

АНТИСТАТИЧЕСКОЕ  
ОСНАЩЕНИЕ HI-TECH

# 1. Базовые понятия

Статическое электричество — невидимый «киллер» микроэлектронных изделий, наносящий ощутимые убытки при недооценке его силы. Несмотря на то, что электростатический разряд является переносчиком небольшого количества энергии, большая разность потенциалов и высокая скорость их изменения влекут образование токов, достаточных для мгновенного выхода из строя чувствительной электроники или нанесения кристаллу изначально незаметных повреждений. Следствием таких повреждений является деградация параметров — постепенный отказ, крайне сложный для локализации. Итог — финансовые потери, порой сопровождающиеся потерей репутации. Для превентивного решения проблем имеет смысл оснастить рабочее место средствами антистатической защиты.

## ПРИРОДА ЯВЛЕНИЯ

Когда образуется электростатический заряд? Несколько примеров: при влажности воздуха 65-90% директор, шагающий по ковровой дорожке, генерирует потенциал до 1000 В; радиомонтажник, ерзающий на стуле с полиэтиленовым покрытием — до 1500 В, а его начальник, поднимающий со стола портфель из синтетического материала — до 1200 В. При влажности 10-20% значения напряжений составляют соответственно 35000 В, 18000 В и 20000 В, в то время как для некоторых изделий микроэлектроники потенциал в сотни вольт fatalен. Три способа образования электростатического заряда:

### Трибоэлектрический

При соприкосновении и разделении двух объектов один всегда заряжается положительно, другой — отрицательно. Пример: контакт обуви с полом при ходьбе приводит к образованию статического потенциала на идущем работнике.

### Индукционный

При перемещении заряженного объекта вблизи незаряженного в последнем генерируется статический заряд с противоположным знаком и, как следствие, возникают индукционные токи. Пример — прикосновение рукой, несущей высокий заряд, к корпусу ESD-чувствительной микросхемы (как правило,

самой дорогостоящей). Обратите внимание: для повреждения кристалла индукционными токами не обязательно даже прикасаться рукой непосредственно к выводам корпуса микросхемы.

### Емкостной

Заряд есть произведение напряжения на емкость, поэтому при постоянной величине заряда уменьшение емкости влечет рост потенциалов разводимых поверхностей. Кошмарный эпизод: размотка рулона полиэтилена на упаковочном столе дистрибьютора электронных компонентов.



## СИМВОЛИКА

Согласно стандарту IEC60417 черным треугольником с желтой перечеркнутой кистью руки обозначаются объекты, чувствительные к воздействию разряда статического электричества. Этот же символ используется в качестве предупреждающего знака на табличках и наклейках, имеющих желтое поле с черной линией по периметру и текстовую надпись, а также на маркерах границ зон антистатике (скотче и вывесках). Черным треугольником с перечеркнутой рукой, заключенным тонкой линией сверху в полукруг, маркируются средства защиты от воздействия разрядов статического электричества (например, упаковочные пакеты).

## ТЕРМИНЫ И СОКРАЩЕНИЯ

**ESD** (electrostatic discharge) — разряд статического электричества;

**EPA** (ESD protected area) — ESD-защищенная зона;

**electrostatic conductive** — материал с поверхностным сопротивлением в диапазоне от 100 Ом до 10 кОм, понимаемый применительно к ESD как проводящий (электропроводный, токопроводящий);

**electrostatic dissipative** — материал с поверхностным сопротивлением в диапазоне от 10 кОм до 100 ГОм, называемый по терминологии ESD рассеивающим;

**insulator** — материал с поверхностным сопротивлением выше 100 ГОм, называемый изолятором или диэлектриком.

Средство защиты называется антистатическим (**ESD-approved**), если оно защищает от

— неконтролируемого непосредственного разряда любого заряженного объекта через защищаемый;

— неконтролируемого непосредственного заряда или разряда самого защищаемого объекта;

— неконтролируемого трибозлектрического или индукционного заряда защищаемого объекта.

Внутри защищенной зоны не должно быть разностей потенциалов более 100 В/см. Следует использовать только антистатические **материалы**, обеспечить достаточную **влажность** и надежное **заземление**, по возможности удалить все незаземляемые объекты и материалы из рабочей зоны (пример допустимых исключений: кнопки приборов на расстоянии не менее 0,5 м от рабочей зоны). Образующийся заряд на диэлектриках (материалах с поверхностным сопротивлением более 100 ГОм, заземление которых бесполезно для стекания заряда) следует нейтрализовать **ионизацией** воздуха.

Строго говоря, пропуском в ESD-защищенный мир является полное антистатическое оснащение, однако никому еще не удавалось решить одним махом все проблемы. Поэтому не обращайте внимания на экстремистские лозунги «все или ничего»: продвигайтесь к цели уверенно, шаг за шагом, и уже скоро вы сможете насладиться первыми плодами своих инвестиций.

## С ЧЕГО НАЧАТЬ

Определите, какую часть помещения вы будете оборудовать согласно требованиям антистатике в первую очередь. Оснащать помещение целиком иногда совсем не обязательно, да и слишком дорого из-за стоимости покрытия всей площади пола токопроводящим «линолеумом». Границы защищенной зоны EPA следует непременно разметить, и внутри зоны соблюдать **правила поведения**, порой отличные от тех, которые допустимы в обычной жизни. Первостепенное значение имеют **свойства объектов** в антистатической зоне. Взглянув на рисунки, вы без труда распознаете, где и как применяются разнообразнейшие принадлежности. Казалось бы, достаточно заглянуть в прайс-лист для конкретики, и проблему можно считать если не решенной, то легко решаемой. В принципе, так оно и есть, если бы не вмешалась «одна маленькая, но гордая птичка» — человеческий фактор. Именно этим фактором обусловлено присутствие второго (возможно, главного) раздела брошюры. Прочтите его неспешно.

## Стандарты ИЕС

Справка: **ИЕС** — Международная электротехническая комиссия (International Electrotechnical Commission)

**ИЕС 61340-5-1** Electrostatics, Part 5-1: Protection of electronic devices from electrostatic phenomena. General requirements (1998)

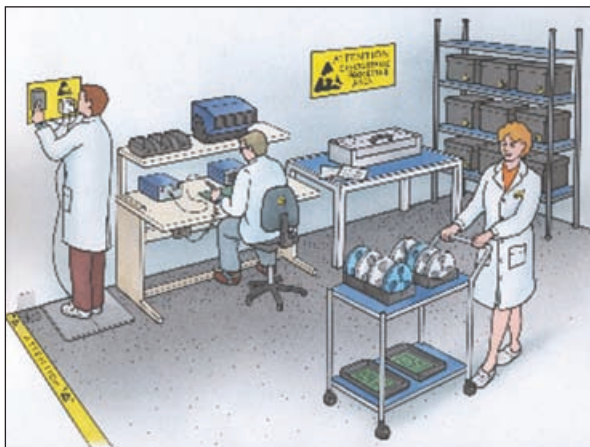
**ИЕС 61340-5-2** Electrostatics, Part 5-2: Protection of electronic devices from electrostatic phenomena. User guide (1999)

**ИЕС 61340-4-1** Electrostatics, Part 4-1: Standard test methods for specific applications. Electrostatic behavior of floor coverings and installed floors (1995)

**ИЕС 61340-4-3** Electrostatics, Part 4-3: Standard test methods for specific applications. Footwear (2001)

**ИЕС 61340-2-1** Electrostatics, Part 2-1: Measurement methods - ability of materials and products to dissipate static electric charge (2002)

**ИЕС 61340-2-3** Electrostatics, Part 2-3: Methods of test for determining resistance and resistivity of solid planar materials used to avoid electrostatic charge accumulation (2000)



## НОРМАТИВЫ

Начальное представление о действующих международных нормативах в области антистатического оснащения можно получить из таблицы, которая *частично* извлечена из стандарта IEC61340-5-1. Для наиболее исчерпывающей и корректной трактовки приведенных в ней значений параметров необходимо иметь в виду *условия тестирования*, которым в стандарте посвящен целый раздел. С учетом коммерческого распространения стандарта, в рамках данной брошюры мы не можем ставить такую задачу, да и рамки брошюры пришлось бы раздвигать до размера внушительного книжного тома.

Типы объектов в антистатической зоне	Поверхностное сопротивление или сопротивление точка-точка	Проходное сопротивление к земле или точке заземления антистатической зоны	Время стекания заряда (для объектов с сопротивлением более 10 ГОм и изоляторов)
Настольные покрытия складские полки, транспортные тележки	10 кОм — 10 ГОм	750 кОм — 1 ГОм	
Покрытие пола		Не выше 1 ГОм. Ограничение снизу определяется требованиями электробезопасности. При использовании обуви и покрытия пола как <i>первичного</i> средства заземления общее сопротивление рекомендуется в пределах 750 кОм — 35 Мом	
Обувь в рабочем состоянии (сопротивление на металлической плите) в качестве <i>первичного</i> или <i>вторичного</i> средства заземления		50 кОм — 100 Мом (для пары) и 100 кОм — 100 Мом (одна). При использовании обуви и покрытия пола как <i>первичного</i> средства заземления общее сопротивление рекомендуется в пределах 750 кОм — 35 Мом	
Предметы одежды (халаты, брюки и т.п.)	Не выше 1000 ГОм. Ограничение снизу определяется требованиями электробезопасности		от 1000 В до 100 В не более 2 секунд
Сиденье стула		не выше 10 ГОм	
Браслет (отдельно, до разъёмной клипсы)		не выше 10 кОм	
Шнур для браслета	750 кОм — 5 Мом из расчета напряжения питающей сети 230 В переменного тока; мощность резистора не менее 0,25 Вт		
Браслет со шнуром в системе заземления		750 кОм — 35 Мом	
Инструменты		Не выше 1000 ГОм. Ограничение снизу определяется требованиями электробезопасности	от 1000 В до 100 В не более 2 секунд
Ионизаторы			Нейтрализация заряда в зоне действия: от 1000 В до 100 В не более 20 секунд

## 2. Организационные аспекты

Человек — критическое звено любой системы защиты: его некомпетентное или халатное отношение к делу может свести на нет любые инвестиции в техническое оснащение. Как минимизировать влияние свободолюбия на технологический процесс? Просветительская работа с персоналом, ежедневный мониторинг и периодический аудит призваны вместе решать эту непростую задачу. Приводимый ниже обзор по материалам зарубежных источников поможет вам на начальном этапе формирования комплексной ESD-программы. Определяющим международным документом по данному направлению считается IEC61340-5-1 (в России над ним доминируют отраслевые стандарты, также доступные коммерчески). Усилия по обучению персонала базовым понятиям и нормам поведения приносят ощутимую отдачу через повышение культуры производства и снижение брака — как оперативно выявляемого, так и до поры скрытого в лабиринтах полупроводникового кристалла.

### КТО ВИНОВАТ

Ответственность за соблюдение норм IEC61340-5-1 как слагаемого системы контроля качества ISO9000 лежит на высшем руководстве предприятия. Приказом руководителя назначается ESD-координатор, проводящий в жизнь комплекс работ по антистатической защите и напрямую подотчетный высшему руководству. В функции ESD-координатора входит:

- обеспечение персонала необходимой информацией об ESD-программе конкретного предприятия и применяемых положениях стандарта IEC61340-5-1;
- определение перечня необходимых технических средств ESD-оснащения;
- определение зон на предприятии, подлежащих ESD-защите;
- обучение персонала, контроль соответствия знаний и навыков по линии ESD;
- проверка соответствия технических средств и процедур утвержденным нормативам;
- ведение регистрационных записей и отчетов по направлению ESD;
- принятие решений о методике и периодичности мониторинга и аудита.

Персонал предприятия, оперирующий с ESD-чувствительными компонентами, обязан неукоснительно знать и соблюдать правила обращения с ними, понимать свою ответственность и докладывать ESD-координатору о нарушениях функционирования технических средств или норм поведения в рабочей зоне.

### ЧТО ДЕЛАТЬ

Опыт зарубежных экспертов, изложенный в докладах и методических публикациях по теме ESD, позволяет выделить как минимум семь факторов успешной реализации ESD-программы на предприятии.

