

## Новые российские стандарты в области ESD-защиты

Дмитрий ТРЕГУБОВ  
dt@esd-expert.ru

**Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии приказами № 1198-Ст и 1199-Ст от 15.12.2009 года утвердило разработанные российским техническим комитетом ТК072 «Электростатика» стандарты ГОСТ Р 53734.5.1-2009 «Электростатика. Часть 5-1. Защита электронных устройств от электростатических явлений. Общие требования» и ГОСТ Р 53734.5.2-2009 «Электростатика. Часть 5-2. Защита электронных устройств от электростатических явлений. Руководство пользователя».**

Несмотря на то, что уже многие годы передовые российские производители электроники применяют на своих предприятиях меры по антистатической защите, в России до последнего времени не существовало современных государственных стандартов, регламентирующих защиту электронных устройств от электростатических явлений. При отсутствии единых правил каждое предприятие по своему усмотрению решало, а зачастую не решало, вопросы с обеспечением ESD-защиты. Часто просто закупалась промышленная мебель, причем нередко в обычном, неантистатическом исполнении, антистатические браслеты сомнительного качества, и считалось, что предприятие защищено от этой проблемы. Чуть далее заходили те предприятия, на которых, кроме технической организации, присутствовали административные элементы программы ESD-защиты, например регулярно проверялось сопротивление браслетов. К третьей, самой многочисленной группе компаний можно отнести те предприятия, у которых самостоятельно внедренная программа ESD-защиты основывалась на требованиях международных стандартов. Такие предприятия в своей деятельности были вынуждены опираться на стандарты IEC 61340-5-1 и 61340-5-2 в части мер антистатической защиты.

В целом, отсутствие отечественных стандартов в данной области приводило к игнорированию многими предприятиями современных требований к производству электронных изделий, большому влиянию «человеческого фактора». Результатом этого зачастую становился большой процент брака, в том числе и в электронике для ответственных применений, а также низкая конкурентоспособность отечественных электронных изделий.

В настоящий момент благодаря разработке и утверждению отечественных нормативных документов в этой области данный разрыв устранен. Научно-технический уровень утвержденных стандартов достаточно высок и соответствует современному состоя-

нию техники в области защиты оборудования от воздействия разрядов статического электричества. Новые российские стандарты соответствуют своим международным аналогам с учетом адаптации к существующей системе государственной и отраслевой нормативной документации и другим отечественным реалиям.

Новые стандарты явились следствием работы созданного в 2008 году технического комитета по стандартизации «Электростатика» (ТК 72). В настоящее время технический комитет продолжает работу по разработке и внедрению других стандартов в области электростатики.

Помимо разработки вышеупомянутых стандартов, Технический комитет № 72 ведет активную политику по интеграции в мировое сообщество. Результатом этой интеграции стал тот факт, что сегодня 6 представителей российских организаций по стандартизации, технологию электронного производства, изготовлению антистатического оборудования, испытательных лабораторий входят в состав международной организации по стандартизации — технического комитета Международной Электротехнической Комиссии TC101 “Electrostatics”. И дело здесь не только в статусе: теперь российские эксперты могут участвовать в обсуждении, предлагать свои решения и голосовать за внедрение обновленных или вновь принимаемых международных стандартов по электростатике, а также незамедлительно переносить изменения в отечественные технические регламенты.

Итак, рассмотрим основные разделы принятых стандартов — их содержание, национальные особенности, отличия от устаревших отраслевых стандартов, а также практические аспекты применения.

### Область применения

Какие же организации теперь будут обязаны применять стандарты ГОСТ Р 53734.5.1 и 5.2? Это предприятия, которые осуществляют:

- изготовление, технологическую обработку, маркировку, упаковку (производители электронных компонентов и интегральные микросхемы);
- монтаж, упаковку (сборочные производства с использованием автоматической и ручной установки компонентов);
- упаковку, маркировку и транспортировку (поставщики электронных компонентов);
- обслуживание и тестирование (сервисные центры, различные испытательные лаборатории, разработчики PЭА);
- другие действия с электрическими и электронными компонентами, узлами и оборудованием, восприимчивым к воздействию электростатических разрядов.

Как же узнать, работает ли ваша организация с такими компонентами или нет? Очень просто: ESD-чувствительность должна быть указана либо на упаковке применяемых компонентов, либо оговорена в технических условиях на радиоэлектронное изделие.

Допустим, что вы определились: да, наша организация действительно работает с чувствительными компонентами. Что же дальше? Необходима ли полная перестройка всего производства или только складского помещения? Потребуется ли значительные финансовые вливания для приведения организации в соответствие с требованиями стандартов?

