют ограничение по току 5 мА. Необходимо свериться с нормами безопасности, существующими на предприятии.

4.7.2.6 Заключение

Антистатические браслеты обеспечивают эффективные меры по заземлению персонала. Таким образом персонал, обрабатывающий ЧЭСР-компоненты, не генерирует электростатический разряд, который может их повредить.

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.

Антистатические браслеты могут иметь резистор $1{,}0 \cdot 10^6$ Ом, впаянный в оба конца заземляющего провода 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, так как 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 подключайте заземляющий провод к разъему рассеивающего мата, если он не является его точкой заземления. Не соединяйте антистатические браслеты с краями рассеивающего мата.

Антистатические браслеты рекомендуется регулярно, по возможности ежедневно, испытывать.

4.7.3 Антистатические напольные покрытия

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

4.7.3.2 Назначение антистатических напольных покрытий

Антистатические напольные покрытия используются в электронной промышленности в следующих целях:

а) заземление персонала (напольные покрытия могут использоваться вместе с защитной обувью в качестве системы первичного или вторичного заземления в дополнение к браслету);

б) заземление следующих элементов:

1) подвижные тележки;

2) эргономичные стойки;

3) рабочие столы.

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 используются для первичного заземления, он должен быть способен ограничивать заряд, рассеивая его на землю.

4.7.3.3 Связь между покрытием пола и обувью

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 выбранной обуви. Защитные свойства зависят от сочетания напольного покрытия и обуви. От правильного выбора обуви зависят защитные свойства напольных покрытий.

4.7.3.4 Преимущества использования напольных покрытий

Использование напольных покрытий для защиты персонала или оборудования от формирования электростатического заряда имеет ряд преимуществ. Напольные покрытия пассивны. Сотрудники, работающие в зонах, где используется напольное покрытие, должны носить и испытывать соответствующую обувь. Им не нужно предпринимать никаких дополнительных мер, чтобы гарантировать правильность работы напольного покрытия.

Напольные покрытия, отделки и лаки могут наноситься или устанавливаться по всей рабочей зоне, обеспечивая большую площадь, нежели границы отдельных рабочих столов. Они увеличивают подвижность персонала. И, наконец, покрытия, при правильном заземлении, могут контролировать статический заряд на тележках или другом подвижном оборудовании.

4.7.3.5 Ограничения использования напольных покрытий

Использование напольных покрытий имеет ряд ограничений. Сотрудник должен иметь контакт с напольным покрытием. Поэтому, согласно ГОСТ Р 53734.5.1, 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 защитных покрытий непригодно для процессов, включающих разбрызгивание воды.

Некоторые защитные напольные покрытия не выдерживают вес тяжелых транспортных средств, например вилочных погрузчиков.

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. Важно регулярно чистить напольные покрытия, используя правильные методы и материалы, которые не оказывают влияние на эксплуатационные характеристики покрытия.

При выборе защитного напольного покрытия важно учитывать весь процесс.

4.7.3.6 Типы напольных покрытий

Напольные покрытия классифицируют как постоянные, полупостоянные или непостоянные (периодически меняемые). Далее приведены достоинства и недостатки каждого типа материала.

Постоянные напольные покрытия включают резиновые или виниловые плитки, листовые материалы, эпоксидные покрытия, ламинат высокого давления и ковры.

Они обладают длительным сроком службы и обеспечивают защиту от электростатического электричества на больших площадях.

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 находится в диапазоне от $2{,}5 \cdot 10^5$ до $1{,}0 \cdot 10^9$ Ом. Материал бывает различных узоров, цветов и размеров. Эластичные напольные покрытия часто имеют приятный внешний вид и стойкость ко многим распространенным химическим веществам. Большинство таких материалов могут свариваться или бесшовно укладываться при установке в чистых помещениях.

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, хотя стойкость к истиранию у таких материалов очень высокая. Кроме того, виниловые напольные покрытия могут выделять газы и не должны использоваться в некоторых чистых помещениях.

Эпоксидные и полимерные покрытия, формируемые заливкой, как правило, имеют толщину не менее 3 мм. 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 нельзя применять на приподнятых напольных панелях, так как эпоксидные смолы формируются на месте, поэтому для получения хороших эксплуатационных характеристик материалов этого типа необходимо строго соблюдать методики их нанесения.

Ламинаты высокого давления, как правило, не применяются на приподнятых напольных пластинах или настилах. Ламинаты чувствительны к влажности, и их нельзя применять на участках, где возможно разбрызгивание химикатов или воды. Их нельзя 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.

Ковровые покрытия имеют сопротивление в диапазоне от $2{,}5 \cdot 10^4$ до $1{,}0 \cdot 10^9$ Ом. Ковровое покрытие выглядит эстетично и оно звуконепроницаемо. Затраты на обслуживание ковровых покрытий ниже, чем затраты на полы с эластичными материалами. Покрытие в форме ковровых пластин можно 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.

Вторая группа напольных материалов называется полупостоянными или непостоянными. Эта группа включает 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.

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. Маты могут использоваться вокруг установок волновой пайки или другого оборудования, где существует возможность разбрызгивания химикатов, опасная для напольных покрытий. Однако маты скручиваются, что формирует опасность падения и усложняет уборку пола. Они также являются относительно дорогостоящими для формирования защитного покрытия по всей площади. Их применимость в чистых помещениях ограничена. Необходимо уделять особое внимание матам, постоянно соединенным с землей.

Защитная отделка может наноситься как на стандартные полы (виниловые, резиновые или имеющие в составе винил), так и на защитные полы для снижения формирования электростатических зарядов. Отделка защищает пол и улучшает его внешний вид, а также облегчает уход за ним. Отделка проста в эксплуатации и может наноситься по всей площади поверхности для защиты всего участка. Однако она имеет следующие недостатки:

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

Локальные антистатики действуют аналогично напольной отделке, но не обеспечивают физической защиты самого пола. Их можно использовать на ковровом покрытии. Локальные антистатики относительно легко наносятся, однако они нестойки и недолговечны.

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 отделки, но меньший, чем постоянные полы. Краски и покрытия со временем изнашиваются и их нужно периодически наносить заново. Некоторые материалы не применяются для чистых помещений, так как они изнашиваются, обкалываются или имеют высокое содержание углерода.

4.7.3.7 Испытание

Стандартом для испытания электрического сопротивления материалов полов является МЭК 61340-4-1 [4]. Метод испытания разработан для диапазона сопротивлений от $1{,}0 \cdot 10^3$ до $1{,}0 \cdot 10^{10}$ Ом. В ГОСТ Р 53734.5.1 установлен предел максимального испытательного напряжения для напольных систем, используемых как часть программы ЭСР-управления, не превышающий 100 В.

Частью процесса отбора образцов напольного покрытия является их оценка в лабораторных условиях при контролируемых влажности, температуре испытательном напряжениии омметра.

При первичной установке напольного покрытия необходимо осуществить его испытание на предмет соответствия ГОСТ Р 53734.5.1. Обычно 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-компонентами.

Необходимо периодически выполнять проверку 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, выполните следующие действия, чтобы определить причину высокого сопротивления:

- убедитесь, что напольное покрытие соединено с эталонной землей;
- очистите напольное покрытие и нижнюю поверхность измерительного электрода. Грязная поверхность может вызывать превышение допустимых параметров сопротивления. Как только поверхность очищена, повторите измерение сопротивления относительно земли. Если второе измерение выходит за пределы, необходимо провести дополнительные исследования способов чистки, применяемых в данной организации.

Частота периодических проверок обычно определяется методикой эксплуатации. Однако в качестве общего руководства рекомендуется выполнять такие проверки не реже, чем один раз в три месяца.

4.7.3.8 Уход

Периодическая чистка в соответствии с рекомендациями изготовителя позволяет поддерживать электропроводность всех напольных покрытий. Убедитесь, что чистящие продукты не оставляют изолирующего осадка, что характерно для многих лаков (мастик).

4.7.4 Обувь

4.7.4.1 Введение

Согласно 4.7.3 основная причина формирования электростатического электричества — перемещение людей и материалов в рабочей зоне. При перемещении людей, то есть взаимодействии обуви с полом, формируется заряд, который приводит к напряжению человеческого тела, равному нескольким тысячам вольт.