1. **Реалистичная постановка задачи.** Техническое задание на построение системы ESD-защиты на предприятии должно быть изложено понятным языком, ибо оно является основой для плана реализации, распределения обязанностей и материальных ресурсов.

2. **Эффективный план действий.** Любая, даже самая прогрессивная ESD-программа оснащения предприятия останется на бумаге, если не разработан конкретный план ее реализации, зафиксированный в письменном виде и согласованный с вовлеченными субъектами. На основе плана разрабатывается график работ с указанием поставщиков, субконтракторов и исполнителей — так чтобы руководитель предприятия реально представлял себе общую картину целей, приоритетов, задач, видов и объемов работ по направлению, а также мог периодически лично контролировать их выполнение.

3. **Политическая воля руководства.** Для практической реализации ESD-программы необходимо заручиться поддержкой на всех уровнях руководства крупной компании и непременно иметь убежденного сторонника в лице ее высшего руководителя. В противном случае не исключен саботаж со стороны тех, кому ESD-программа прибавит забот и осложнит жизнь. Согласованная позитивная позиция руководителей всех уровней должна быть обязательно представлена в наглядной форме коллективу предприятия и регулярно находить свое подтверждение в мероприятиях.

4. **Долгосрочность стратегии.** Проблему комплексной антистатической защиты невозможно решить наскоком. На начальной стадии и особенно в крупных компаниях критически важным является выполнение совокупности работ по линии ESD высококвалифицированным персоналом на постоянной основе. Изучение технологии, выбор и установка оборудования, разработка методических указаний, документации и учебной программы — все это требует пристального внимания и немалых усилий. Дело осложняется тем, что большинству работников риски ESD кажутся абстрактными, а первый руководитель не всегда отдает приоритет финансированию ESD-программы.

5. **Обучение персонала** является одним из важнейших факторов ESD-программы и с лихвой оправдывает инвестиции, если проводится не «для галочки». На начальной стадии и в результате

аудиторских проверок определяется, кого и чему необходимо обучать, и как оценивать уровень знаний обучаемого персонала на соответствие его служебным функциям.

**6. Непредвзятый аудит** должен базироваться на измерениях и формализованных процедурах. Аудитор должен быть компетентным и независимым специалистом, способным противостоять возможному прессингу со стороны заинтересованных лиц. Его задача — представить правдивый отчет о выявленной на предприятии ситуации. Разумеется, аудитор должен быть оснащен всеми необходимыми приборами и владеть методикой измерений. В результате периодических инспекций выявляется причинно-следственная связь между мероприятиями ESD-программы предприятия и совершенством технологического процесса, определяющем качество продукции (выражаемом в количестве и содержании рекламаций, затратами на ремонтные работы). Аудитором выявляются не только нарушения норм поведения персонала, но и несовершенство используемых технических средств, зачастую приобретенных опрочметливо из-за некомпетентности снабженцев или немотивированности их на коллективный успех предприятия. Простой пример: если используемый антистатический браслет создает явный дискомфорт у монтажника, то с большой вероятностью он будет ослаблять этот браслет на руке, а значит заземление будет ненадежным. В такой ситуации адекватным решением является не ужесточение санкций по отношению к монтажнику, а замена модели браслета на более удобную, пусть даже более дорогую, ведь экономия нескольких долларов может обернуться убытками в сотню раз большими! Обобщая этот пример, можно утверждать, что реализация любых элементов ESD-программы без учета человеческого фактора встретит отторжение в рабочей среде и будет обречена на неудачу. Именно поэтому важна просветительская деятельность ESD-координатора и пристальное отношение руководителя подразделения к контролю работы подчиненных с позиции соблюдения норм ESD. Понятно, что при этом и сам начальник должен быть, по крайней мере, не менее образованным в вопросах ESD, чем его подчиненные, а его личный пример должен служить образцом.

**7. Постоянное совершенствование** — это ключевое условие и путь развития ESD-программы предприятия, ибо целью ее является снижение себестоимости продукции за счет улучшения технологического процесса и снижения брака. Последовательность реализации мер ESD-защиты соответствует приоритету выявленных ESD-рисков, и уже на начальном этапе вполне может привести к существенному снижению процента брака. Однако первые успехи на этом пути не должны приводить к стагнации на достигнутом уровне, ибо философия ESD-программы — это постоянное движение к лучшему, а не достижение частной цели.

Обратимся сейчас к пунктам 5 (обучение) и 6 (аудит) в общеметодическом плане, без ориентации на специфику конкретного предприятия.

## КОГО И ЧЕМУ ОБУЧАТЬ

Американский стандарт ANSI/ESD S20.20 ESD Control Program позиционирует обучение персонала как главное административное требование к ESD-программе. Работник должен осознать опасность проявлений статического электричества на рабочем месте (желательно с демонстрацией показаний приборов) и усвоить правила поведения в ESD-защитной зоне. Подобно тому как обучение основам пайки предшествует работе радиомонтажника, ознакомление с основами антистатистики должно предшествовать всякой работе персонала в ESD-защитной зоне. Форма и содержание учебного курса — это дело компании, однако можно привести несколько общезначимых рекомендаций:

- учебный курс должен охватывать всех линейных работников, вовлеченных в процесс закупки, входного контроля, хранения, транспортировки, сборки, пайки, выходного контроля, упаковки и маркировки ESD-чувствительных компонентов и узлов, их прямых начальников, а также руководителей смежных подразделений, имеющих непосредственное отношение к технологическому процессу;

- учебный курс среднего уровня продолжительностью 2 часа должен быть достаточно фундаментальным, то есть не только предписывать практические приемы защиты от статического электричества, но и доходчиво объяснять его физические основы слушателям любой квалификации, а также определять роль и место человека в рамках комплексной проблемы ESD;

- учебный курс должен сопровождаться содержательными печатными материалами (стандартами, методиками, статьями) и убедительными презентациями с привлечением интерактивных CD, видеоклипов, тестовых приборов;

- преподаватель должен иметь достаточную квалификацию, чтобы отвечать на любые вопросы слушателей учебного курса;

- прохождение учебного курса слушателями должно сопровождаться контролем усвоения материала и документальной регистрацией (сертификацией);

- временных посетителей ESD-зон следует предварительно информировать о том, что можно и чего нельзя делать в защитной зоне; способ представления информации такого рода можно считать учебным курсом начального уровня.

Хорошо поставленный курс приносит пользу, удовлетворение и гордость как его разработчикам, так и слушателям.



Обучение персонала, конечно, не исключает полностью рисков ошибки на рабочем месте и в рабочей обстановке, однако снижает их вероятность настолько, что считается самой выгодной статьей инвестиций в ESD-программу предприятия. Более того, грамотные и мотивированные работники могут сами предложить меры по ее усовершенствованию!

## Вопросы для самоконтроля

Ниже приведен фрагмент теста - вопросника среднего уровня. Попробуйте выбрать правильные ответы на десять вопросов без запинки с высоты своего образования.

1. Человеческое тело является: проводником / полупроводником / диэлектриком
2. Человек ощущает покалывание от разряда статического электричества, когда его напряжение равняется (грубо): 300В / 3000В / 30000В;
3. Современные электронные компоненты нечувствительны к разрядам статического электричества напряжением до: 100В / 800В / 3000В;
4. Электростатический заряд генерируется в результате: снижения влажности воздуха / повышения температуры / разъединения поверхностей объектов;
5. Заземление движущегося человека в ESD-зоне осуществляется: ионизацией воздуха в помещении / через обувь и проводящее покрытие пола / обоими путями
6. При отсутствии постоянного монитора заземления антистатический браслет со шнуром положено тестировать: ежедневно / еженедельно / ежемесячно;
7. При транспортировке чувствительных компонентов вне ESD-защищенной зоны необходимо обеспечить: заземление тары / защитную упаковку компонентов / ионизацию воздуха в помещении;
8. Предметы личного пользования (плеер, чайная кружка, семейное фото, и т.п.) в ESD-защищенной зоне: снабжаются специальной этикеткой / никак не выделяются / запрещены;
9. Антистатический халат, служащий для экранирования заряда на нижней одежде оператора, должен быть застегнут: хотя бы на одну пуговицу / на все пуговицы;
10. Неудаляемые диэлектрические объекты в ESD-зоне подлежат: заземлению / обдуву ионизированным воздухом / регулярной влажной протирке.

## ПРАКТИЧЕСКИЙ АУДИТ

Внутрикорпоративный аудит регулярно осуществляется в подразделениях предприятия уполномоченным ESD-координатором. Внешний аудит выполняется независимым органом сертификации или вышестоящей организацией — собственником или заказчиком, заинтересованным в получении достоверной информации о положении дел на предприятии. Аудит выявляет «узкие места» на предприятии, способствует превентивному решению возможных проблем, а также оперативному разрешению тех, что уже дали о себе знать. В итоге оптимизируются ресурсы предприятия, направленные на ESD-оснащение, и оценивается эффективность инвестиций. Обязательная документация результатов аудита является составляющей частью системы менеджмента ISO9000.

Согласно стандарту IEC-61340-5-1 аудиту подлежат следующие объекты и процедуры:

- разметка ESD-защищенной зоны;
- пол как звено системы заземления;
- поверхности мебели рабочего места и стеллажей для складирования;
- рабочая одежда, перчатки;
- рабочая обувь;
- индивидуальные средства заземления (браслет со шнуром);
- ионизаторы;
- инструменты и приборы рабочего места;
- прочие принадлежности рабочего места как элементы системы заземления;
- упаковка и транспортировочная тара;
- электростатические поля в рабочей зоне;
- поведение персонала на рабочем месте;
- содержание и формы обучения персонала;
- ESD-менеджмент и тестовые приборы;
- спецификации на закупку средств ESD-оснащения;
- документооборот по направлению ESD.

Тестовые приборы, используемые в процессе аудита, должны быть достаточно точными, однако к ним не предъявляются столь же высокие требования по точности как к лабораторным исследовательским приборам. В минимальный «джентльменский набор» аудитора входят широкодиапазонный мегаомметр с концентрическими электродами, измеритель напряженности статического поля, тестер средств заземления, гигрометр. Желательно иметь регистратор электрических разрядов и инструментарий для

оценки эффективности действия ионизаторов. Принципиальным условием является наличие у аудитора конкретных значений параметров, которые определены в качестве нормы, ибо при отсутствии таковых невозможно сделать заключение о соответствии результатов измерений нормам. В качестве эталонных можно использовать значения параметров и методики измерения, приведенные в приложениях к стандарту IEC61340-5-1 (книга коммерчески доступна). Для конкретного предприятия возможны вариации, разрабатываемые ESD-координатором и утверждаемые высшим руководителем к исполнению.

Периодичность проверок и перечень инспектируемых объектов находится в компетенции ESD-координатора; один из типовых вариантов приведен ниже.

**Ежедневные проверки:** целостность (проводимость) и степень изношенности антистатических браслетов со шнуром и лодыжечных ремешков заземления на обуви, если таковые используются. Визуальный осмотр используемого инструмента, тары, местоположения и направленности воздушного потока ионизаторов. Необходимо удостовериться в отсутствии запрещенных предметов в пределах ESD-зоны.

**Ежемесячные проверки:** измерение электрических параметров системы заземления (элементов рабочего места, приборов) и производительности ионизаторов (ибо время нейтрализации заряда снижается в процессе загрязнения электродов).

**Полугодовые проверки:** локализация и измерение электростатических полей, проверка целостности знаков разметки зон ESD-защиты;

**Ежегодные проверки:** всесторонний аудит, предпочтительно внешний.

Ниже представлена заготовка типового вопросника, используемого при проведении ежегодного ESD-аудита. Ответы на вопросы количественного характера сопровождаются измерениями, результаты которых фиксируются в установленной форме и сопоставляются с допустимыми значениями. Ответы качественного характера (да/нет) фиксируются в форме комплексного отчета с комментариями аудитора, когда необходимо.