Дело в том, что стандарты ГОСТ Р 53734.5, с одной стороны, определенно прописывают требования к элементам антистатической защиты, а с другой стороны, дают организации возможность выбрать посильную в финансовом плане ESD-программу в зависимости от профиля деятельности. Очевидно, что, например, ESD-программы поставщика электронных компонентов и сборочного производства будут сильно отличаться по применяемым защитным элементам.

### Терминология

Раз уж мы будем пользоваться отечественными стандартами, позвольте познакомить

вас с относительно новыми терминами и определениями. Они будут встречаться наряду со ставшими привычными сокращениями, такими как ESD (ElectroStatic Discharge), ESDS (ElectroStatic Discharge Sensitivity) и EPA (ESD Protected Area). Итак:

- ЭСР — электростатический разряд (аналог термина ESD);
- ЧЭСР — чувствительные к электростатическому разряду компоненты (аналог термина ESDS);
- УЗЭ — участок, защищенный от электростатического разряда (аналог EPA).

Соответственно, термин «ESD-Control» будет звучать как «ЭСР-управление».

### Требования к программе ЭСР-управления

В каждой организации существует свой уникальный производственный процесс, поэтому для создания оптимальной программы ЭСР-управления требуются различные элементы, а значит, программы ЭСР-управления будут индивидуальными.

Однако любая программа ЭСР-управления, созданная с учетом требований стандарта ГОСТ Р 53734.5.1, должна минимизировать повреждения изделий, чувствительных к воздействию электростатических разрядов, равных или более 100 В при использовании модели разряда «человеческое тело» (Human Body Model).

С чего же начать? Во-первых, назначить ЭСР-координатора, обучить его на специальных курсах. Во-вторых, необходимо определить уровень чувствительности компонентов к ЭСР и, оценив технологические и производственные процессы, составить программу ЭСР-управления. Другим вариантом создания программы ЭСР-управления или ее корректировки является привлечение внешней организации, также целесообразно проведение предварительного и периодического ESD-аудита, при котором обнаруживаются и корректируются несоответствия программы ЭСР-управления требованиям стандартов.

Базовая программа ЭСР-управления, как правило, включает в себя: заземляемые рассеивающие рабочие поверхности, заземленные персонала с помощью антистатических браслетов, применение персоналом ESD защитной одежды и перчаток, защитную экранирующую упаковку для перемещения чувствительных к ЭСР компонентов от одного процесса к следующему.

Комплексная программа ЭСР-управления расширяется за счет добавления к предыдущему списку следующих наиболее важных позиций: заземление персонала через антистатическое стулья, антистатическое напольное покрытие и ЭСР-защитную обувь, ионизация воздуха на каждом рабочем месте, где происходит манипуляция с особо чувствительными элементами, и прочее.

Решение о том, какую программу контролировать использовать, принимается компанией.

Перечислим некоторые из вопросов, которые нужно при этом рассматривать: ценность изготавливаемых изделий, требования относительно надежности изделия, предъявляемые заказчиком, и ЭСР-чувствительность обрабатываемых изделий.

Например, если в вашей деятельности применяются элементы с чувствительностью до 30 В (I степень по отечественной классификации), то очевидно, что при применении стандартной программы, обеспечивающей работу с устройствами чувствительностью до 100 В, мы не сможем гарантировать полную безопасность изделию. В таком случае при извлечении такого чувствительного компонента из экранирующей упаковки необходимо применять ионизаторы, которые нивелируют заряды на окружающих предметах до приемлемого уровня.

### ЭСР-координатор

Организация должна назначить лицо, отвечающее за выполнение требований настоящего стандарта, включая разработку, документирование, поддержание и проверку соответствия программы ЭСР-управления. Это может быть как отдельная штатная единица, так и совмещение обязанностей, как правило, для сотрудников метрологических служб или отделов качества предприятия. Эта должность для подтверждения полномочий требует прохождения специальных курсов ЭСР-координатора.

### План программы ЭСР-управления

В плане выполнения программы ЭСР-управления обязательно должны быть рассмотрены следующие составные части:

- обучение;
- проверка соответствия;
- заземление;
- заземление персонала;
- участки, защищенные от электростатического разряда;
- упаковка;
- маркировка.

### План обучения

В этом разделе отражены принципы проведения обучения, периодичность и оценка результатов. Одна из важных задач обучения — осознание персоналом, что предотвращение ЭСР-рисков является важным моментом производственного процесса.