Данный пункт посвящен роли обуви (ботинок, заземлителей подошв и т.п.) в ЭСР-управлении зарядом, правильному применению в сочетании с другими механизмами ЭСР-управления, а также испытаниям и оценке эксплуатационных характеристик обуви. Рассматриваемые в этом параграфе вопросы ограничены факторами, относящимися к контролю ЭСР.

Антистатические браслеты — это первичный способ заземления персонала. Не все производственные операции можно выполнять с надетым антистатическим браслетом. Подвижный персонал нельзя заземлять 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. Важно рассматривать напольное покрытие, обувь и сотрудника как три разных компонента, действующих в составе единой системы.

Примечание — Чтобы напряжение тела сотрудника было менее 100 В, общее сопротивление системы заземления должно быть меньше $3,5 \cdot 10^7$ Ом.

4.7.4.2 Типы 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.

Ремешки заземления крепятся к каблукам и носкам обуви для заземления сотрудников и посетителей на участках УЗЭ. Если ремешок заземления одеть неправильно, его применение будет неэффективным. Ремешки заземления каблуков легко теряют контакт с полом, поэтому требуют более тщательного контроля, чем другие типы обуви.

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.

При выборе защитной обуви следует также обращать внимание на ее правильное ношение. Конструкция обуви очень важна. Она должна быть специально предназначена для ЭСР-управления. Поскольку многие ботинки, предназначенные для защиты от статического электричества, выглядят как обыкновенные, важно, чтобы обувь имела соответствующую маркировку.

4.7.4.3 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. МЭК 61340-4-5 [6]). Если верхний предел напряжения тела, обычно 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 защитному от ЭСР напольному покрытию. При соприкосновении сотрудника в защитной обуви с материалом пола заряд должен рассеиваться в течение нескольких секунд.

4.7.4.4 Испытание

Испытание обуви включает первоначальную квалификационную проверку изделия (предпочтительно — лабораторную проверку при определенных контролируемых условиях по МЭК 61340-4-3 [5]). Если изделие соответствует требованиям существующих стандартов, необходимо выполнить испытание обуви в сочетании с существующими или планируемыми к использованию напольными покрытиями, которое должно подтвердить, что критерии, разработанные для данного предприятия, выполняются.

Вся защитная обувь должна проходить входную выборочную проверку.

В стандарте МЭК 61340-4-3 [5] описываются стандартные методы испытаний для обуви, включающие лабораторные измерения и приемочные испытания.

Стандарт МЭК 61340-4-5 [6] разработан для измерения сопротивления обуви и напольных покрытий в комбинации с человеком, а также поляризуемости людей в защитной обуви, идущих по защитному от ЭСР напольному покрытию.

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

Иногда при измерении сопротивления обуви регистрируются завышенные значения сопротивления из-за особых свойств обуви, кожи, одежды, влияния разности температур, загрязнений поверхности обуви.

4.7.5 Антистатические стулья

4.7.5.1 Введение

Как говорилось в 4.5, электростатический заряд возникает во время движения. Значительное напряжение может формироваться при перемене положения на стуле или перемещении стула по полу. В этом параграфе описывается использование антистатических стульев в УЗЭ для рассеивания заряда. ГОСТ Р 53734.5.1 не рекомендует использовать стулья как средство заземления персонала. Однако антистатические стулья могут стать эффективным средством заземления от контактной поверхности сиденья до колесиков или ножек стула, если имеется контакт между сотрудником и стулом. Кроме того, если антистатический стул используется для заземления (в качестве главного заземления), максимальное сопротивление от сотрудника к земле через систему «стул — напольное покрытие» должно быть менее $3,5 \cdot 10^7$ Ом или менее $1,0 \cdot 10^{10}$ Ом при заряде потенциалом менее 100 В. Между всеми элементами системы «человек — стул — напольное покрытие» должен быть постоянный контакт. Приведенная выше система заземления персонала является одним из примеров индивидуального решения программы ЭСР-управления.

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

Так как 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». Хотя, при измерении сопротивления контактных поверхностей можно проверить, происходит ли заземление или нет. Стул так же, как и обувь, не является эффективным способом заземления, если только он не используется в сочетании с защитным от статического электричества полом.

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.

4.7.5.2 Типы и выбор

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 ГОСТ Р 53734.5.1.

4.7.5.3 Испытание

Процедура измерения электрического сопротивления стульев приведена в МЭК 61340-2-3 [3]. Воспользуйтесь общим методом измерения сопротивления к земле или относительно 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 ГОСТ Р 53734.5.1, диапазон сопротивления должен находиться в пределах менее $1,0 \cdot 10^9$ Ом. Это значение относится как к лабораторным измерениям, так и приемочным испытаниям и периодическим проверкам.

4.7.6 Ионизация

4.7.6.1 Введение

Главный метод управления статическим электричеством — заземление проводников, рассеивающих материалов и персонала. Однако комплексная программа контроля должна включать меры воздействия на изолированные проводники, которые нельзя 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 нельзя 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. Ионизация воздуха может применяться даже в чистых помещениях, где нельзя распылять химикаты и использовать некоторые рассеивающие статическое электричество материалы, так как 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.

Стандарт МЭК 61340-4-7 [8] определяет методы испытания и способы измерений характеристик воздуха во время работы ионизаторов. Стандарт включает в себя два приложения, кратко описывающих процессы ионизации воздуха и нейтрализации заряда, проектирование плоского зарядного монитора (рекомендуемый измерительный прибор) и другие вопросы, относящиеся к применению и тестированию ионизаторов.

Этот пункт дополняет информацию, изложенную в стандарте МЭК 61340-4-7 [8]. 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.

Ионизация воздуха также используется для контроля загрязнений. 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.

4.7.6.2 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 обычно формируются во время распада природных радиоактивных элементов в воздухе, земле или строительных материалах.

Для нейтрализации необходима более высокая концентрация ионов. При определенных обстоятельствах для формирования ионов воздуха могут использоваться радиоактивные источники, обычно полоний 210. Альфа-частицы, эмитируемые полониевыми ионизаторами, — это положительно заряженные ядра гелия (два протона, два нейтрона и 0 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) (рис. 9).

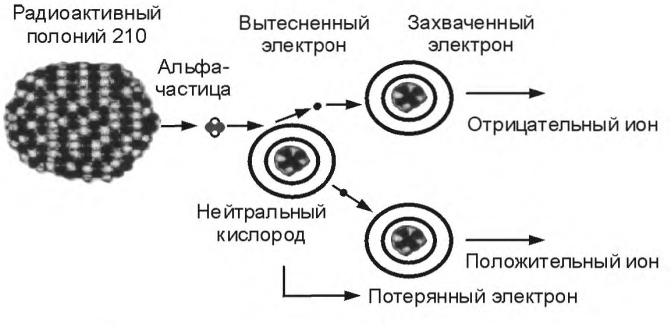


Рисунок 9 — Ионизация альфа-излучением

В других ситуациях наиболее распространенным методом формирования ионов является взаимодействие между нейтральными молекулами воздуха и электронами, ускоренными электрическим полем, имеющим интенсивность, превышаю-

щую 3 МВ/м (при атмосферном давлении). Обычно это связано с высоковольтной коронной ионизацией или коронным разрядом (рис. 10, 11).