## 1. Заземление и общие вопросы организации ESD-защищенных зон

- 1.1. Имеется ли на предприятии общая система заземления?
- 1.2. Соответствует ли покрытие пола требованиям антистатичности в зонах движения персонала, работающего с чувствительными компонентами?
- 1.3. Соединено ли токопроводящее покрытие пола с общей системой заземления?
- 1.4. Корректно ли выбраны интервалы и места заземления покрытия пола?
- 1.5. В случае использования токопроводящего покрытия пола как звена *первичного* заземления персонала, проверить наличие и степень износа специальной обуви, а также контактирования токопроводящих ножек антистатических стульев с покрытием пола;
- 1.6. При наличии токопроводящего покрытия пола, имеется ли тестер сопротивления обуви, и используется ли он персоналом при вхождении в ESD-защищенную зону?
- 1.7. Соединены ли точки заземления всех рабочих мест с общей землей?
- 1.8. Надеты ли антистатические браслеты у работников в зоне ESD-защиты?
- 1.9. Производится ли персоналом регулярная проверка браслетов на тестер-стенде, и каким образом регистрируются результаты проверки?
- 1.10. Если на рабочих местах используются постоянные мониторы заземления, то как часто они проверяются?
- 1.11. Как часто проводится проверка тестер-стендов сопротивления антистатических браслетов и обуви?
- 1.12. Подогнаны ли индивидуально по размеру каждого работника наручный браслет и ремешки заземления на ногах (если используются)?
- 1.13. Добросовестно ли используются персоналом наручные браслеты и ремешки заземления на ногах?
- 1.14. Не используются ли одноразовые бахилы многократно?
- 1.15. Облачены ли работники в антистатические халаты, и все ли пуговицы халата застегнуты?
- 1.16. Правильно ли эксплуатируются иные предметы антистатической одежды?
- 1.17. Подключены ли цепи заземления приборов рабочего места к общей земле?
- 1.18. Не нарушаются ли границы ESD-защищенной зоны наземленным персоналом?
- 1.19. Не располагается ли оборудование, генерирующее статический заряд, на расстоянии менее 1 метра от границы ESD-защищенной зоны?
- 1.20. Имеется ли на рабочих столах антистатическое покрытие?
- 1.21. При наличии настольного антистатического коврика обеспечено ли его заземление?
- 1.22. Обозначены ли разъемы заземления на рабочих местах?
- 1.23. Имеется ли у персонала инструкция по периодической чистке антистатических поверхностей рабочего места специальным средством?
- 1.24. Нет ли ненужных предметов личного пользования в ESD-защищенной зоне?
- 1.25. Нет ли необязательных диэлектрических объектов (бытовых пластиковых пакетов, посуды и т.п.) в ESD-защищенной зоне?



- 1.26. Используется ли ионизация в случаях вынужденного присутствия неудаляемых диэлектрических объектов в рабочей ESD-зоне?
- 1.27. Правильно ли установлены ионизаторы и достаточна ли их производительность?
- 1.28. Регулярно ли проверяются рабочие характеристики ионизаторов?
- 1.29. Контролируется ли относительная влажность воздуха, и составляет ли она не менее 40%?

## 2. Хранение и транспортировка материалов

- 2.1. Выполнены ли емкости для хранения из токопроводящего пластика?
- 2.2. Заземлены ли емкости для хранения?
- 2.3. Заземлен ли персонал, работающий с емкостями для хранения и транспортировочной тарой?
- 2.4. Выполнены ли колеса транспортировочных тележек из токопроводящего материала, надежно ли контактируют они с проводящим покрытием пола?
- 2.5. Предохраняют ли транспортировочные контейнеры с крышкой от действия внешних полей?
- 2.6. Предусмотрена ли возможность стекания заряда с тары (упаковки) через токопроводящий настольный коврик перед вскрытием тары (упаковки) после транспортировки?
- 2.7. Корректно ли используются антистатические (рассеивающие) и защитные (экранирующие) упаковочные пакеты?

## 3. Организационные вопросы ESD-надзора

- 3.1. Назначено ли на предприятии конкретное лицо (группа лиц), ответственное за реализацию программы комплексного ESD-оснащения предприятия?
- 3.2. Сформулированы ли конкретные показатели реализации программы?
- 3.3. Разработана ли (исполняется ли) методика инспектирования системы ESD-защиты на предприятии, какие формы отчетности предусмотрены?
- 3.4. Есть ли на предприятии должные измерительные приборы для проверок?
- 3.5. Распространяются ли нормы ESD-защиты на посетителей предприятия?
- 3.6. Имеется ли система надзора за соблюдением норм поведения в ESD-защищенных зонах?
- 3.7. Предусмотрены ли меры взыскания по отношению к нарушителям ESD-дисциплины?

## 4. Обучение, сертификация

- 4.1. Все ли работники предприятия, имеющие отношение к работе с ESD-чувствительными компонентами, прошли курс обучения по теме?
- 4.2. Ведется ли централизованная регистрация обучаемых работников, дат и содержания прослушанных курсов?
- 4.3. Имеется ли на предприятии свой «стандартный» учебный курс ESD?
- 4.4. Достаточно ли квалифицированы (сертифицированы) сами преподаватели?

Потребительский спрос на средства антистатика в России свидетельствует о том, производящие фирмы и ремонтники приступили к ESD-оснащению как необходимому условию сертификации и реальному пути снижения брака. Понятно, что изыскать финансовые ресурсы для полной ESD-экипировки одним махом непросто даже для состоятельных компаний, и все же, дорогу осилит идущий. В следующем разделе представлены элементы антистатического оснащения, эффективные и необременительные для бюджета. В качестве примеров приводятся ссылки на конкретные изделия известного поставщика антистатических принадлежностей — итальянской фирмы Elme, — легко доступные через российских дистрибьюторов.

## ТРИ ПРАВИЛА АНТИСТАТИКИ

Человек является основным «генератором» статического заряда в рабочей зоне, поэтому индивидуальные средства ESD-защиты являются ключевым пунктом любой антистатической программы. Считается, что около 70% повреждений электронных компонентов статическим электричеством вызваны ненадежным заземлением персонала. Для обеспечения ESD-безопасности на рабочем месте и в производственных помещениях следует соблюдать три базовых правила:

1. Использовать только **антистатические материалы и инструмент**.
2. Обеспечить **надежное заземление** всех «заземляемых» объектов, с которых принципиально может стекать заряд через проводники.
3. Из рабочей зоны по возможности **удалить диэлектрики** (материалы, имеющие поверхностное сопротивление более 100 ГОм), заземление которых через проводник бесполезно для стекания заряда. При вынужденном присутствии таких объектов в рабочей зоне применяется локальная **ионизация воздуха** (более подробно этот вопрос рассмотрен ниже в брошюре).

# 3. Предметы оснащения

Пристегиваться ремнем безопасности в автомобиле любят далеко не все, хотя мало кто отрицает его пользу в случае аварии. Схожая ситуация с антистатическим браслетом: без него мы чувствуем себя комфортнее не только в плане подвижности тела, но даже свободы мысли! И все же не стоит полагаться на «авось» в производстве и ремонте Hi-Tech электроники: антистатическое оснащение рабочего места пора признать нормой жизни. Третья часть брошюры носит практическую направленность: в ней представлены коммерчески доступные изделия для комплексной защиты рабочего места от статического электричества.

## ЗАЗЕМЛЕНИЕ ПЕРСОНАЛА

Заземление персонала как источника и переносчика статического заряда осуществляется двумя способами:

1. При помощи **браслета**, соединенного шнуром с резистором 1 Мом с шиной заземления. Антистатический браслет является наиболее распространенным **первичным** способом стационарного заземления для сидячего работника. Дополнительной (вторичной) цепью его заземления могут служить антистатические **одежда — стул — покрытие пола**.

2. При помощи комплекса **обувь — напольное покрытие**. Этот вариант может использоваться как **первичное** средство заземления персонала (вместо браслета), так и параллельно с браслетом в качестве **вторичного** средства. В комбинированном варианте стекание заряда осуществляется как через браслет с гарнитурой заземления на общую шину, так и через проводящую обувь на покрытие пола, далее на землю.

Будем исходить из того, что на запястье у вас обязан красоваться (а главное — безупречно выполнять функцию заземления) антистатический браслет, подключенный крученым шнуром со встроенным резистором 1 Мом к клипсе настольного антистатического термоустойчивого коврика или колодке заземления SPG1020. С какими мерками (кроме второстепенных ценовых) следует подходить к выбору **браслета**?

Для того, чтобы минимизировать дискомфорт, браслет должен быть достаточно эластичным — то есть плотно, но не болезненно туго прилегать к руке (когда браслет болтается на запястье, о надежном заземлении говорить нелепо). Неметаллические (тканевые с акриловыми проводящими волокнами на внутренней поверхности) браслеты Elme One-Touch и Strappo не вызывают аллергии и неприятных моментов защемления волос. Пряжка браслета One-Touch стабильно фиксирует натяжение ленты и верно служит до ее износа.

Что касается крученого полиуретанового **шнура**, то изделия фирмы Elme тестированы на 120000 циклов сгиба углом до 120 градусов, так что провод внутри шнура служит гораздо дольше чем у большинства аналогов. Наличие резистора 1 Мом в подключаемом к браслету шнуре является условием обеспечения **электробезопасности** работника.

Если полутораметровой длины шнура не хватает для свободного перемещения руки в радиусе рабочего места, то можно заменить его аналогичным трехметровым шнуром, имеющим стандартную 4-мм клипсу для соединения с браслетом и штеккер для подключения к гнезду заземления. Если и этого недостаточно для свободы перемещения, то в качестве первичной системы заземления остается использовать проводящее покрытие пола и антистатическую обувь (будут рассмотрены ниже).



Следующим по порядку важности является **настольный коврик**. Как оценить его качество? Ответим конкретным примером: антистатическое **двухслойное** покрытие Elme (артикул 157) является **износостойким, негорючим, ультратермостойким** (до 440°C), не содержит газовыделяющих галогенов. Цвета — голубой, серый и бежевый, исполнение **антибликовое матовое** (заметим, что интенсивный цвет настольного коврика является недостатком, поскольку утомляет радиомонтажника). Верхний слой коврика рассеивает статическое электричество, а нижний (черный) выполнен из проводящей резины. Время стекания заряда от 5000 В до 50 В — менее 0,04 с; значения поверхностного и сквозного сопротивления лежат в пределах 10..100 Мом. Материал поставляется в рулонах шириной 1,22 м для произвольной нарезки или готовыми комплектами MAT с антистатическим браслетом One-Touch и гарнитурой заземления.



Комплекты Elme MAT

**MAT-4060** Антистатический комплект: настольный коврик 40x60 см (материал 157, голубой); кнопка 10 мм; браслет One-Touch; шнуры WIRE-F4/F10-15 (к браслету) и CORD-601 (коврик-земля). Цена 42 eur

**MAT-6090** Антистатический комплект: настольный коврик 60x90 см (материал 157, голубой); три кнопки 10 мм; браслет One-Touch; шнуры WIRE-F4/F10-15 (к браслету) и CORD-601 (коврик-земля). Цена 62 eur

**MAT-12060** Антистатический комплект: настольный коврик 60x120 см (материал 157, голубой); три кнопки 10 мм; браслет One-Touch; шнуры WIRE-F4/F10-15 (к браслету) и CORD-601 (коврик-земля). Цена 82 eur

**One-Touch** Антистатический браслет высшего качества: неаллергический, износостойкий, с надежно фиксирующей пряжкой, без красителей, без металлических составляющих в эластичном ремешке, с кнопкой 4 мм для подключения шнура заземления. Цена 6 eur

**Strappo** Экономичный антистатический браслет: материал аналогичен One-Touch, с застежкой на «липучку» вместо пряжки. Кнопка 4 мм для подключения шнура WIRE необходимой длины. Цена 3 eur

**WIRE-F4/M4-15** Шнур заземления браслет-земля: крученый шнур длиной 1,5 м, соединение кнопка-4 мм/штеккер-4 мм с резистором 1 МОм и дополнительным зажимом «крокодил». Годится для браслетов One-Touch, Strappo и др. с клипсой 4 мм. Цена 4 eur