Обучение гарантирует, что персонал будет знать, как работать в соответствии с планом программы ЭСР-управления. Здесь важно не превратить процедуру обучения в формальную процедуру или средство для генерации штрафов. Как известно, при грамотном использовании средств ESD-защиты коэффициент возврата инвестиций удваивается. Следует обратить внимание не только на обу-

чение новичков, недавно пришедших на предприятие, но и поддержание соответствующего уровня знаний и навыков всех работников. Для каждой отдельной службы выполнение программы ЭСР-управления трансформируется в набор несложных правил. Для работников склада это, прежде всего, порядок извлечения и упаковки компонентов, для персонала, занятого ручным трудом, — использование браслета, халата и обуви и т. д.

### План проверки соответствия

В любой системе качества, в том числе и основанного на ESD-защите, внутренние проверки — это обязательный элемент. Чтобы гарантировать эффективное выполнение требований программы ЭСР-управления, необходимо регулярно проверять элементы программы, как технические, так и организационные, на соответствие сформулированным в стандарте требованиям. На одном из предприятий при проведении внешнего ESD-аудита выяснилось, что 25% сотрудников вообще не пристегивали браслет к колодке заземления, а из оставшихся только 10% соответствовали такому параметру, как сопротивление системы. В большинстве случаев сотрудники применяли браслет без проводящей ткани, и несоответствие было обусловлено неплотным прилеганием небольшой металлической пластинки к руке.

Для проверки соответствия на предприятии создается группа из нескольких экспертов, лучше, если среди них будут лица, не являющиеся ЭСР-координаторами. При необходимости, если опыта таких проверок не было или такую проверку инициирует заказчик, особенно зарубежный, целесообразно воспользоваться услугами внешней компании, которая проводит независимый ESD-аудит.

Согласно стандарту план проверки соответствия содержит следующие пункты:

- Используемые элементы ЭСР-управления.
- Частота проверок элемента на соответствие спецификации, тип проверок.
- Допустимые пределы для каждого используемого элемента ЭСР-управления.
- Методы испытания, 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.
- Кто должен проводить контрольные измерения.
- Что нужно делать при выявлении несоответствий.

### Системы заземления / эквипотенциального соединения

На различных предприятиях, которые автору довелось проверять на предмет со-

ответствия требованиям стандарта, состоящие в заземлении варьировались от полного отсутствия отдельного контура заземления до использования своей, специально созданной системы заземления. В разделе стандарта представлены три имеющих право на существование варианта:

- заземление с использованием защитного заземления;
  - заземление с использованием функционального заземления;
  - эквипотенциальное соединение,
- а также приведены примеры систем заземления, реализованные в других странах.

Например, если на предприятии нет возможности организовать защитное или функциональное заземление, все элементы ESD-защиты соединяются в одной точке, чтобы уравнивать потенциалы, разность которых и вызывает электростатический разряд.

### Заземление персонала

Существует два способа заземления. Первый — это использование антистатических браслетов, второй — использование системы «напольное покрытие — обувь».

При работе с чувствительными к ЭСР изделиями персонал обязательно должен иметь заземление с помощью браслета или обуви. Очевидно, что для гарантированного заземления персонала целесообразно использовать оба этих варианта одновременно. Тем не менее есть специально оговоренные случаи, когда разрешено использование только комбинации в виде обуви и специального покрытия пола, например при работе с электроустановками с напряжением питания, превышающим 250 В, или при необходимости перемещения персонала.

### Участки, защищенные от электростатического разряда

Участок, защищенный от электростатических разрядов (УЗЭ или ЕРА), — это участок, оборудованный элементами ЭСР-управления, необходимыми для снижения вероятности повреждения чувствительных к ЭСР компонентов.

В этих разделах стандарта описываются отдельные элементы ЭСР-управления, которые можно использовать при разработке программы ЭСР-управления в соответствии с ГОСТ Р 53734.5.1:

- рабочие поверхности;
- антистатические браслеты;
- антистатические напольные покрытия;
- обувь;
- антистатические стулья;
- ионизация;
- одежда;
- стеллажи для хранения;
- транспортировочное оборудование.

Некоторые способы снижения ESD-опасности, приведенные в данном разделе,

значительно глубже рассмотрены по сравнению со старыми государственными и отраслевыми стандартами.

Несомненную важность представляют подробно раскрытые принципы такого относительно экзотического способа снижения вероятности возникновения электростатических разрядов, как ионизация.