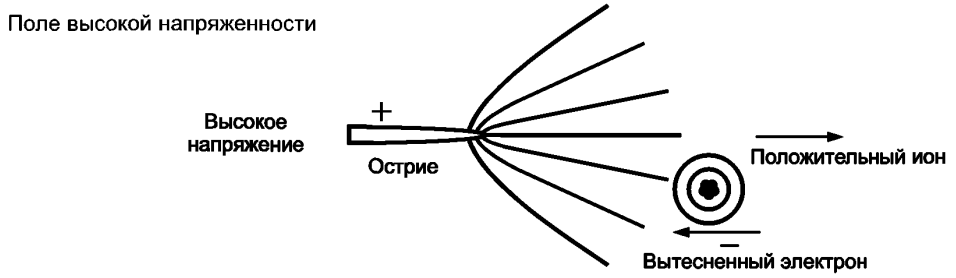


Рисунок 10 — Коронная ионизация — положительная

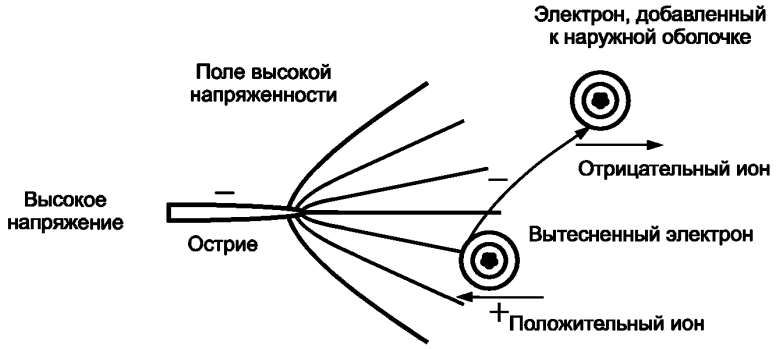


Рисунок 11 — Коронная ионизация — отрицательная

4.7.6.3 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 (так как 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 ионизированным 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).

Если плотность ионов не изменяется, относительная скорость нейтрализации заряда остается постоянной, и заряд уменьшается по экспоненциальной зависимости с 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 заряженный плоский монитор.

Заряженный плоский монитор (ЗПМ) предназначен для измерения нейтрализующих свойств ионизатора или ионизирующей установки. Он 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 ЗПМ находится в ионизированной среде, скорость нейтрализации заряда ионизатором характеризуется временем разряда — это время, за которое напряжение пластинки снизится от перво-

начального значения до значения, равного 10 % от первоначального (например, от 1000 В до 100 В). Ионный баланс может определяться кратковременным заземлением изолированной пластинки и наблюдением напряжения, возникающего на пластинке под воздействием ионизатора. Это напряжение называется напряжением смещения. Подробную информацию о ЗПМ и методике измерения можно найти в стандарте МЭК 61340-4-7 [8].

4.7.6.4 Цель ионизации

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

Важно помнить, что ионизация воздуха должна осуществляться при наличии статического электричества. 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, можно выбрать оптимальный.

4.7.6.5 Типы ионизаторов воздуха и их применение

Существует два основных способа генерации ионов: ядерный распад под воздействием альфа-излучения 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).

В полониевых ионизаторах в качестве радиоактивного элемента обычно 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.

В ионизаторах переменного тока используются эмиттеры, которые поочередно генерируют положительные и отрицательные ионы с частотой питающей сети. Интенсивность рекомбинации ионов высокая, так как 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.

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, так как при этом формируются участки, где преобладают ионы одной полярности. Предметы, находящиеся в таких зонах, могут заряжаться в результате дисбаланса ионов.

Ионизаторы постоянного тока импульсного действия генерируют разнополярные ионы на одном эмиттере или паре близкорасположенных эмиттеров. Подача питания осуществляется с помощью высоковольтных проводов от центрального высоковольтного источника питания или с помощью низко-

вольтного 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, можно перемещать ионы в рабочую зону даже при отсутствии потока воздуха.

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 нужно экранировать, чтобы предотвратить их воздействие на персонал. Электрическое поле отсутствует, но ионы формируются в объеме воздуха в отсутствие воздушного потока.

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.

Ионизаторы помещений используются в крупных производственных зонах, где проблема электростатического электричества не ограничивается отдельно взятым рабочим столом. Ионизаторы 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 обычно 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.

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 электростатический разряд, 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.

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.

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.

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

4.7.6.6 Выбор и установка ионизирующего оборудования

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 статической задачи, чувствительность изделия к статическому разряду, окружающую среду, в которой ионизатор будет применяться, и рабочие характеристики ионизаторов. Некоторые из анализируемых параметров приведены в таблице 2.

Таблица 2 — Выбор ионизатора

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

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 требует часто 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.

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

Выбор рабочих характеристик зависит от чувствительности изделия к воздействию статического 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.

Статические 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 можно нейтрализовать за несколько секунд или минут. Время стекания заряда зависит от циркуляции воздуха, поэтому требуемое время стекания заряда нельзя 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.

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, электромагнитных излучений и эмиссии частиц.

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.

Монтаж должен осуществляться в соответствии с действующими электрическими и 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 должны соблюдаться 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 напряжение 60 В переменного/постоянного тока или менее; высоковольтная сеть использует напряжение до 7000 В переменного тока или 20000 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.

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

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 должны рассматриваться с учетом типа и объема потока воздуха. Нельзя 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, можно использовать вентиляторы для распределения ионов воздуха. Убедитесь, что характеристики вентиляторов совместимы с требованиями чистых помещений. Если нет, эксплуатационные характеристики ионизатора при существующем потоке воздуха могут быть приняты. Независимо от метода, используемого для распределения ионов, между ионизатором и рабочей зоной не должно быть препятствий.

Необходимость контроля ионизаторов зависит от области их применения. В некоторых ситуациях достаточно заводской настройки и регулировки обширных ионизируемых зон одним центральным контроллером. В иных ситуациях может потребоваться контроль в отдельных малых зонах или точная настройка выхода ионов в каждой 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. Важно учитывать возможность переноса или увеличения числа ионизирующих установок с течением времени, таким образом возможность изменений должна быть предусмотрена при первоначальной установке оборудования.

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, обычно менее 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.

4.7.6.7 Испытание ионизаторов воздуха

При использовании ионизатора необходимо уметь отвечать на два основных вопроса. Во-первых, попадает ли в рабочую зону нужное 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 промышленного стандарта МЭК 61340-4-7 [8], а также осуществляться с учетом конкретной реальной задачи. Пользователь должен идентифицировать проблему, составить характеристики, выбрать подходящий ионизатор и испытать его в месте использования. МЭК 61340-4-7 [8] 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 МЭК 61340-4-7 [8], 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 квалифицировать 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 должно выполняться с использованием контрольно-измерительного устройства с пластиной и методов МЭК 61340-4-7 [8]. 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 контрольно-измерительные устройства с пластиной. Характеристики контрольно-измерительного устройства с пластиной меньшего размера должны проверяться по отношению к контрольно-измерительным устройствам стандартного размера.

Иногда использование контрольно-измерительного устройства с 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.

Испытание, характеризующее прикладную задачу, должно подтвердить, что использование ионизации привело к решению проблемы статического электричества, следствием которой могло стать повреждение компонентов электростатическим разрядом, 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).

После установки ионизаторов рекомендуется измерить их рабочие параметры, которые лягут в основу дальнейшего испытания надежности ионизатора. Для выполнения периодических проверок ионизаторов можно использовать методы испытания и указания МЭК 61340-4-7 [8].

После установки ионизаторов рекомендуется проверять время стекания разряда и баланс. Своевременно должен оформляться протокол, 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 проверка. Пользователи должны быть ознакомлены со связанными с этим затратами и ответственностью.

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.

Эмиттеры электрических ионизаторов рекомендуется периодически чистить и менять. Время уравновешивания и разряда рекомендуется периодически проверять с использованием контрольно-измерительного устройства с 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 разряда, необходимо дальнейшее обслуживание. Изготовители должны указывать порядок и периодичность обслуживания.

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

В рентгеновских ионизаторах не используются эмиттеры, но используется рентгеновская трубка, замена которой периодически должна осуществляться изготовителем. Необходимо регулярно выполнять испытание 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.

Большинство ионизаторов предназначено для работы в стандартных производственных условиях в пределах температуры и влажности, указанных изготовителями ионизаторов. Конденсируемая влажность, загрязнения основаниями или кислотами или 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.

4.7.6.8 Другие вопросы

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 контакт с эмиттером возможен, 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.

Существует обеспокоенность, что ионизаторы воздуха вырабатывают озон и становятся источником электромагнитного излучения. Изучите спецификации производителя, учитывайте тот факт, что

существуют различные способы и условия испытания. Если ионизаторы будут применяться в зонах, чувствительных к электромагнитному излучению или озону, настоятельно рекомендуем испытывать ионизатор в нормальных условиях эксплуатации в такой зоне. Ионизатор должен удовлетворять требованиям стандартов, применяемых к другому используемому оборудованию. Чувствительные изделия или оборудование должно размещаться 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.