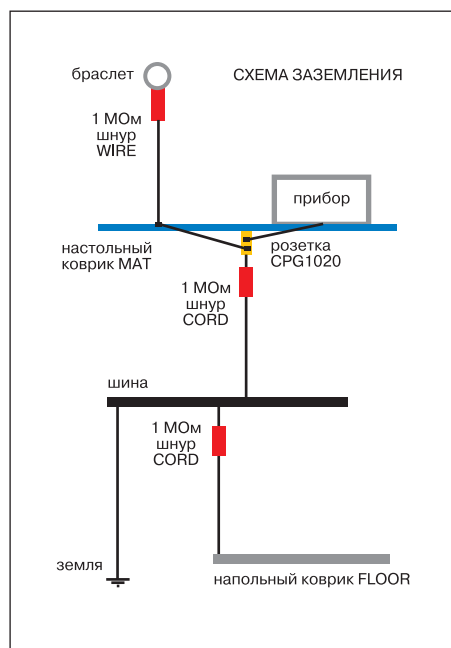
**WIRE-F4/M4-30** Шнур заземления браслет-земля: крученый шнур длиной 3 м, соединение кнопка-4 мм/штеккер-4 мм с резистором 1 МОм и дополнительным зажимом «крокодил». Годится для браслетов One-Touch, Strappo и др. с клипсой 4 мм. Цена 8 eur

**WIRE-F4/F10-15** Шнур заземления браслет-коврик: крученый шнур длиной 1,5 м, кнопка-4 мм/кнопка-10 мм. Годится для браслетов One-Touch, Strappo и иных с клипсой 4 мм. Цена 7 eur

**CORD-608** Шнур заземления коврик-земля: крученый шнур длиной 1,5 м, кнопка-10 мм/штеккер-4 мм с резистором 1 МОм и зажимом «крокодил». Цена 8 eur

**CORD-601** Гарнитура заземления коврик-земля: прямой шнур длиной 3 м; резистор 1 Мом, соединение кнопка-10 мм/кольцо 5 мм под клеммный зажим. Цена 8 eur

**157 ROLL** Антистатическое двухслойное резиновое покрытие для столов и полок: цвет матовый голубой, бежевый или серый; толщина 2 мм; долговечное, негорючее, термостойкое до 440°C, без газовыделяющих ПВХ и галогенов. Верхний слой рассеивающий, нижний из проводящей резины. Время стекания заряда от 5000 В до 50 В — менее 0,04 с; поверхностное и сквозное сопротивление 10-100 МОм; Ширина 1,22 м длина 10 м, вес 36 кг. Цена за рулон 990 eur



## АНТИСТАТИЧЕСКАЯ МЕБЕЛЬ

В отличие от предметов офисной мебели, являющихся непревзойденными генераторами статического заряда, рабочий стол и стул радиомонтажника должны обладать противоположным свойством — нормированной **проводимостью**, — чтобы обеспечить стекание статического заряда с тела работника. Логично предположить, что в индивидуальном заземлении работника роль стола по сравнению со стулом менее важная, ибо контакт рукавов халата с токопроводящим ламинатом столешницы менее интенсивен, чем контакт известной части тела с сиденьем стула. Антистатический стул является эффективным звеном в цепочке **тело — одежда — стул — покрытие пола — земля** при условии, что должным образом функционируют смежные звенья: антистатическая одежда и проводящее покрытие пола. Антистатическая одежда (халат, брики) экранирует собой заряд, образующийся на теле при трении нижней одежды; она же служит проводником, благодаря контакту которого с сиденьем и спинкой стула заряд стекает на землю. Упомянутые элементы цепочки являются *вторичными* (дополнительными) средствами заземления сидячего работника: они рекомендуются к применению совместно с первичными средствами, но не вместо них. Смысл использования вторичных средств заземления наряду с первичным состоит в минимизации генерации статического заряда на теле работника и создании условий для его скорейшего стекания, если он образовался.

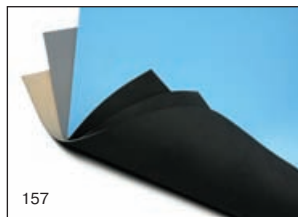
Образцовый антистатический стул Elme VERA-K изготовлен из проводящего пластика и металла, сиденье и спинка покрыты проводящей антистатической тканью. Не будем забывать, что антистатический стул — это не только средство заземления, но прежде всего «то, на чем сидят». Поэтому наряду с электрическими параметрами первостепенное значение имеют эргономические характеристики стула, благодаря которым работник дольше не чувствует усталости и трудится более производительно. ESD-характеристиками стула по стандарту IEC61340-5-1 являются первые три из приведенного ниже списка, тогда как остальные строчки определяют эксплуатационные параметры стула VERA-K:

- проходное сопротивление к земле 0,5..1 МОм;
- поверхностное сопротивление обивочной ткани 0,5..0,8 МОм;
- время стекания заряда не более 0,5 с;
- устойчивость стула (определяется размахом пяти лучевых опор стула, а также видом металла, из которого они изготовлены. Стулья с массивными стальными опорами более устойчивы, чем легкие алюминиевые; за ориентир веса стального стула можно принять 12...15 кг; те, что легче — вероятнее всего, алюминиевые);
- уровень комфорта (сильно зависит от размеров сиденья, формы и высоты спинки стула);
- регулировка высоты расположения сиденья (для стандартной модели 450..580 мм и 650..780 мм для «лабораторной» модели с кольцевой опорой для ног);
- регулировка положения и угла наклона спинки стула;
- высокая механическая прочность и долговечность в соответствии с нормативами EN1335;
- термоустойчивость и негорючесть материала обивки стула.

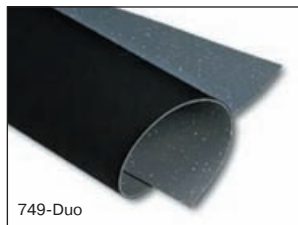
Согласно европейским нормативам EN1335 стул должен выдерживать приложение нагрузки 150 кг по центру сиденья 120 тысяч раз, приложение нагрузки 120 кг со смещением вперед на 15 см — 80 тысяч раз. Тестирование каждого стула осуществляют полнооборотным вращением стула на роликах с нагрузкой 75 кг: 100 раз по часовой стрелке и 100 раз против часовой стрелки, а также статической нагрузкой 35 кг на каждый ролик и распределенной нагрузкой 175 кг на все ролики. Известная схожесть внешнего вида ESD-стульев не должна вводить потребителя в заблуждение: серьезным испытаниям на прочность подвергаются далеко не все стулья, а более высокое качество стула отражается и на цене. Немаловажным свойством является отсутствие металлических составляющих в ткани обивки и в элементах конструкции стула VERA-K (непосредственный контакт через них является опасным фактором с точки зрения электробезопасности человека при работе с приборами высокого напряжения). Антистатический стул VERA-K имеет с обратной стороны спинки стандартную ESD маркировку желтым символом с кистью руки. При отсутствии нагрузки ролики стула VERA-K самоблокируются (тормозят), а когда человек садится на стул, то разблокируются для легкого качения. Функция автостопа сводит к минимуму случайные перемещения пустого стула, что приветствуется из общих соображений организации антистатической защиты. В конструкции стула VERA-K нет подлокотников, и на первый взгляд это странно для тех, кто привык к офисным стульям. Однако характер монтажно-сборочных и паяльных работ таков, что подлокотники практически не используются, а в моменты отдыха они не обязательны. И главное: пластиковые подлокотники — самый уязвимый элемент конструкции стульев с точки зрения прочности (еще и добавка к цене), а металлические менее эргономичны.



Статический заряд должен стекать через стул на проводящее покрытие пола, далее на землю. При отсутствии сплошного покрытия пола антистатическим линолеумом с металлической решеткой заземления используйте индивидуальный напольный комплект Elme FLOOR KIT, соединив его шнур с общей шиной заземления. Верхний слой коврика рассеивающий, нижний — токопроводящий: время стекания заряда от 1000 В до 50 В — менее 0,5 с, поверхностное и сквозное сопротивление 400..800 МОм по стандарту IEC61340-5-1. Благодаря нижнему проводящему слою, под таким ковриком нет нужды прокладывать металлическую решетку и использовать электропроводный клей для плотного контакта с ней как это требуется в случае с однородным линолеумом. В отличие от однородного линолеума покрытие 749-Duo является суперизносостойким, шумопоглощающим, негорючим и термостойким (выдерживает более 400°С), не выделяет газов (не содержит ПВХ, иных галогенов, кадмия, формальдегидов и асбеста). Расцветка покрытия темная, с цветными вкраплениями. Границы защищенной зоны — в данном случае по краю коврика на полу, — согласно требованиям стандартов ESD должны быть обязательно размечены маркировочным скотчем.



157



749-Duo

**FLOOR KIT** Антистатический напольный коврик 120x190 см из двухслойного материала 749-Duo, цвет темно-серый с вкраплениями; кнопка 10 мм; шнур заземления CORD-601. Не требует приклеивания и не нуждается в решетке заземления; износостойкий, шумопоглощающий, негорючий, термостойкий (выдерживает более 400°С), не выделяет газов. Верхний слой рассеивающий, нижний — проводящий: время стекания заряда от 1000 В до 50 В — менее 0,5 с, поверхностное и сквозное сопротивление 400..800 МОм по стандарту IEC61340-5-1. Цена 138 eur

Цена образцового антистатического стула составляет баланс с типичным антистатическим столом европейского производства или лучшей отечественной моделью с проводящим антистатическим ламинатом. Достойную пару обычному столу, покрытому антистатическим ковриком MAT, составляет комплект чехлов SIT COVER из антистатической негорючей термоустойчивой ткани без металлических составляющих (идентичной той, что применена для обивки антистатических стульев Elme). Комплект состоит из отдельных чехлов для сиденья и спинки, сшитых из прочной ткани цвета «антрацит» плотностью 530 г/м<sup>2</sup> со стяжками; снабжен соединительными шнурами. Электрические параметры чехлов SIT COVER соответствуют стандарту IEC61340-5-1 по аналогии со стульями, а именно:

- проходное сопротивление к земле — 0,5..1 МОм;
- поверхностное сопротивление обивочной ткани — 0,5..0,8 МОм;
- время стекания заряда — не более 0,5 с.

С офисного стула, покрытого антистатическим чехлом для использования в антистатической зоне, настоятельно рекомендуется удалить пластиковые подлокотники: они представляют собой опасный элемент генерации статического заряда при трении.



CPG-3000



CPG-1020



рейка  
опционно

тумба  
опционно

PM-1500-ESD



SIT COVER

<b>VERA-K</b>	Антистатический стул высшего класса эргономичности с регулировкой высоты сиденья (450..580 мм) и угла наклона спинки. Ширина сиденья 500 мм, высота спинки 420 мм; негорючая термостойкая тканевая обивка, пять антистатических колес; массивное, устойчивое стальное основание (общий вес 13,5 кг) с пластиковым ESD покрытием лучевых опор. Поверхностное и проходное сопротивление не более 1 Мом; время стекания заряда не более 0,5 с	215 eur
<b>SIT cover</b>	Антистатические чехлы на сиденье и спинку обычного стула или кресла, укомплектованные гарнитурой заземления (шнуры с резистором 1 МОм)	59 eur
<b>Рабочее место PM-1500-ESD</b>	Стол монтажный 1500x700 мм с регулируемой высотой 650-1000 мм, нагрузкой до 250 кг; полка приборная 1500x300 мм с регулируемым по высоте креплением на металлических опорах, нагрузкой до 50 кг. Столешница и полка (из плиты с графитовым насыщением) покрыты проводящим ламинатом; на кромке закрепляется узел заземления CPG1020 для подключения шнуров заземления от коврика, браслета, паяльной станции, измерительных приборов. Дополнительно рекомендуются: металлическая рейка P15 для подвешивания антистатических лотков COCIS; термоустойчивый коврик Elite MAT для паяльных работ; антистатический осветитель с линзой WAVE ESD фирмы LUXO (см. отдельную брошюру)	360 eur
<b>L15</b>	Верхний протяженный бестеневой светильник 72 Вт с регулировкой наклона к плоскости стола крепится к опорам полки PM-1500-ESD	140 eur
<b>Ф15</b>	Перфопанель стальная 1500x300 мм, отверстия диаметром 9 мм с шагом 38 мм, крепится вертикально к опорам полки рабочего места PM-1500-ESD	32 eur
<b>P15</b>	Металлическая рейка 1500 мм для навешивания антистатических лотков COCIS. Рейки-держатели крепятся в необходимом количестве к верикальным боковым опорам полки рабочего места	38 eur
<b>Э15</b>	Электропанель — металлический короб с двумя еввророзетками, выключателем и сетевым шнуром 3 м	99 eur
<b>CPG-1020</b>	Объединительный узел (колодка) для подключения гарнитуры заземления от ковриков, браслетов, приборов: два гнезда 4 мм, две кнопки (клипсы) 10 мм; габариты 80x38x30 мм, шнур (1 МОм) с кольцом 5 мм под клеммный зажим	19 eur
<b>CPG-3000</b>	Объединительный адаптер-евровилка с двумя кнопками 10 мм с резистором 1 МОм для подключения к еввророзетке с цепью заземления	20 eur
<b>CLEANER</b>	Специальная жидкость для чистки антистатических непористых покрытий (ковриков, ламинатов) от грязи, жира и т.п.; негорючая, безостаточная (не оставляет налета, изменяющего поверхностное сопротивление); 1 литр	12 eur