Приведем еще одно важное отличие. Ранее, согласно требованиям отраслевых стандартов, на рабочем месте широко применялся металлический заземленный лист. В новом стандарте указано, что такой предмет ESD-защиты может быть опасен в случае повреждения по модели «заряженное устройство», поскольку имеет небольшую величину поверхностного сопротивления. Поясним механизм возникновения такого разряда. Не секрет, что многие отечественные организации поставляют свои компоненты, например конденсаторы, в несоответствующей упаковке — обычном полиэтиленовом пакете. Поскольку такая упаковка выполнена не из слабозаряжающихся материалов, то в момент транспортировки при трении пакета о поверхность тары и при трении компонентов внутри этого пакета неизбежно возникает заряд. При извлечении сотрудником заряженного компонента на расположенный на рабочем месте металлический лист или в непосредственной близости с ним и может произойти разряд по модели «заряженное устройство», с конденсатора на металл. В случае, когда на рабочем месте используется рассеивающий заземленный коврик, опасности такого разряда не будет, так как поверхностное сопротивление коврика отличается в большую сторону от сопротивления металлического проводника.

В таблице 1 приведены требования к некоторым элементам ESD-защиты, необходимым для создания участка ЕРА.

Таблица 1. Требования к некоторым элементам ESD-защиты

Элемент ЭСР-управления	Проверка соответствия	
	На основании способа измерений	Пределы
Рабочие поверхности, стеллажи хранения и тележки	IEC 61340-2-3	$R_g < 1 \times 10^9 \text{ Ом}$
Пол	IEC 61340-4-1	$R_g < 1 \times 10^9 \text{ Ом}$
Ионизация	ANSI/ESDSTM3.1	Ослабление с 1000 до 100 В $T < 20 \text{ с}$ Напряжение смещения $U_{\text{offset}} < \pm 50 \text{ В}$
Стул	IEC 61340-2-3	$R_{gp} < 1 \times 10^{10} \text{ Ом}$
Одежда	ANSI/ESDSTM 2.1	$R_{p-p} < 1 \times 10^{12} \text{ Ом}$

### Упаковка

На страницах раздела подробно раскрыта информация, представляющая важность для отделов логистики. Рассмотрены виды упаковки, а также целесообразность применения упаковки из материалов, технические параметры которых указаны в таблице 2.

Таблица 2. Материалы упаковки

Материал упаковки	Метод тестирования	Требуемый диапазон
Статически рассеивающий	IEC 61340-2-3	$1 \times 10^5 \leq R_s < 1 \times 10^{11} \text{ Ом}$
Проводник	IEC 61340-2-3	$1 \times 10^2 \leq R_s < 1 \times 10^5 \text{ Ом}$
Диэлектрик	IEC 61340-2-3	$R_s \geq 1 \times 10^{11} \text{ Ом}$
Экранирующий разряд	ANSI/ESD STM 11.31	$< 50 \text{ нДж}$

Обращение с ЧЭСР-устройствами допустимо только на рабочем месте, свободном от электростатического заряда. Вне участка, защищенного от электростатических разрядов, ЧЭСР-устройства должны быть защищены при помощи экранирующей упаковки.

### Приложения

Приложение А стандарта ГОСТ Р 53734.5.1 содержит «Метод испытания браслета» и «Методику испытания обуви». Приведены методики ежедневных испытаний рассмотренных выше способов заземления персонала как наиболее важного элемента ЭСР-управления.

В приложении А стандарта ГОСТ Р 53734.5.2 приведен пример программы ЭСР-управления конкретного предприятия — ACME Electronics Factory Ltd. Обычно, даже прочитав и уяснив требования стандарта, ответственный сотрудник испытывает затруднения при создании регламентирующих документов или инструкций. Прочитав же это приложение, можно достаточно быстро создать свою версию программы ЭСР-управления, просто скопировав приведенную для примера программу, либо добавив в нее учитывающие специфику предприятия пункты.

В приложении В стандарта ГОСТ Р 53734.5.2 описываются наиболее распространенные дополнительные меры ЭСР-управления, широко используемые в электронной промышленности, а также рекомендации по их применению. Это антистатические напольные покрытия, ионизаторы и мониторы электростатического разряда.

### Заключение

Утверждение отечественных стандартов в области электростатической защиты является важнейшим событием для радиоэлектронной промышленности России. Нет никаких сомнений, что следствием внедрения данных стандартов станет повышение качества и надежности российской электроники, что особенно важно в свете стремления государства к созданию конкурентной отечественной экономики. Однако надо понимать, что само по себе принятие стандартов не является панацеей. Необходимо эффективное выполнение этих технических законов на всех предприятиях российской электронной индустрии и понимание, что ЭСР-управление сегодня является неотъемлемой частью культуры электронного производства. ■