4.7.7 Одежда

4.7.7.1 Вступительные замечания

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

Невозможно однозначно говорить о том, когда необходимо использовать антистатическую одежду; в этом случае необходимо учитывать мнение ЭСР-координатора. Ниже перечислены факторы, которые необходимо учитывать:

- чувствительность компонентов к электростатическому разряду (особенно если модель заряженного устройства 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;
- культуру производства.

Трудно оценить риск повреждений при использовании обычной одежды. Эксперты полагают, что риск электростатического разряда возникает тогда, когда чувствительное к электростатическому разряду изделие подвергается воздействию высокого напряжения, формируемого внешними полями одежды, и последующему воздействию поля, вызванного разрядом. Поэтому при работе с большим количеством чувствительных к электростатическому разряду 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 электростатическому разряду, допускается ношение неантистатической одежды. Но если производственное помещение находится в сухом климате и операторы работают с дорогими чувствительными к электростатическому разряду изделиями, к которым предъявляются высокие требования надежности, одежда должна быть антистатической, особенно если обычная одежда — с длинными рукавами, что способствует формированию электростатических полей. Так как большинство производственных помещений находятся в менее критичных условиях, необходимо осуществлять техническую оценку существующих условий.

4.7.7.2 Типы одежды, выбор одежды

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

Существуют следующие типы одежды:

- ограниченного использования (одноразовая);
- требующая обработки;
- рассеивающая статический заряд;
- заземляемая с точкой заземления.

Одежда ограниченного использования — это одежда, защитные характеристики которой ухудшаются с течением времени, она может быть как одноразовой, так и нет. Одежда используется в течение

определенного времени, а затем утилизируется. При повторном применении рекомендуется ее контроль на предмет целостности. Одежда такого типа обычно используется в помещениях, где применяются конформные покрытия, и одежда быстро загрязняется.

Одежда, требующая обработки, — это одежда, которая требует обработки во время или после процесса чистки. Одежда чувствительна к влажности. Наносимое или добавляемое поверхностно-активное вещество является гигроскопичным и зависит от влажности воздуха, что влияет на защитные свойства одежды.

Одежда, рассеивающая статический заряд, — это одежда, которая сохраняет свои защитные характеристики после 50 или более стирок (в прачечной). Такая одежда шьется из ткани с добавлением проводящих волокон, образующих замкнутый контур.

Для электрически заземляемой одежды максимальное сопротивление между любой точкой одежды и точкой заземления одежды должно составлять менее $1 \cdot 10^9$ Ом. Такая одежда обычно 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.

Убедитесь в том, что все части одежды являются проводящими. Затем соедините одежду с системой заземления пользователя таким образом, чтобы он не выступал в качестве плавающего проводника. Это можно выполнить следующим образом:

- заземлите одежду с телом через антистатический браслет, используя переходник;
- заземлите одежду через антистатический браслет напрямую с кожей заземленного оператора;
- заземлите одежду через отдельный провод заземления, напрямую прикрепленный к указанной точке заземления одежды.

Если одежда является частью основного контура заземления (человек соединяется с одеждой, которая соединена с проводом заземления, прикрепленным к земле), тогда максимально допустимое сопротивление между телом человека и землей, в соответствии с 5.3.2 ГОСТ Р 53734.5.1, составляет $3{,}5 \cdot 10^7$ Ом.

Антистатическая одежда должна одеваться таким образом, чтобы избежать воздействия зарядов на обычную одежду персонала.

Способ испытания электрического сопротивления одежды приведен в МЭК 61340-4-9 [7]. Если одежда изготовлена из материалов, использующих скрытые проводящие нити, необходимо выполнить испытание на стекание заряда. Способы испытания на стекание заряда приведены в МЭК 61340-2-1 [2].

Образцы одежды проходят экспертизу в лабораторных условиях с контролем влажности, температуры и испытательного напряжения. Испытание сопротивления или убывания заряда выполняется на:

- образце ткани;
- готовой одежде.

Тестируемые материалы можно разделить на две группы. Материалы, принадлежащие к первой группе, можно испытывать сразу; материалы второй группы сначала должны пройти очистку в соответствии с рекомендациями изготовителя, чтобы смоделировать длительное использование ткани (например, чистку не менее 50 раз), а затем лабораторное испытание.

Рекомендуется периодически проверять одежду на соответствие спецификации. Это может быть как выборочная проверка сотрудников при проверке на соответствие, так и проверка после каждого цикла очистки.

4.7.7.3 Уход и чистка

Изношенная или поврежденная одежда должна быть заменена или отремонтирована таким образом, который позволяет обеспечить электрическую целостность швов. После ремонта необходимо проводить периодическую проверку одежды, как описано выше.

Важно, чтобы одежда стиралась в соответствии с указаниями производителя на этикетке. Если используется одежда, требующая обработки, качество обработки проверяется с помощью электрического теста.

Если стирка одежды осуществляется в домашних условиях, важно соблюдать указания производителя на этикетке. Перед использованием необходимо измерить сопротивление от точки до точки и от рукава до рукава в соответствии с МЭК 61340-4-9 [7] или измерить стекание заряда в соответствии с МЭК 61340-2-1 [2].

Полиэфирные волокна не гигроскопичны, и влажность может усиливать соединение проводящих волокон, которые вплетены в решетчатую структуру ткани для пошива антистатической одежды. Проводящая решетка является механизмом, обеспечивающим надежное заземление или способность обеспечивать стекание заряда. Рекомендуется испытывать эксплуатационные характеристики

антистатической одежды (МЭК 61340-4-9 [7] или МЭК 61340-2-1[2]) в различных диапазонах температуры и влажности, при которых одежда может использоваться.

Температура и влажность влияет на проводящие характеристики одежды, содержащей хлопок, который по своей природе является гигроскопичным. Необходимо учитывать, что волокна хлопка могут выпадать из ткани и вызывать риск загрязнения.

4.7.7.4 Другие вопросы

Убедитесь в том, что ношение антистатической одежды безопасно для персонала, если существует риск высокого напряжения.

Необходимо тщательно полоскать одежду после стирки, чтобы устранить отложение химических веществ на токопроводящих волокнах, т.к. это они могут обладать диэлектрическими свойствами.

4.7.8 Системы хранения

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

4.7.8.1 Полки для хранения

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

Если полки предназначены только для хранения чувствительных к ЭСР изделий в защитной упаковке, полки могут быть не антистатическими.

Многие предприятия сталкиваются с проблемой необходимости замены систем хранения на каждом технологическом этапе, поэтому они размещают антистатические стеллажи в одном месте, а неантистатические стеллажи — в другом. Это может привести к тому, что сотрудники ошибочно могут поместить чувствительные к ЭСР 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.

4.7.8.2 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:

- хранятся ли незащищенные чувствительные к ЭСР изделия вблизи нечувствительных к ЭСР изделий, отгруженных в формирующей статическое электричество упаковке;
- как осуществляется транспортировка 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 МЭК 61340-2-3 [3] необходимо измерять сопротивление относительно земли и сопротивление от точки до точки.

4.7.9 Транспортировочное оборудование

Транспортировочное оборудование, как следует из названия, — это оборудование для транспортировки изделий от одного технологического этапа к другому. Это, например, транспортировочные тележки, стойки и подкатные столы. Если транспортировочное оборудование используется для транспортировки чувствительных к электростатическому разряду 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 цепи, токопроводящих колес, кабеля или шарнира. Если транспортировочное оборудование заземляется через напольное покрытие, необходимо убедиться, что существует заземление от поверхности (где хранятся незащищенные изделия) к земле, независимо от выбранного спо-

соба 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, поверхность, где лежат чувствительные к электростатическому разряду изделия, пол и/или механизм заземления) могут привести к потере электрического соединения между ЧЭСР-компонентами и землей.

Если в программу ЭСР-управления не включены антистатические напольные покрытия, транспортировочное оборудование может эффективно использоваться для транспортировки ЧЭСР-компонентов. 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 ГОСТ Р 53734.5.1 сопротивление, измеренное между поверхностью оборудования и землей должно быть меньше $1{,}0 \cdot 10^9$ Ом. Используйте методы и оборудование, указанные в МЭК 61340-2-3 [3] для измерения сопротивления.