## ЩЕТКИ И КИСТОЧКИ

<b>EB-NAIL</b>	Щетка антистатическая жесткая; сечение 70x20 мм, синтетическая щетина 12 мм; изогнутая пластиковая ручка длиной 70 мм	16 eur
<b>EB-30</b>	Щетка антистатическая полумягкая; сечение 35x8 мм, синтетическая щетина 12 мм; длина пластиковой ручки 180 мм	6 eur
<b>EB-WA</b>	Щетка антистатическая жесткая; сечение 22x10 мм, синтетическая щетина 12 мм; длина пластиковой ручки 130 мм	6 eur
<b>EB-SOFT</b>	Щетка антистатическая мягкая; сечение 60x10 мм, синтетическая щетина 30 мм; длина пластиковой ручки 145 мм	14 eur
<b>EB-06</b>	Кисточка антистатическая полумягкая; сечение 2x6 мм, синтетическая щетина 12 мм; металлическая ручка длиной 85 мм	7 eur
<b>2-165</b>	Кисточка малая металлическая для чистки нагревателей и разъемов в паяльниках	2 eur





## МАРКИРОВКА

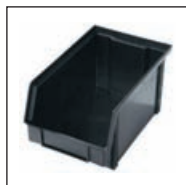
<b>REA-EPA</b>	Клейкая лента желтого цвета с маркировкой ESD для обозначения границ рабочей зоны с антистатической защитой (разметка зоны — обязательное требование любого стандарта по антистатике); ширина 50 мм, в рулоне 33 м	18 eur
<b>EAL-32</b>	Крупный знак ESD на желтом круге диаметром 32 см с клейкой основой. Супер-устойчивый к разрывам и истиранию. Особенно удобен для наклеивания на пол в протяженных ESD-оборудованных помещениях (например, складах)	12 eur
<b>EAL-1025</b>	Знак ESD с англ. надписью ATTENTION! ESD PROTECTED AREA на желтом прямоугольнике размером 100x250 мм с клейкой основой	18 eur
<b>EAS-0408</b>	Знак ESD с англ. надписью ATTENTION! ESD PROTECTED AREA на желтом прямоугольнике размером 40x80 мм с клейкой основой. Цена за 10 штук	8 eur
<b>EAS-006006</b>	Знак ESD на желтом квадрате 6x6 мм с клейкой основой. Цена за 9 штук	1 eur



## АНТИСТАТИЧЕСКАЯ ТАРА

Места на столе всегда меньше, чем хотелось бы, но есть вещи, которые невозможно оставить в отдалении: например, электронные компоненты, подлежащие монтажу. Именно для них выпускаются в антистатическом исполнении миниатюрные контейнеры с подпружиненной крышкой, легко и прочно стыкуемые в двух измерениях на плоскости. Для хранения крупноразмерных деталей используются антистатические стеллажи CIC с выдвигаемыми ячейками или подвесные лотки COCIS на рейке, закрепляемой между вертикальными опорами приборной полки рабочего стола. Для хранения бобин с SMD компонентами предназначены подставки REELBOX, а для готовых плат — L-образная подставка DEL с направляющими пазами. Пластиковые поддоны CO с откидной крышкой удобно использовать как для межоперационной транспортировки модулей, так и для временного хранения продукции на складе. Межоперационную транспортировку разрешается осуществлять и в открытой таре, если продукция упакована в защитные металлизированные пакеты. Картину образцового рабочего места в антистатическом исполнении дополняет ведро для технического мусора, выполненное из токопроводящего пластика.

- 9-321** Антистатический пласт. контейнер для SMD-компонентов, стыкуемый, с подпружиненной крышкой, габариты 16x12x15 мм. Цена 1,1 eur
- 9-322** Антистатический пласт. контейнер для SMD-компонентов, стыкуемый, с подпружиненной крышкой, габариты 37x12x15 мм. Цена 1,4 eur
- 9-323** Антистатический пласт. контейнер для SMD-компонентов, стыкуемый, с подпружиненной крышкой, габариты 41x37x15 мм. Цена 1,6 eur
- COCIS-A** Антистатический лоток 85x95x45 мм, устанавливаемый на плоскость или подвешиваемый тыльной частью на металлическую рейку. Цена 2,2 eur
- COCIS-B** Антистатический лоток 160x95x75 мм, устанавливаемый на плоскость или подвешиваемый тыльной частью на металлическую рейку. Цена 3,5 eur
- COCIS-C** Антистатический лоток 230x140x134 мм, устанавливаемый на плоскость или подвешиваемый тыльной частью на металл. рейку. Цена 6,8 eur
- COCIS-E** Антистатический лоток 350x200x200 мм, устанавливаемый на плоскость или подвешиваемый тыльной частью на металл. рейку. Цена 17 eur



<b>REELBOX</b>	Антистатическая из проводящего пластика подставка-держатель (400x250x110 мм) для бобин диаметром 180-330 мм с SMD-компонентами любой ширины; перемещаемые вертикальные разделители из нержавеющей проволоки закрепляются в требуемых позициях. Цена 39 eur	
<b>CIC-36</b>	Металлический заземляемый каркас (кассетница) с 36-ю выдвижными ячейками из антистатического проводящего пластика. Габариты 307x420x146 мм, размер ячейки 64x35x135 мм. Цена 170 eur	
<b>DIV/CIC-36</b>	Вертикальные разделительные вставки 64x35 мм из антистатического пластика для ячеек модуля CIC-36; комплект 48 шт. Цена 16 eur	
<b>CIC-06</b>	Металлический заземляемый каркас (кассетница) с шестью выдвижными ячейками из антистатического пластика, габариты 360x424x250 мм. Цена 160 eur	
<b>DEL-1</b>	Антистатическая из проводящего пластика L-образная подставка-держатель (205x274x93 мм) с направляющими пазами для установки печатных плат. Цена 35 eur	
<b>CO-21</b>	Антистатическая прочная тара (поддон): габаритные размеры 300x200x120 мм. Цена 12 eur	
<b>CO-31</b>	Антистатическая прочная тара (поддон): габаритные размеры 400x300x120 мм. Цена 22 eur	
<b>CO-31-Lid</b>	Антистатическая прочная крышка 400x300 мм для тары CO-31. Цена 13 eur	
<b>CO-41</b>	Антистатическая прочная тара (поддон): габаритные размеры 600x400x120 мм. Цена 38 eur	
<b>CO-41-Lid</b>	Антистатическая прочная крышка 600x400 мм для тары CO-41. Цена 25 eur	
<b>BASKET</b>	Антистатическое (проводящий пластик черного цвета) ведро для технических отходов: диаметр дна 218 мм, верхний диаметр 290 мм, высота 275 мм. Цена 25 eur	



## АНТИСТАТИЧЕСКАЯ УПАКОВКА

Хранение и транспортировка готовых изделий — завершающий этап производственного цикла на фирмах-изготовителях и базовая составляющая деятельности фирм-дистрибьюторов. Согласно западным источникам, около 25% брака образуется в ходе транспортировки и хранения компонентов при отсутствии должной упаковки. Результатом воздействия статического электричества на полупроводниковый кристалл может стать как немедленный выход микросхемы из строя, так и изначально незаметные дефекты, приводящие к сокращению срока эксплуатации, снижению надежности и деградации параметров готового изделия. Чья репутация при этом пострадает — производителя микросхем, дистрибьютора или изготовителя конечного продукта? Очевидно, последнего звена цепочки. И это справедливо, если перед снабженцем на предприятии не была четко поставлена задача: приобретать микросхемы только в защитной упаковке, как бы ни пытался продавец сэкономить время и деньги на таком «пустяке». Требуйте, требуйте, требуйте от дистрибьюторов сохранения оригинальной (не вскрытой на промежуточном складе) антистатической упаковки производителя микросхем, либо надлежащего восстановления упаковки на складе дистрибьютора в рабочей зоне с неукоснительным соблюдением всех норм ESD-защиты. Если пайка компонентов на платы производится у вас в печи (не вручную), то кроме антистатических свойств решающее значение имеет герметичность упаковки. Используйте каждую возможность ознакомиться с организацией работ на складе вашего поставщика, обращая внимание на технологию переупаковки и хранения микросхем: это пойдет на пользу обеим сторонам бизнес-процесса. Мотивация дистрибьюторов к повышению технологической культуры складских работ не чужда им самим, но критически важна для потребителей. И если лозунг «Требуйте настоящую антистатическую упаковку» хоть немного приблизится по массовости к крылатому «Требуйте долива пива после отстоя пены», то задачу автора настоящей брошюры можно будет считать выполненной.

Для определения единых параметров средств защиты от электростатики разработаны международные стандарты. Наиболее значимыми из них являются общеевропейский IEC 61340-5-1 и американские стандарты Ассоциации ESD. Прежде наблюдалось некое соперничество между двумя организациями за главенство ESD-стандарта, но в настоящее время усилия направлены на минимизацию расхождений в деталях. Что касается базовых положений, то они идентичны и незыблемы: защита от электростатики должна быть обеспечена на всех этапах работы с чувствительными элементами. Практические рекомендации в общем виде базируются на трех правилах:

**Правило 1.** Оперируйте ESD-чувствительными элементами только в защищенной зоне (ею может быть рабочее место, участок или целое производственное помещение, включая склад).

**Правило 2.** Транспортируйте и храните ESD-чувствительные изделия только в защитной упаковке.

**Правило 3.** Убедитесь, что ваши поставщики соблюдают правила №1 и №2.

Чем плох обычный полиэтиленовый пакет? У него есть три недостатка:

- возможен прямой (контактный) разряд любого внешнего заряженного объекта на чувствительные компоненты, находящиеся внутри обычного пакета;
- для компонентов внутри обычного пакета опасность представляют и внешние статические поля с высокой разностью потенциалов, индуцирующие токи на кристалле микросхемы;
- трение между внутренней поверхностью обычного пакета и компонентом влечет трибоэлектрическое образование статического заряда внутри самого пакета.

Какие виды антистатических пакетов существуют, и как выбрать наиболее подходящие по свойствам и ценам? Будем следовать положениям общеевропейского стандарта IEC 61340-5-1 «Electrostatics. Part 5: Specification for the Protection of Electronic Devices from Electrostatic Phenomena», а для конкретики в ссылках приведем номенклатурные обозначения серий антистатических пакетов фирмы Elme.

#### **Антистатические полиэтиленовые пакеты, прозрачные, обычно розового цвета**

Пакеты серии SA являются рассеивающими (не накапливающими заряд и не генерирующими статический заряд при трении). Согласно международным стандартам, «рассеивающими статическое электричество» называются материалы, имеющие поверхностное сопротивление от 10 кОм до 100 ГОм при напряжении 100 В постоянного тока. Символу ESD (кисти руки в черном треугольнике) на таких пакетах может сопутствовать литерное обозначение «D» (Dissipative). Изначально розовый краситель использовался для индикации антистатических свойств полиэтиленовой упаковки в отличие от обыкновенной. В настоящее время выпускаются и бесцветные прозрачные пакеты с такими же свойствами, однако термин Pink Poly Bag исторически закрепился за этим видом упаковки. Толщина пакетов обычно не превышает 90 мкм. Розовые полиэтиленовые пакеты являются самыми недорогими в классе антистатических упаковочных средств. К сожалению, они не защищают содержимое пакета от воздействия внешних полей, и потому не могут использоваться в качестве достаточной защитной упаковки чувствительных компонентов. Они предназначены для использования лишь внутри ESD-защищенных зон или внутри ESD-защитной транспортировочной тары. В такие пакеты нередко упаковывают нечувствительные к статическому электричеству компоненты и готовые изделия, которые транспортируются или хранятся рядом с чувствительными компонентами.



#### **Антистатические пакеты из проводящего углеполиэтилена, непрозрачные, черного цвета**

Для пакетов серии SB характерно быстрое стекание заряда по поверхности и изнутри упаковки благодаря невысокому поверхностному сопротивлению материала, из которого они изготовлены. Пакеты не аккумулируют статический заряд и прелятствуют его образованию при трении, а также частично защищают от внешних полей. Иногда маркируются литерой «С» (Conductive). Изготавливаются из черного непрозрачного полиэтилена толщиной около 80 мкм. В прошлом использование таких пакетов считалось своего рода «золотой серединой» между недорогими розовыми антистатическими пакетами и более дорогими металлизированными (защитными), однако сегодня они редко используются для упаковки ESD-чувствительных элементов. С уменьшением стоимости более совершенных металлизированных пакетов (серия SM) черные углеполиэтиленовые пакеты перестали быть фаворитами по соотношению цены к уровню защиты. Кроме того, необходимость вскрытия непрозрачного пакета для визуальной инспекции содержимого создает предпосылки для повреждения статическим электричеством.



### Металлизированные пакеты, полупрозрачные, серо-голубого цвета

Пакеты серии SM обеспечивают высокий уровень защиты от электростатических полей благодаря их многослойной структуре: внутренняя поверхность пакета обладает рассеивающими свойствами, а между внешними слоями полиэстера напылена металлическая сетка, создающая эффект «клетки Фарадея» и защищающая содержимое пакета от воздействия внешних полей. При внешнем разряде напряжением 1000 В, внутри пакета серии SM регистрируется напряжение не более 50 В (в розовом пакете серии SA — 800В). Немаловажными достоинствами серии SM являются достаточно высокая механическая прочность и прозрачность пакета (не требуется вскрытия для визуальной инспекции содержимого). Символу ESD на таких пакетах часто сопутствует литерное обозначение «S» (Shielding). Толщина 75 мкм. Металлизированные защитные пакеты стали сегодня доминирующим видом мягкой упаковки ESD-чувствительных компонентов. Они используются для хранения и транспортировки большинства электронных изделий, чувствительных к статическому электричеству и являющихся предпочтительными средствами защиты при отсутствии жестких требований к газо- и влагонепроницаемости запаянного пакета. Выпускаются также антистатические и защитные пакеты серии SMC с краевой zip-защелкой.



SM



SMC

### Металловакуумные пакеты для герметичной упаковки, блестящие, непрозрачные

Пакеты серии SD самые дорогие, зато обеспечивают наивысшую степень защиты. Они сочетают в себе антистатические и защитные свойства предыдущих видов упаковки и, кроме того, являются влагонепроницаемыми. На таких пакетах обязательно присутствует надпись Moisture Barrier Bag или соответствующий символ (три перечеркнутые капли в круге) наряду со стандартным символом ESD. Обеспечивают высшую степень механической прочности (подходят для вакуумной упаковки остроугольных объектов) и защищают от любых внешних электромагнитных и статических полей. Имеют многослойную структуру; в качестве металлической сетки чаще всего используется напыленный слой алюминия. Упакованные в них микросхемы могут храниться годами. Типичная толщина материала — около 100 мкм. Металловакуумные пакеты используются для предохранения компонентов от окисления, пыли и механических повреждений, а также для предотвращения эффекта «воздушной кукурузы» при пайке, которому подвержены компоненты при хранении их вне вакуумной упаковки или сушильной камеры. Абсорбированная из воздуха влага при быстром нагреве микросхемы в паяльной печи взрывается и образует микротрещины в корпусе микросхемы, что является причиной явных и скрытых дефектов. Фирмы-производители поставляют микросхемы в металловакуумной упаковке и сопровождают инструкцией по многочасовому прогреву (сушке) для подготовки их к автоматической пайке в печах для случаев, когда герметичность оригинальной упаковки была нарушена. Если в цепочке между производителем и потребителем микросхем задействован один (а то и несколько) продавцов, то к фактору риска необходимо отнестись особенно внимательно.



SD

Очевидно, для использования металловакуумных пакетов необходим агрегат вакуумной упаковки. Это может быть дорогостоящий автомат, какие эксплуатируются на серийных производствах, или несложный ручной агрегат как Elme SEAL 4000. Другой вариант — использование **антистатического скотча**: пакет перегибают и согнутый край приклеивают полоской в центре. Следует отметить, что применение обычного скотча несет риск создания потенциала до 15 KB (при относительной влажности воздуха 50 %) в момент вскрытия пакета. Поэтому пренебрегать антистатическими «мелочами» не рекомендуется! Бытовала шутка: чем отличаются чипсы от чипов? Тем, что иные производители не экономят даже на упаковке дешевых чипсов, а дистрибьюторы компонентов пакуют даже дорогие чипы в копеечные полиэтиленовые пакетики! Сегодня ситуация меняется к лучшему: приходит осознание того, что капиталовложения в меры по защите от электростатики окупаются с лихвой. И хотя комплексное ESD-оснащение еще не стало повсеместной нормой, оно становится одним из стратегических преимуществ в конкурентной борьбе за место на рынке.



REA-7

Ниже представлен перечень упаковочных пакетов типовых размеров из складского ассортимента Elme.

<b>Серия SM</b>	Упаковочные пакеты металлизированные (прозрачные серо-голубые) толщиной 80 микрон; высокий уровень защиты от электростатических полей (металлическая сетка напылена между внешними слоями антистатического полиэстера) и быстрое стекание заряда: от 5 КВ до нуля — не более 0,03 с	
<b>SM 75x120</b>	Пакет размера 75x120 мм	0,07 eur
<b>SM 100x150</b>	Пакет размера 100x150 мм	0,09 eur
<b>SM 150x200</b>	Пакет размера 150x200 мм	0,16 eur
<b>SM 200x300</b>	Пакет размера 200x300 мм	0,24 eur
<b>SM 300x400</b>	Пакет размера 300x400 мм	0,44 eur
<b>SM 250x600</b>	Пакет размера 250x600 мм	0,52 eur
<b>SMC 75x120</b>	Пакет размера 75x120 мм с защелкой по короткой стороне; толщина 100 микрон	0,15 eur
<b>SMC 100x150</b>	Пакет размера 100x150 мм с защелкой по короткой стороне; толщина 100 микрон	0,21 eur
<b>SMC 150x200</b>	Пакет размера 150x200 мм с защелкой по короткой стороне; толщина 100 микрон	0,35 eur

<b>Серия SA</b>	Экономичные упаковочные пакеты (прозрачные розовые толщиной 90 микрон) для использования внутри ESD-защищенных зон. Не генерируют и не накапливают заряд, однако не защищают от воздействия внешнего поля. Время стекания заряда от 5000 В до 50 В — не более 1 с	
<b>SA 100x150</b>	пакет размера 100x150 мм	0,06 eur
<b>SA 150x200</b>	пакет размера 150x200 мм	0,08 eur
<b>SA 200x300</b>	пакет размера 200x300 мм	0,12 eur
<b>SA 300x400</b>	пакет размера 300x400 мм	0,22 eur
<b>SA 400x450</b>	пакет размера 400x450 мм	0,28 eur

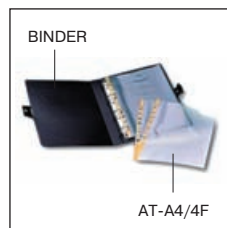
<b>Серия SD</b>	Металлизированные пакеты серии SD (блестящие непрозрачные толщиной 90 мкм) предназначены для вакуумной упаковки. Имеют высшую степень механической прочности (в том числе для вакуумной упаковки остроугольных объектов). Наилучшая влагонепроницаемость при длительном хранении вакуума. Защита от любых внешних электромагнитных и статических полей. Время стекания заряда от 5 КВ до нуля — не более 0,05 с	
<b>SD 200x300</b>	Пакет размера 200x300 мм	0,7 eur
<b>SD 250x400</b>	Пакет размера 250x400 мм	1,3 eur
<b>SD 150x660</b>	Пакет размера 150x660 мм (для упаковки микросхем в стандартных тубах)	0,9 eur

**REA-7** Антистатический скотч для заклеивания пакетов; ширина 24 мм, в рулоне 36 м 5,2 eur

**SA-A4/4F** Антистатическая прозрачно-розовая (серия SA) папка-карман для документов и схем: формат A4, верхняя сторона открытая; перфорация для подшивки. Цена 0,4 eur

**AT-A4/4F** Антистатическая прозрачная бесцветная папка-карман для документов и схем: формат A4, верхняя сторона открытая; перфорация для подшивки. Цена 0,6 eur

**BINDER** Антистатический (материал «conduplast») скоросшиватель-регистратор формата A4, толщиной 40 мм, с металлической защелкой (4 кольца под перфорированные отверстия пакетов) и кнопочной застежкой. Цена 11 eur



**SEAL 4000** Агрегат для вакуумной упаковки пакетов шириной до 500 мм; габариты 700x150x300 мм, вес 24 кг. Вакуумная упаковка компонентов применяется для предохранения от окисления/коррозии, увлажнения (вызывающего эффект «воздушной кукурузы» при пайке в печи), пыли и механических факторов повреждения. Наилучшие характеристики при использовании герметичных пакетов серии SD. Цена 2900 eur



## АНТИСТАТИЧЕСКАЯ ОДЕЖДА

Какой толк в антистатическом халате? Он выполняет три важных функции в системе комплексной защиты от статического электричества:

1. **Экранирует** внешние объекты от воздействия электростатических полей, возникающих на внутренней одежде при трении. Внимание: на рабочем месте халат должен быть постоянно застегнут на все пуговицы (в американском стандарте ANSI/ESD S20.20 это требование указано даже отдельным пунктом), иначе его экранирующая роль сведется к минимуму.

2. **Служит проводником** для стекания заряда на землю с тела работника через антистатическую обивку сиденья и спинки стула. Внимание: халат не заменяет собой первичные средства, такие как наручный браслет или антистатическая обувь.

3. **Рассеивает** (то есть не генерирует и не аккумулирует) трибоэлектрический заряд. Внимание: этим свойством в большей мере обладают халаты с основой из хлопка без синтетических добавок.

Для реализации перечисленных функций в ткань антистатического халата вплетена тонкая сетка из токопроводящей карбоновой (неметаллической) нити, хорошо различимая на фоне белой ткани в виде регулярных квадратов. Антистатическая одежда маркируется на видном месте стандартным черно-желтым ESD-символом с изображением кисти руки в треугольнике под полукругом. В соответствии со стандартом IEC61340-5-1 время стекания заряда с предметов антистатической одежды от напряжения 1000 В до 100 В не должно превышать двух секунд; у изделий высшего качества оно обычно не превышает одной секунды.

Наиболее популярными предметами антистатической одежды Elme являются халаты с длинным рукавом, белого или синеватого цвета. Халаты Elme сшиты из ткани, содержащей 96% хлопка и 4% проводящего карбонового волокна, что выгодно отличает их по качеству от других, использующих более дешевый состав ткани (60% полиэстера, 37% хлопка, 3% карбонового волокна). Плотность ткани у халатов Elme PEQ составляет 135 г / кв.м. из соображений баланса износостойкости и воздухопроницаемости. Поверхностное сопротивление нового халата лежит в районе 3 МОм, время стекания заряда - не более 0,17 секунды. Число стирок без существенной утраты антистатических свойств по спецификациям IEC и EN — не менее 50, то есть халат прослужит надежным средством ESD-защиты не менее года при еженедельной стирке.