4.8 Упаковка электронных изделий для транспортировки и хранения

4.8.1 Введение и задачи

Этот подраздел посвящен типам упаковки и ее характеристикам. ЭСР-упаковка обеспечивает защиту ЧЭСР-компонентов во время хранения, транспортировки и технологического процесса. Стандарт не рассматривает вторичную или внешнюю упаковку, если только она не выполняет функцию защиты от ЭСР. В электронной промышленности существует множество изделий и материалов, которые необходимо упаковывать. Данный раздел позволяет читателю лучше разобраться в вопросах ЭСР-упаковки. Хотя основное внимание уделяется электрическим характеристикам, в стандарте рассматриваются также и физические свойства.

4.8.2 Виды упаковки

4.8.2.1 Токопроводящая упаковка

Токопроводящая упаковка состоит из нескольких компонентов, в качестве основы может использоваться полимерный материал. Добавки к основному или полимерному материалу обеспечивают объемную проводимость материала. Специальная обработка и покрытие делают поверхность упаковки токопроводящей. Иногда для производства токопроводящих материалов используется фольга.

4.8.2.2 Экранирующая (электростатическая) упаковка

Экранирующая упаковка, изготовленная из тонких токопроводящих материалов, способствует рассеиванию или снижению электростатического поля внутри упаковки под воздействием внешних электростатических полей или разрядов на поверхности.

Некоторые экранирующие пакеты, имеющие, например, диэлектрический внутренний слой, также могут ограничивать проникновение электрического тока через поверхность во время прямого разряда. Изделия такого типа должны классифицироваться как материалы, экранирующие разряды.

4.8.2.3 Зарядорассеивающая упаковка

Зарядорассеивающая упаковка обеспечивает рассеивание заряда, а также способствует снижению зоны концентрации высоких зарядов, позволяя зарядам растекаться по поверхности. Зарядорассеивающие материалы не обязательно являются слабозаряжающимися.

4.8.2.4 Слабозаряжающаяся упаковка

Слабозаряжающиеся материалы — это материалы, устойчивые к формированию трибоэлектрического заряда, образующегося в результате контакта с другими материалами. Измерения поверхностного или объемного сопротивления не всегда позволяют предсказать это свойство. Слабозаряжающиеся материалы не обязательно являются рассеивающими (хотя многие ими являются). В настоящее время слабозаряжающиеся материалы не указываются в стандарте ГОСТ Р 53734.5.1. Однако их также необходимо учитывать при выборе упаковочного материала. Пользователи должны определять степень зарядки упаковочного материала в среде конечного использования.

4.8.2.5 Изоляторы

Изоляторы обладают очень высоким сопротивлением, поэтому они плохо проводят ток. В общем, изоляторы могут сильно заряжаться посредством контакта с другими материалами. Однако рассеяние заряда через заземление происходит очень долго (несколько часов или недель, в зависимости от окружающих условий). Поэтому изоляционные материалы нельзя использовать вблизи чувствительных к ЭСР изделий.

4.8.3 Выбор упаковки

Как правильно выбрать упаковку? Огромное количество существующих типов упаковки часто приводят в замешательство не разбирающихся в ней потребителей. Ответ на вопрос: «В какую упаковку (токорассеивающую или экранирующую) поместить изделие при транспортировке?» — зависит от уровня чувствительности изделия к ЭСР, а также предполагаемых источников опасности в среде применения.

Основная функция ЭСР-упаковки — это обеспечить запас между уровнем чувствительности изделия к ЭСР и уровнем опасности в среде применения. Например, если изделие имеет чувствительность МЧТ 100 В, а операторы, которые будут обращаться с упаковкой, как известно, имеют на своих телах максимум 1000 В, необходимо выбрать такую упаковку, которая сможет компенсировать разность между чувствительностью изделия к ЭСР и средой применения.

При выборе упаковки рекомендуется выполнить следующие шаги:

а) определить чувствительность изделия;

б) определить среду применения изделия в упаковке;

в) определить тип упаковки (например, многократного, одноразового использования и т.п.);

г) выбрать упаковку;

д) разработать систему упаковки на базе данных, полученных в пунктах а) — г);

е) испытать упаковку на эффективность.

4.8.3.1 Анализ чувствительности изделия

Существует несколько методов оценки чувствительности изделий к электростатическому разряду. Главный метод основан на МЧТ, в которой разряд прикладывается поочередно через RC-цепь 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 электростатическому разряду может быть получена от изготовителя, при выполнении заводских измерений или изучении опубликованных данных о чувствительности изделий к электростатическому разряду.

4.8.3.2 Анализ среды применения

Для правильного выбора упаковки необходимо определить среду транспортировки и применения изделия.

При этом необходимо установить следующее:

а) среду применения изделия:

1) защищенный от статического электричества участок;

2) неконтролируемую среду (между защищенными от статического электричества участками);

б) планируется ли пересечение изделием национальных границ:

1) при пересечении национальных границ будет ли изделие осматриваться незаземленным персоналом таможни;

в) планируется ли перевозка изделия в специальном грузовике:

1) перевозка изделия одной компании;

2) перевозка сборного груза;

г) планируется ли во время перевозки разгрузка или погрузка изделия (например, из грузовика в самолет и т.п.);

д) кто будет принимать изделия при доставке:

1) персонал, обученный работе с чувствительными к ЭСР изделиями;

2) необученный персонал (сотрудники таможни, дистрибьюторы);

е) опасность ЭСР при транспортировке;

ж) параметры среды применения:

1) температурный диапазон (минимальная/максимальная температура);

2) диапазон влажности (уровень влажности, возможны ли осадки).

Высокая влажность, как известно, не только вызывает коррозию, но и становится причиной многочисленных проблем для электронных изделий. Проблемы пайки хорошо известны и описаны в документах. Поэтому необходимо хранить изделия в защитной упаковке, проницаемость по водяному пару (WVTR) должна составлять менее 0,02 г/645 $см^2$ за 24 ч.

Хотя специализированные материалы и конструкции позволяют контролировать температуру внутри упаковки, при транспортировке 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.

4.8.3.3 Выбор оптимальной упаковки согласно применению

На рынке существует огромное количество упаковок для транспортировки электронных изделий. Для чувствительных к ЭСР 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, защиту от разряда и подавление электрических полей.

В данном подпункте приведено описание некоторых производимых типов упаковок. Этот перечень не является всеобъемлющим, но дает ссылку на основные категории.

В некоторых случаях требуется возвращать упаковку производителю для повторного использования, например запираемые контейнеры, коробки 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.

Примечание — Пользователи упаковки многоразового использования должны проанализировать общие затраты по выполнению такой программы. Вот примеры предполагаемых затрат:

- затраты на обеспечение рабочей силы для сбора, сортировки и подготовки материалов для обратной транспортировки;
- 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, подходит ли упаковка для повторного использования или нет, измерив, например, электропроводность или другие физические свойства упаковки описываемыми в данном разделе способами. Экранирующие мешки и контейнеры могут попадать под эту категорию до тех пор, пока металлический слой сохраняет свою целостность и экранирующие характеристики.

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

Фирмы по продаже компьютерного оборудования, а также прочие предприятия оптовой и розничной торговли осуществляют продажу модернизированной продукции и запасных частей. Надежность и длительный срок службы этих изделий не всегда являются определяющими характеристиками, поэтому внимание фокусируется на привлекательной и эстетичной упаковке. На упаковке обычно указаны способы обращения с изделием, а иногда и предупреждение о том, что изделие чувствительно к ЭСР.

4.8.3.4 Испытание материалов упаковки

Способы испытания защитных характеристик упаковки широко известны в промышленности. Электрические свойства позволяют определить тип материала. Способы испытания, указанные в ГОСТ Р 53734.5.1, позволяют пользователю классифицировать материал как электропроводный, рассеивающий статический заряд или изоляционный. Как только материал классифицирован, можно начинать подбор упаковки.

4.8.3.5 Подбор упаковки

Подбор упаковки необходимо осуществлять с учетом чувствительности изделий к электростатическому разряду, области их применения, а также списка доступных материалов.

При выборе упаковки необходимо учитывать нижеперечисленные правила:

- если упаковка предназначена главным образом для транспортировки изделий на 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 транспортировки изделий в незащищенную среду, необходимо, чтобы упаковка была из слабозаряжающегося экранирующего заряд материала.