Чтобы не ошибиться в выборе размера халата (ибо из гигиенических соображений одежда не подлежит обмену), лучше сначала приобрести образцы для примерки, после чего заказывать партию. Если нет возможности для примерки, то рекомендуется соотнести размеры конкретного изготовителя (а иногда даже их разброс для конкретного фасона) с привычными мерками. Применительно к халатам Elme PEQ можно воспользоваться прилагаемыми справочными таблицами.



PEQ 901, 908 женские размеры	XS	S	M	L	XL	XXL
Ширина плеч, см	41	44	47	50	53	56
Окружность груди, см	98	106	114	122	130	138
Длина рукава, см	57	60	62	64	66	68
Длина халата, см	102	107	112	117	122	125

PEQ 903, 909 мужские размеры	XS	S	M	L	XL	XXL
Ширина плеч, см	44	47	50	53	56	59
Окружность груди, см	108	116	124	132	140	148
Длина рукава, см	59	61	63	65	67	69
Длина халата, см	95	99	103	107	111	115

Размеры M / L / XL приблизительно соответствуют российским размерам 46..48 / 50 / 52..54



В регионах с теплым климатом, а также в летнее время очень популярны просторные антистатические футболки и модные тенниски (поло) — рубашки с коротким рукавом универсального фасона (unisex). Модели Elme POLO сшиты из ткани, содержащей 96% хлопка и 4% проводящего карбонового волокна, что выгодно отличает их по качеству от других, использующих более дешевый состав с полиэстером. Плотность ткани модели Elme POLO составляет 140-160 г / кв.м. Поверхностное сопротивление лежит в диапазоне от 2 до 80 МОм, время стекания заряда — не более 0,3 секунды. Зафиксировать соответствие размеров различных изготовителей поло — дело почти безнадежное, поэтому перед покупкой крайне желательно иметь образцы или хотя бы каталог конкретной фирмы-изготовителя (таблица ниже для моделей Elme POLO).

POLO, универсальные размеры	S	M	L	XL	XXL
Плечи, см	49	51	53	55	57
Ширина, см	54	56	58	60	62
Длина, см	73,5	75	76,5	78	79,5
Длина рукава, см	26	27,5	29	30,5	32

Размеры M / L / XL приблизительно соответствуют российским размерам 48 / 50 / 52..54.

Достойный комплект халату или поло составят антистатические брюки. Все комментарии в отношении размеров и пробной закупки остаются в силе и приобретают даже большую настоятельность.

Брюки PEQ 906, большие размеры	XS	S	M	L	XL
Талия, см	98	104	110	124	132
Длина, см	106	110	112	118	118

К антистатическим аксессуарам правомочно отнести и перчатки — из чистого хлопка, минимизирующие генерацию статического заряда (модель GNB) и комбинированные вязаные с проводящим волокном для стекания заряда (модель GNC: 85% хлопок, 20% проводящее волокно). Заметим, что в эластичных вязаных перчатках при длительной работе пальцы устают меньше. Как и для остальных предметов одежды, стандарт IEC 61340-5-1 в качестве контрольного параметра устанавливает время стекания заряда с перчаток от 1000 до 100 В — не более 2 секунд.

Итак, «ближе к телу»: типовой (складируемый также в России) ассортимент итальянских халатов, поло и брюк приведен в прайс-листе. При размещении заказа не забывайте указать размер и цвет (халата). Помните, что обмен предметов одежды и обуви не производится!



POLO



T-9000



PEQ-906

- |                |   |        |
|----------------|---|--------|
| <b>PEQ-901</b> | Антистатический женский халат (96% хлопок, 4% проводящее волокно); время стекания заряда — не более 0,17 с; ткань голубая с желтой ESD маркировкой; плотность ткани 135 г/кв.м; мужские размеры XS / S / M / L / XL; длинный рукав; три кармана | 39 eur |
| <b>PEQ-908</b> | То же, ткань белая  | 39 eur |
| <b>PEQ-903</b> | Антистатический мужской халат (96% хлопок, 4% проводящее волокно); время стекания заряда — не более 0,17с; ткань голубая с желтой ESD маркировкой; плотность ткани 135 г/кв.м; мужские размеры XS / S / M / L / XL; длинный рукав; три кармана  | 39 eur |
| <b>PEQ-909</b> | То же, ткань белая  | 39 eur |

- PEQ-906 unisex** Антистатические брюки (96% хлопок, 4% проводящее волокно); поверхностное сопротивление 5-30 МОм, плотность 200 г/кв.м; два кармана; размеры XS / S / M / L / XL. Цена 36 eur
- T-9000 unisex** Антистатическая футболка (96% хлопок, 4% проводящее волокно); сопротивление 2-10 МОм, время стекания заряда — не более 0,3 с; ткань синяя, с ESD маркировкой; размеры M / L / XL. Цена 30 eur
- POLO unisex** Антистатическая тенниска (polo) с коротким рукавом (96% хлопок, 4% проводящее волокно) синяя, с ESD маркировкой; размеры S / M / L / XL / XXL. Цена 29 eur
- GNB** Перчатки белые из 100% хлопка, минимизирующие генерацию статического заряда; размеры M и L. Цена 1,5 eur
- GNC 9000** Перчатки антистатические вязаные (состав: 50% полиамид, 50% проводящее волокно), эластичные, серого оттенка. Цена 5 eur



GNC-9000

## АНТИСТАТИЧЕСКАЯ ОБУВЬ

Универсальным способом заземления персонала является связка **обувь — напольное покрытие**. Это гораздо более дорогостоящий вариант, чем индивидуальное заземление при помощи наручного браслета, зато он обеспечивает непрерывное заземление при передвижении персонала в зоне антистатической защиты. В соответствии с положениями стандарта IEC 61340-5-1, если не используются антистатическое напольное покрытие и проводящая обувь, то ESD-чувствительные компоненты следует транспортировать в защитной упаковке даже внутри защищенной зоны, что явно обременительно. Поэтому стандарт рекомендует начинать оснащение всей рабочей зоны с антистатического покрытия пола, или в минимальном варианте — с напольного коврика в рамках ближней дистанции передвижения оператора.

Обувь при этом должна обладать нормированной проводимостью для стекания заряда с ноги на проводящий коврик. Согласно нормам IEC 61340-5-1 проходное сопротивление обуви должно быть в диапазоне от 750 кОм до 35 МОм, если цепочка «обувь — напольное покрытие» используется в качестве первичного (основного) средства заземления, или от 100 кОм до 100 МОм, если обувь используется в качестве вторичного (дополнительно к наручному браслету) средства заземления.

Высококачественная антистатическая обувь изготавливается на основе натуральной кожи, на кожаной или полиуретановой подошве, и обязательно маркируется стандартным ESD-символом. Обувь представлена на мировом рынке в очень широком ассортименте — десятки видов в различной цветовой гамме по каталогам продавцов, — так что теоретически можно подобрать модель почти на любой вкус. Практически же приходится ориентироваться на складские предложения местных дистрибьюторов, ибо покупка нескольких пар обуви на заказ с индивидуальной доставкой из Европы или США — неоправданная роскошь для труженика.

Две наиболее популярные модели фирмы Elme, доступные со склада в России — сандалии Natura Open и сабо ZAD-9000 — пользуются устойчивым спросом как среди мужчин-ремонтников, так и женщин-радиомонтажниц. Фирма Elme производит также мужские модели под замшу и обувь спортивного вида с вшитым металлическим каркасом безопасности для складских работников. Туфли могут быть дополнены антистатическими стельками для комфортабельной подгонки по размеру; кроме того, стельки легко стирать. Для частой стирки годятся и синтетические модели сабо RADO в отличие от Natura Open и ZAD-9000, изготовленных из натуральной кожи.



ZAD-9000



Natura Open

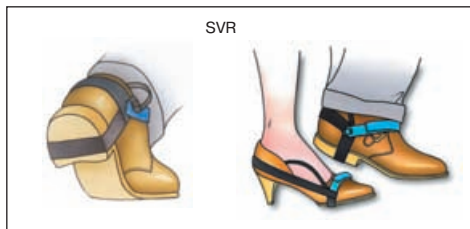


Flexa

При отсутствии полноценной антистатической обуви следует пользоваться хотя бы лодыжечными ремешками заземления, доступными в мужском (STV-UR2) и женском (STV-DR2) исполнении. По требованиям электробезопасности (не имеющим отношения к антистатике) контакт ремешка с полом осуществляется через интегрированный мегаомный резистор. Временным посетителям ESD-защищенных зон (в том числе начальникам) следует надевать антистатические бахилы; они же годятся для посещений «чистых комнат» микроэлектронных производств. Таким образом, антистатическая обувь вносит ощутимый вклад в решение проблем ESD, которые невозможно устранить с помощью других аксессуаров. Популярные итальянские модели Elme всех размеров доступны российскому потребителю со склада по вполне приемлемым ценам. Европейский размер обуви как правило чуть меньше одноименного российского, но для различных моделей эта разница может быть дифференцирована. Чтобы не ошибиться в выборе размера (ибо из гигиенических соображений обувь не подлежит обмену), лучше сначала приобрести пару для примерки, после чего заказывать партию.



COVERSHOE



SVR



RADO



FTB

<b>ZAD-9000</b>	Антистатические туфли-сабо: белые, из натуральной кожи, без заднего ремешка, перфорированные, с нескользящей подошвой	38 eur
<b>Natura Open</b>	Антистатические открытые сандалии из натуральной кожи: белые, без заднего ремешка, с нескользящей подошвой	44 eur
<b>RADO white</b>	Антистатические туфли-сабо: белые, с эластичным задним ремешком, перфорированные, с нескользящей подошвой, пригодные для стирки при 30°C	52 eur
<b>RADO black</b>	Антистатические туфли-сабо: белые, с эластичным задним ремешком, перфорированные, с нескользящей подошвой, пригодные для стирки при 30°C	52 eur
<b>Flexa</b>	Антистатические мужские туфли на шнурках, с очень прочной подошвой; цвет темно-коричневой замши	56 eur
<b>FTB</b>	Антистатические стельки для повышенного комфорта и гигиены: толщина 2 мм, допускают стирку. Размеры европейские от 37 до 45; цена за пару	3 eur
<b>STV-UR2</b>	Антистатический ремешок заземления на лодыжку (мужской), с резистором 2 МОм; используется посетителями ESD-защищенных зон и персоналом при отсутствии специальной обуви	8 eur
<b>STV-DR2</b>	Антистатический ремешок заземления на лодыжку (женский), с резистором 2 МОм; используется посетителями ESD-защищенных зон и персоналом при отсутствии специальной обуви	8 eur
<b>COVERSHOE</b>	Антистатические с ремешком заземления безразмерные бахилы на обувь для посетителей «чистых комнат» (clean room) и ESD-защищенных зон; цена за пару	4 eur

## ИОНИЗАЦИЯ ВОЗДУХА

Основным методом борьбы со статическим электричеством является заземление объектов и персонала. Однако этот метод «не работает» для диэлектриков — материалов, имеющих сопротивление более 100 ГОм, заземление которых через проводник не приводит к стеканию статического заряда на землю. Корпуса приборов, органы управления, шнуры питания, пластмассовые детали и изоляционные материалы могут представлять реальную опасность для электронных компонентов, чувствительных к электростатике. Стандарт IEC61340-5 рекомендует по возможности не использовать диэлектрики в ESD-защищенной зоне, а при вынужденном их присутствии нейтрализовать заряд ионизацией воздуха. Кроме того, упоминается, что ионизация воздуха иногда полезна даже для проводящих поверхностей объектов, если по каким-то причинам их не удастся заземлить (например, в движении).

Для того, чтобы эффективно нейтрализовать заряд на диэлектрике, необходимо увеличить проводимость окружающего воздуха. Всем нам случалось видеть, как воздушный шарик, прилипший к стене

под действием статического электричества, через какое-то время падает. Это обусловлено тем, что воздух является проводником, через который постепенно стекает заряд статического электричества. Чем меньше проводимость обладает воздух, тем медленнее нейтрализуется заряд и дольше висит воздушный шарик. Однако при работе с чувствительными электронными компонентами достаточно мгновения для повреждения их разрядом статического электричества. Есть два пути снижения остроты проблемы: повышение влажности воздуха и его ионизация. Первый способ проще, но он нередко влечет вторичные проблемы, такие как дискомфорт персонала, коррозия металла и ухудшение качества пайки. Оптимальная относительная влажность воздуха в зоне ESD-защиты обычно не превышает 55%, хотя во многом зависит от специфики производства. В любом случае влажность воздуха на рабочем месте должна быть строго контролируемым параметром, мониторинг которого осуществляется непрерывно или дискретно с высокой периодичностью при помощи специальных приборов. Тем не менее, поддержание оптимального уровня влажности является лишь благоприятным фоном, тогда как наиболее действенным способом нейтрализации заряда на диэлектриках является именно ионизация воздуха.