Важно 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 увеличивают общие затраты. Использование многочисленных типов упаковки требует проведения тщательного анализа затрат и прибыли.

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

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.

4.8.3.6 Испытание

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

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

Рекомендуется осматривать и выполнять испытание, чтобы гарантировать соответствие функциональных параметров изделия. Перед началом испытаний пользователь должен составить критерии соответствия/несоответствия.

4.9 Маркировка

Согласно требованиям ГОСТ Р 53734.5.1 компания обязана маркировать чувствительные к воздействию ЭСР 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.

4.9.1 Маркировка узлов и оборудования

Маркировка узлов и оборудования представляет собой символы, приведенные на рисунке 12. 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 12.



Рисунок 12 — Чувствительная к электростатическому разряду 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.

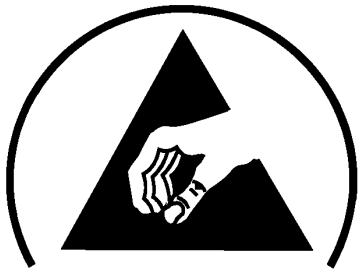


Рисунок 13 — Пример маркировки чувствительных к электростатическому разряду устройств

4.9.2 Маркировка упаковки

Для маркировки упаковки (например, мешков, пакетов, транспортировочных контейнеров и т.п.) чувствительных к ЭСР деталей или узлов может использоваться символ, приведенный на рисунке 12. Если для упаковки чувствительных к ЭСР изделий используется несколько материалов (например, оберточная упаковка 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 13).

Кроме того, рекомендуется, чтобы упаковка имела маркировку, приведенную на рисунке 14.



Основные функциональные коды:
- S — экранирование статического разряда;
- C — электростатическая проводимость;
- D — электростатическое рассеивание

Рисунок 14 — Пример маркировки

4.9.3 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 другие предметы. Компания самостоятельно определяет объемы маркировки оборудования и упаковки, они должны быть включены в план программы ЭСР-управления. Кроме того, в некоторых соглашениях обговариваются требования к маркировке.

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 15. Другие стандарты по испытаниям материалов требуют, чтобы маркировка наносилась перед приемкой.



Рисунок 15 — Маркировка упаковки

Приложение А
(обязательное)

Пример документа контроля статического электричества в соответствии с ГОСТ Р 53734.5.1—2009 (МЭК 61340-5-1:2007)

А.1 Введение

Цель документа — ознакомить с тем, как должна выглядеть программа ЭСР-управления по ГОСТ Р 53734.5.1. В основе программы — стандартная программа контроля. В большинстве случаев в программе управления используется больше элементов ЭСР-управления. Персонал должен заземляться посредством антистатических браслетов. Рабочие поверхности должны быть заземлены, чувствительные к ЭСР устройства должны помещаться в металлизированные экранирующие пакеты при перемещении между участками. Рассмотрим содержание данной программы, например, для ACME Electronics Factory Ltd.

А.2 Цель

Цель — документировать ключевые административные и технические требования программы ЭСР-управления, применяемой в ACME Electronics Factory Ltd. Эта программа была разработана в соответствии с требованиями ГОСТ Р 53734.5.1.

А.3 Применение

Область применения — производственные помещения и производственные процессы, связанные с обработкой незащищенных чувствительных к электростатическому разряду изделий.

А.4 Ответственность

Компания ACME Electronics Factory Limited назначает координатора, который несет ответственность за данный документ и выполнение всех требований.

А.5 Литература

ГОСТ Р 53734.5.1, приложение А.1
МЭК 61340-2-3 [3]

А.6 Определения

Участок, защищенный от электростатического электричества (УЗЭ) — участок, в котором могут обрабатываться чувствительные к электростатическому разряду устройства (ЧЭСР) с учетом риска повреждений в результате электростатического разряда или поля.

А.7 План программы ЭСР-управления

План программы соответствует требованиям ГОСТ Р 53734.5.1. Приведенные в документе элементы контроля должны гарантировать, что чувствительные к ЭСР устройства, подвергающиеся воздействию разрядов 100 В или выше в соответствии с МЧТ, не будут повреждены. Предполагается, что ЧЭСР-компоненты имеют чувствительность, равную разряду 100 В или выше. Более чувствительные устройства требуют дополнительных мер контроля.

В основе программы ЭСР-управления должны лежать следующие принципы:

- все полупроводниковые электронные компоненты считаются чувствительными к электростатическому разряду;
- любой сотрудник, обрабатывающий незащищенные ЧЭСР-компоненты, должен пройти обучение и проходить повторное освидетельствование каждые 24 месяца;
- 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).

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-компонентами.

Отдел подготовки кадров ACME Electronics Factory Ltd. проводит начальный курс обучения. Программа включает основы электростатического электричества, а также описание элементов ЭСР-управления, применяе-

мых в ACME Electronics Factory Ltd. По окончании курса каждый сотрудник пишет тест, который проверяется сотрудниками отдела подготовки кадров. Тест считается пройденным, если сотрудник 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 менее чем на 80 % вопросов, он проходит дополнительное обучение. Чтобы получить сертификат, сотрудник должен написать тест повторно и ответить на 80 % вопросов. Если сотрудник проходит испытание, в базу данных вносится соответствующая запись. Если сотрудник и во второй раз не отвечает 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 обрабатывают ЧЭСР-компоненты, должны проходить переподготовку каждые 24 месяца. Ежемесячно отдел подготовки кадров составляет список сотрудников, которые должны пройти переподготовку в течение двух месяцев. Сотрудники, занесенные в этот список, и их руководители должны быть уведомлены о необходимости переподготовки и приглашены на соответствующие занятия, проводимые отделом подготовки кадров. По окончании переподготовки сотрудник должен написать тест и ответить 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 месяцев, он не должен допускаться к работе до тех пор, пока успешно не пройдет переподготовку.

А.9 План проверки соответствия

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

ЭСР-координатор обязан определить элементы ЭСР-управления, требующие периодической проверки. ЭСР-координатор также несет ответственность за разработку способов проверки и обучение сотрудников, выполняющих проверку.

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

Примечание — Методы проверочных испытаний можно найти в разделе А.10.

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

Элемент технического контроля	Предел	Методика испытания	Частота испытания	Ответственное лицо
Антистатические браслеты (системное испытание)	$R < 3{,}5 \cdot 10^7$ Ом	ГОСТ Р 53734.5.1—2009 раздел А.1	Ежедневно (перед использованием)	Оператор
Рабочая поверхность	Rg[1)] $< 3{,}5 \cdot 10^9$ Ом	МЭК 61340-2-3 [3]	Каждые 3 месяца	ЭСР-координатор
Соединительная точка антистатического браслета	Rg[1)] < 1 Ом	Раздел А.1 специального документа ACME Electronics Factory Ltd.	Каждые 3 месяца	Отдел качества
Статические генераторы	< 10 000 В/м	Раздел А.2 специального документа ACME Electronics Factory Ltd.	Каждые 3 месяца	Отдел качества
Экранирующие пакеты	Визуальная проверка на предмет повреждений	Выборочный осмотр	Каждые 3 месяца	Отдел качества

[1)] *Rg* — сопротивление к защитной земле.

А.10 Требования к УЗЭ

В программе ЭСР-управления компании ACME Electronics Factory Ltd. под участком УЗЭ понимается рабочий стол, оборудованный заземленной розеткой и имеющий заземленную рабочую поверхность. Рабочий стол имеет специальную маркировку, которая означает, что стол защищен от электростатического разряда. Незащищенные чувствительные к электростатическому разряду изделия должны обрабатываться только на заземленном защищенном столе персоналом, прошедшим обучение и получившим соответствующий сертификат.

Посетители, а также необученные сотрудники должны находиться в производственной зоне только в сопровождении сотрудников, прошедших обучение и получивших соответствующий сертификат. Посетители или необученные сотрудники не должны прикасаться к незащищенным ЧЭСР-компонентам.

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, если измеренное электростатическое поле не превышает 10000 В/м (см. А.11.2). В противном случае их необходимо убирать из рабочей зоны, где обрабатываются ЧЭСР-компоненты, пока измеренное поле не будет меньше 10000 В/м.

А.10.1 План заземления

В качестве эталонного заземления всех элементов ЭСР-управления, применяемых в компании ACME Electronics Factory Ltd., должна быть 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.10.2 План заземления персонала

При обработке ЧЭСР-компонентов персонал должен быть подключен к защитной земле посредством антистатических браслетов. Антистатические браслеты должны плотно прилегать к коже.

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 браслет на предмет исправности.

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

Индивидуальное предписание: Производственный процесс 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, руководство постановило, что ни один сотрудник, выполняющий эту операцию, не должен носить антистатические браслеты. Следует держать готовое изделие за края и избегать контакта с чувствительными к ЭСР устройствами.

В качестве дополнительной меры защиты для снижения уровня заряда рекомендуется установить ионизатор воздуха. Над рабочим местом необходимо поместить следующий знак (рис. А.1).

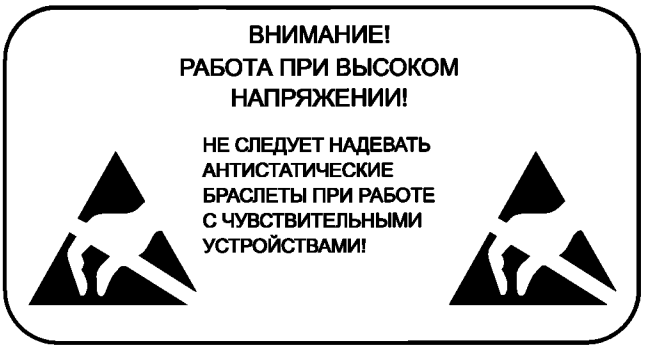


Рисунок А.1 — Знак, указывающий на специальные условия работы

А.10.3 Рабочая поверхность

Все рабочие поверхности внутри участка 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-компонентов.

А.10.4 Упаковка

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

Как только чувствительное к ЭСР изделие прошло испытание, его помещают в экранирующий пакет, запечатывают и кладут в защитный контейнер для транспортировки к заказчику.

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

А.10.5 Маркировка

Компания ACME Electronics Factory Ltd. не получила никаких требований к маркировке от заказчика. На отправляемых заказчику изделиях приведенная ниже маркировка (рис. А.2) 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.11 Способы проверки

А.11.1 Испытание точки подключения антистатического браслета

Оборудование: мультиметр.

Подсоедините один провод мультиметра к защитной земле.

Подсоедините второй провод к точке подключения антистатического браслета.

Включите мультиметр и снимите показания.

Если сопротивление меньше 1 Ом, результат в норме.

Если сопротивление больше 1 Ом, проверьте соединение проводов и, при неоходимости, закрепите.

А.11.2 Проверка на предмет формирования электростатического поля

Оборудование: прибор для измерения электростатического поля.

Включите прибор и установите на ноль.

Измерьте прибором рабочую зону (где размещаются чувствительные к электростатическому разряду устройства). Если показания превышают 10000 В/м, необходимо убрать из рабочей зоны лишние устройства до тех пор, пока измеренное электростатическое поле не станет меньше 10000 В/м.

Приложение Б
(обязательное)

Анализ элементов ЭСР-управления

Б.1 Введение

В основе приведенного в стандарте плана программы ЭСР-управления лежит простая программа, цель которой продемонстрировать, как должна быть написана программа, чтобы она удовлетворяла требованиям ГОСТ Р 53734.5.1. Существует множество других элементов ЭСР-управления, используемых на производствах электроники. В приложении приведены примеры использования дополнительных элементов ЭСР-управления.

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 диэлектриком), если измерения электростатического поля превышают 10000 В/м в месте применения ЧЭСР-компонента. Согласно пункту 5 настоящего стандарта, программа подходит для производств, где осуществляется обработка ЧЭСР-компонентов 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, мониторов электростатического разряда, 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 подразделе описываются наиболее распространенные дополнительные меры ЭСР-управления, широко используемые в электронной промышленности, а также рекомендации по их применению.

Б.1.1 Антистатические полы

Установка антистатических полов или матов, а также ношение антистатической обуви рекомендуется на производствах, занимающихся сборкой, где важна мобильность персонала. Антистатическая обувь и напольные покрытия обеспечивают свободу перемещения персонала в пределах рабочей зоны без ущерба чувствительным к электростатическому разряду компонентам.

Примечание — Убедитесь в том, что комбинация «напольные покрытия — обувь» обеспечивает потенциал тела ниже порога 100 В согласно ГОСТ Р 53734.5.1.

Приведенные ниже графики отображают напряжение, формируемое при использовании трех типов обуви на одном и том же напольном покрытии. Примеры 1 и 3 (рисунки Б.1.а и Б.1.в) неприемлемы для программы контроля в соответствии с требованиями ГОСТ Р 53734.5.1—2009, так как среднее значение пяти пиков напряжений превышает предел 100 В. Пример 2 (рисунок Б.1.б) демонстрирует приемлемую комбинацию «напольные покрытия — обувь».

Б.1.2 Ионизаторы

В приведенном примере программы ЭСР-управления диэлектрики, необходимые для технологического процесса и вызывающие электростатическое поле более 10000 В/м вблизи ЧЭСР-компонентов, приходилось удалять от них. Что делать, если диэлектрики должны находиться вблизи чувствительных к ЭСР устройств? Использование ионизаторов позволяет снижать заряд на диэлектриках, таким образом они могут находиться в непосредственной близости от чувствительных к ЭСР устройств. Использование ионизаторов воздуха во многом зависит от требований производственного процесса.

Б.1.3 Мониторы электростатического разряда

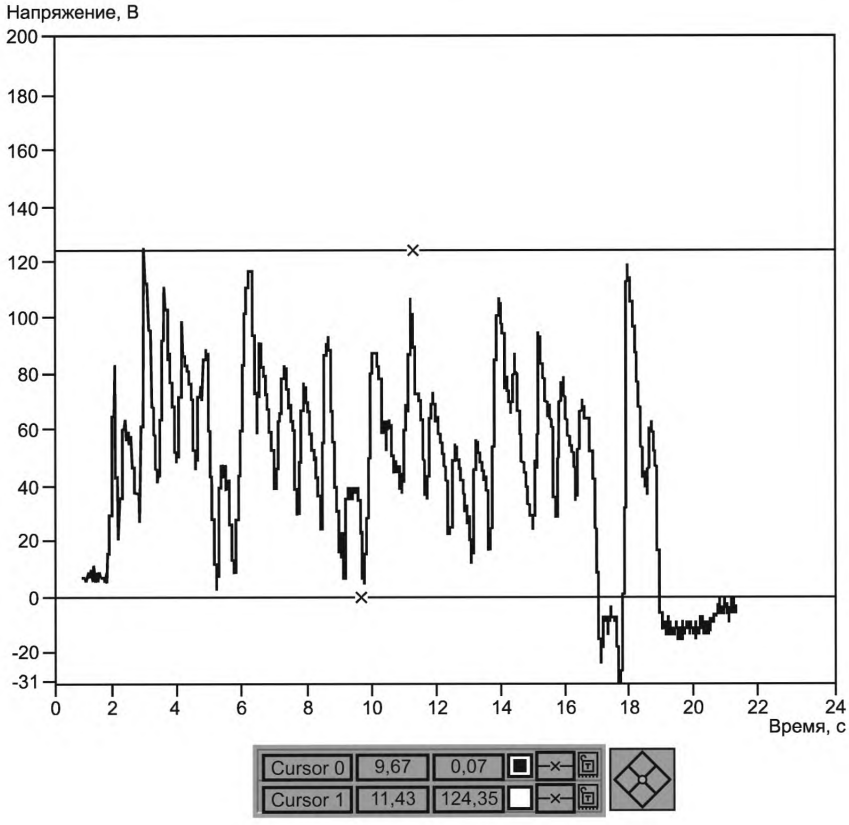
Многие считают, что при работе со сверхчувствительными устройствами требуются мониторы электростатического разряда. В чем различие между мониторами и антистатическими браслетами? Характеристики двух систем абсолютно одинаковы. Преимущество использования мониторов состоит в том, что они не зависят от чувствительности обрабатываемых устройств.

Правильно заземленный браслет обеспечивает напряжение тела сотрудника на уровне 10 В. Преимущество монитора состоит в том, что он сразу же 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. Мониторинг делает программу контроля более надежной, так как помогает снижать или устранять возможные повреждения.

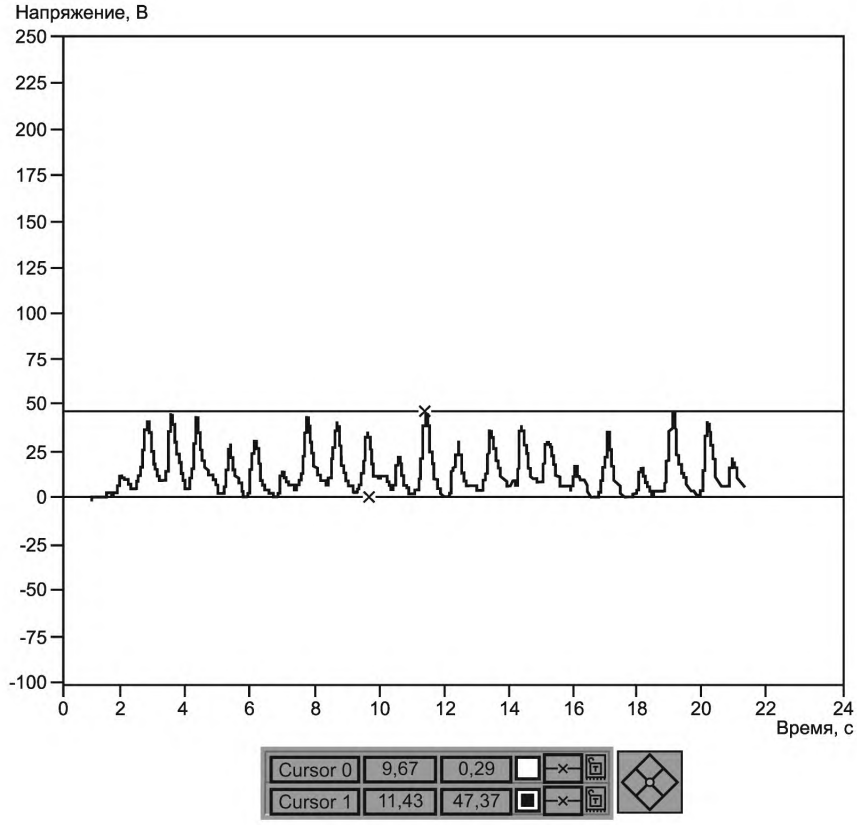
Другие преимущества использования мониторов: отсутствие необходимости регистрироваться в журнале ежедневного испытания браслетов и экономия времени сотрудников.

По сравнению с приборами, которые контролируют соединение рабочих поверхностей с защитным заземлением, имеется возможность устранения проверки рабочих поверхностей при контроле технологического процесса.

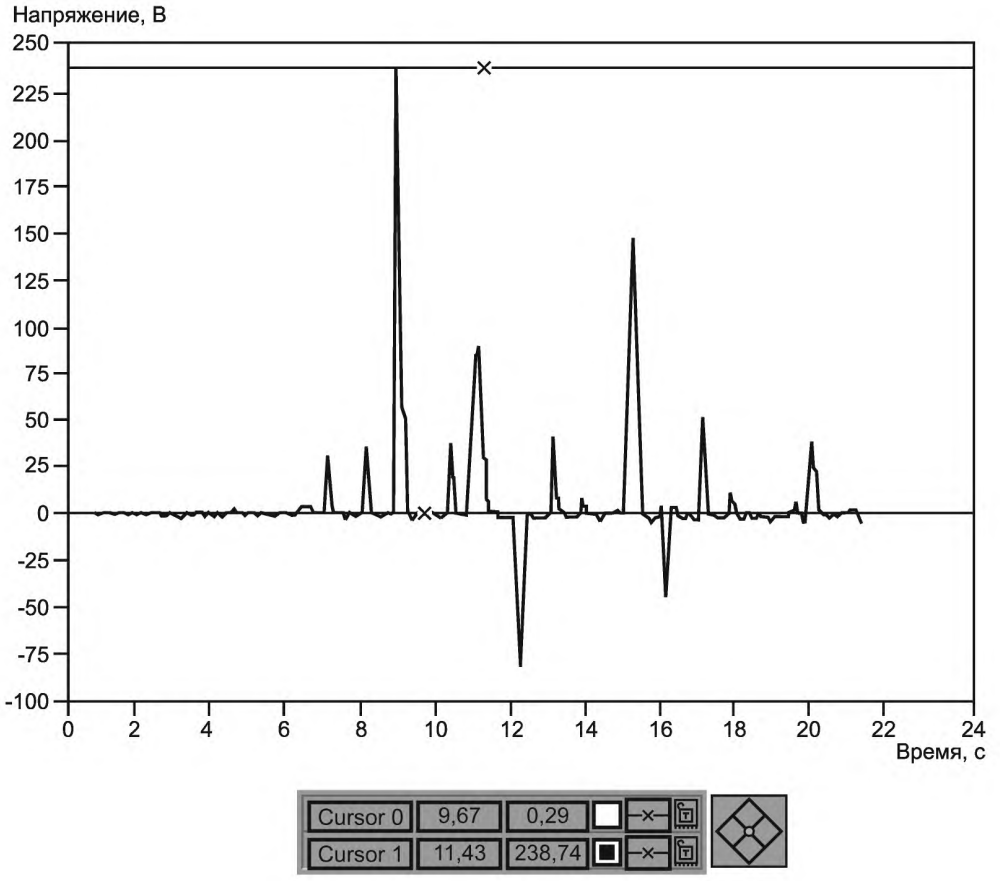
Мониторы электростатического разряда должны быть включены в программу контроля тех организаций, к которым предъявляются высокие требования надежности.


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

Б.1.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

Б.1.б — Пример 2



Б.1.в — Пример 3

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

Библиография

[1] МЭК 60749-26 (IEC 60749-26) Приборы полупроводниковые. Методы механических и климатических испытаний. Часть 26. Испытание чувствительности к электростатическому разряду. Модель человеческого тела
(Semiconductor devices — Mechanical and climatic test methods — Part 26: Electrostatic discharge (ESD) sensitivity testing — Human body model (HBM)

[2] МЭК 61340-2-1 (IEC 61340-2-1) Электростатика. Часть 2-1. Методы испытаний. Способность материалов и изделий рассеивать электростатические заряды
(Measurement methods — Ability of materials and products to dissi pate static electric charge)

[3] МЭК 61340-2-3 (IEC 61340-2-3) Электростатика. Часть 2-3. Методы определения электрического сопротивления твердых плоских материалов, используемых с целью предотвращения накопления электростатического заряда
(Methods of test for determining the resistance and resistivity of solid planar materials used to avoid electrostatic charge accumulation)

[4] МЭК 61340-4-1 (IEC 61340-4-1) Электростатика. Часть 4-1. Методы испытаний для прикладных задач. Электростатические характеристики напольных покрытий и системы полов
(Standard test methods for specific applications — Section 1: Electrostatic behavior of floor coverings and installed floors)

[5] МЭК 61340-4-3 (IEC 61340-4-3) Электростатика.Часть 4-3. Методы испытаний для прикладных задач. Обувь
(Standard test methods for specific applications — Footwear)

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

[7] МЭК 61340-4-9 (IEC 61340-4-9) Электростатика. Часть 4-9. Методы испытаний для прикладных задач. Одежда
(Standard test methods for specific application — Garments)

[8] МЭК 61340-4-7 (IEC 61340-4-7) Электростатика. Часть 4-7. Методы испытаний для прикладных задач. Ионизация
(Standard test methods for specific application — Ionization)

УДК 621.316.9:006.354 ОКС 29.020

Ключевые слова: электростатика, разряд, компонент, ЭСР-управление

Редактор *Т.М. Кононова*
Технический редактор *Н.С. Гришанова*
Корректор *В.И. Варенцова*
Компьютерная верстка *Л.А. Круговой*

Сдано в набор 20.12.2010. Подписано в печать 21.02.2011. Формат 60 × 84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 6,05. Уч.-изд. л. 5,90. Тираж 141 экз. Зак. 115.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru
Набрано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» на ПЭВМ.
Отпечатано в филиале ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6.

gost.e-ecolog.ru