Ионизатор генерирует поток положительно и отрицательно заряженных ионов, которые, притягиваясь к молекулам противоположной полярности, нейтрализуют статический заряд на объектах рабочей зоны. Для доставки ионов к рабочим поверхностям объектов ионизаторы обычно оснащаются встроенным вентилятором. В промышленности наиболее широко используются коронные (игольчатые) ионизаторы трех разновидностей.

**Ионизаторы переменного тока (AC ionizers)** наиболее типичны для электроники в качестве компонента ESD-защиты. Они имеют один или несколько игольчатых электродов — эмиттеров, которые поочередно генерируют положительные и отрицательные ионы с частотой питающей сети 50 Гц, так что вокруг них создается концентрированное «ионное облако». Объект, несущий статический заряд, находясь или продвигаясь вблизи ионного облака, привлекает ионы противоположной полярности, следствием чего является нейтрализация заряда на объекте. При отсутствии статически заряженного объекта разнополярные ионы рекомбинируются между собой или стекают на землю. Преимущество таких ионизаторов состоит в сбалансированной генерации ионов и возможности размещения ионизатора в непосредственной близости от объектов, требующих нейтрализации заряда. Кроме того, ионизаторы переменного тока являются самыми недорогими.

**Ионизаторы постоянного тока непрерывного действия (Steady-state DC ionizers)** используют отдельные эмиттеры для выработки разнополярных ионов. Они обеспечивают более высокую концентрацию ионов в воздухе, поскольку каждый эмиттер непрерывно испускает положительные (отрицательные) ионы, и интенсивность их рекомбинации невелика. В отличие от ионизаторов переменного тока эти ионизаторы эффективно нейтрализуют заряд даже на быстродвижущихся объектах. Не рекомендуется устанавливать их слишком близко к объекту, поскольку в этом случае может нарушаться сбалансированность ионного потока. Ионизаторы данного типа являются наиболее дорогостоящими и требуют точной балансировки.

**Ионизаторы постоянного тока импульсного действия (Pulsed DC ionizers)** представляют собой линейку игольчатых эмиттеров разной полярности, подсоединенных к отдельным генераторам положительных и отрицательных импульсов высокого напряжения, работающим поочередно. Преимуществом таких ионизаторов является возможность регулирования количественного соотношения вырабатываемых положительных и отрицательных ионов. Если известно, что объекты рабочей зоны несут положительный заряд, то для его более эффективной нейтрализации следует увеличить цикл генерации отрицательных ионов, и наоборот. Импульсные ионизаторы разнополярные ионы с достаточно низкой частотой (2..20 Гц), что позволяет нейтрализовать заряд на значительном расстоянии без использования принудительного потока воздуха. Степень рекомбинации ионов незначительна благодаря чередованию циклов полярности и большому расстоянию между эмиттерами. Недостатком таких ионизаторов является вероятность перепадов напряжения, опасных для наиболее чувствительных компонентов.

Все три выше описанные технологии широко используются в производстве современных ионизаторов, начиная от комплексных установок для ионизации воздуха в помещении и заканчивая компактными устройствами размером с ладонь для целей местной ионизации. Ионизаторы локального действия являются наиболее эффективными, поскольку поток ионизированного воздуха направляется именно на те диэлектрические поверхности, где присутствует заряд. В результате заряд нейтрализуется на порядок быстрее, чем при использовании комплексной ионизации воздуха во всем помещении. Рассмотрим наиболее популярные варианты конструктивной реализации ионизаторов локального действия, положительно зарекомендовавших себя применением в электронной промышленности.

**Прицельный ионизатор-распылитель (focused air ionizer)** используется, когда воздействие необходимо на очень небольшом участке. Такой ионизатор представляет собой компактное ручное устройство (иногда с педалью), работающее с подачей сжатого воздуха от внешнего компрессора. Заодно с нейтрализацией заряда на объекте, воздушным потоком можно удалять и мелкие частицы, привлеченные к объекту статическим потенциалом.

**Настольный ионизатор (bench ionizer)** — компактный прибор для стационарного применения на рабочем столе. Разумеется, его можно закрепить на полке или даже на стене: важно лишь, чтобы поток

ионизированного воздуха свободно достигал рабочих поверхностей заряженных объектов. Важнейшим фактором при выборе настольного ионизатора является не только размер, но и производительность: именно по этому параметру отличаются имеющиеся на рынке многочисленные модели настольных ионизаторов - от американских до китайских.

**Подвесной ионизатор** (undershelf / overhead ionizer) радикально решает проблему препятствий в горизонтальной плоскости, порой возникающую при использовании настольного ионизатора. Кроме того, вертикальное направление воздушного потока обеспечивает более равномерную и интенсивную ионизацию заряженных поверхностей диэлектриков во всей рабочей зоне.

**Тестирование эффективности ионизатора** согласно стандарту EOS/ESD 3.1 состоит в нейтрализации электростатического заряда на изолированной металлической пластине. Напряжение измеряется бесконтактным тестером. От установленного начального значения 1000 В заряд нейтрализуют при помощи ионизатора до уровня 100 В, фиксируя необходимое для этого время. Тест выполняется для 12 различных точек, а остаточное напряжение измеряют в течение одной минуты после окончания действия ионизатора. В таблицах ниже представлены результаты тестирования ионизатора VSE3000 по диаграмме направленности обдува. При отсутствии специального контрольно-измерительного устройства с пластиной (charged plate monitor) для целей тестирования можно использовать пластмассовую поверхность и портативный измеритель электростатического поля (как EOS2001). Тестирование ионизаторов рекомендуется проводить ежемесячно, чтобы иметь уверенность в их надлежащей работе. Нельзя забывать и о профилактической чистке эмиттеров, ибо от их чистоты в решающей степени зависит плотность генерируемого ионного потока.

Время стекания заряда

Расстояние от ионизатора в дюймах	12" влево	по центру	12" вправо
12"	23.5 сек	0.8 сек	24.5 сек
24"	5.5 сек	1.6 сек	5.8 сек
36"	5.5 сек	2.8 сек	5.3 сек
48"	7.3 сек	3.8 сек	6.0 сек

Остаточное напряжение

Расстояние от ионизатора в дюймах	12" влево	В центре	12" вправо
12"	- 2 В	- 1 В	+ 1 В
24"	- 1 В	0 В	+ 1 В
36"	0 В	0 В	0 В
48"	0 В	0 В	0 В

Выбор ионизатора — ответственное дело. Прежде всего, следует убедиться в том, что технические характеристики ионизатора соответствуют требованиям действующих стандартов по антистатике. Европейский стандарт IEC61340-5 определяет максимальное время стекания заряда под действием ионизатора (от 1000 В до 100 В), равное 20 секундам. Другим критерием является остаточное напряжение, которое измеряют в течение одной минуты по окончании действия ионизатора: оно должно быть не более 0±5 В в соответствии с американским стандартом EOS/ESD 3.1, определяющим параметры и методы тестирования ионизаторов. Американский стандарт имеет вес в области ионизации потому, что большинство воздушных ионизаторов для применений в электронике производятся именно в США, хотя они фигурируют и в каталогах европейских поставщиков ESD, адаптированные к европейской сети электропитания 230 В. Приобретая ионизатор, запросите полную инструкцию по эксплуатации в переводе на русский язык, поскольку в ней описана важная процедура профилактической чистки эмиттеров ионизатора.

Одним из оптимальных приборов считается настольный промышленный ионизатор VSE3000. Он полностью соответствует требованиям стандартов EOS/ESD 3.1, UL (Underwriters Laboratories) и имеет ряд особенностей, выгодно отличающих его от других моделей:

- запатентованная система автобалансировки, обеспечивающая баланс в рамках ±5 В даже при скачках напряжения питающей сети;
- регулировка интенсивности обдува и направления воздушного потока;
- низкий уровень шума при генерации мощного потока ионизированного воздуха (обеспечивается использованием шумопоглощающих материалов);
- регулируемый подогрев воздуха (до +8°С выше температуры окружающей среды);
- симметричная диаграмма направленности ионизации с максимальным размахом в плоскости 60°;
- прямой доступ к эмиттерам для профилактической чистки.

VSE3000 является ионизатором переменного тока; каждый эмиттер генерирует поочередно положительные и отрицательные ионы с частотой 50 Гц. Габариты прибора 254x305x159 мм, вес 3,6 кг. Уровень шума на расстоянии 60 см не превышает 63 дБ при максимальной производительности вентилятора (76 л/с) и скорости воздушного потока 2,8 м/с. Модель VSE3000 работает от электросети 230 В / 50 Гц, потребляя мощность не более 35 Вт при выключенном подогреве или до 435 Вт при подогреве, включенном на максимум. Декларируемый ресурс эксплуатации эмиттеров составляет не менее 50 тыс. часов.



VSE 3000

## ПРИБОРЫ МОНИТОРИНГА И АУДИТА

**Тестер-стенд** индивидуальных средств заземления используется для ежедневного предоперационного контроля наручного браслета как первичного средства заземления, а также обуви как вторичного или вторичного средства заземления. Для пользования стендом Elme SVR-SR2 работник встает на металлическую плиту, подключает шнур от браслета к разъему на стенде и выбирает переключателем режим контроля «браслет», «обувь» или «браслет + обувь». При нажатии металлической кнопки на стенде производится измерение сопротивления от нее через браслет с гарнитурой и обувь к напольной пластине. В случае сопротивление оказывается вне допустимого диапазона значений по стандарту IEC61340, стенд выдает предупреждающий сигнал. Заметим, что сопротивление обуви уменьшается при увлажнении стельки, поэтому тестирование корректно производить по истечении нескольких минут ее ношения, а не сразу.



SVR-SR2

**Комбинированный тестер** совмещает три измерительных прибора с цифровым отображением результата на дисплее: гигрометр, термометр и мегаомметр с электродами в виде гирь для измерения поверхностного сопротивления антистатической мебели, настольных и напольных ковриков, тканей, а также проходного сопротивления к земле. Влажность и температура — важнейшие параметры, фиксируемые при измерении сопротивления. При нажатии кнопки в центре прибора в течение нескольких секунд производится одновременное измерение сопротивления, влажности и температуры. Вместе с электродами (каждый весом по 2,25 кг согласно спецификациям IEC61340) и блоком питания комбинированный тестер MULTIMEG размещается в инспекционном кейсе общим весом около 5 кг.



MULTIMEG

**Измеритель напряженности статического поля** предназначен для обнаружения мест опасного присутствия статического заряда; может использоваться также для оценки эффективности ионизаторов. Прибор предлагается на мировом рынке в нескольких вариантах реализации, в том числе у Elme как STATIC LOCATOR EOS2001 с перечнем достоинств:

- компактный карманный размер, длительное питание от батарейки;
- измерение с возможностью временного запоминания результата;
- световая индикация номинальной дистанции от прибора до объекта;
- корпус прибора из проводящего пластика с разъемом заземления;
- цифровой ЖК-дисплей с автоматическим выбором диапазона;
- аналоговый выходной сигнал для систем сбора данных;
- пригодность для использования даже в ионизированном воздухе.



EOS 2001

Для снятия показаний прибор располагают на расстоянии 1 дюйм от подозрительного объекта - носителя статического заряда. Через мгновение на дисплее появится значение напряженности электрического поля в киловольтах на дюйм. Прибор оснащен функцией HOLD для снятия показаний в неудобных местах, где прямое наблюдение дисплея невозможно. Точность измерений зависит от стабильности заземления и расстояния до объекта, а также от соотношения размера объекта и расстояния, с которого производится измерение.

«Трудно поймать черную кошку в темной комнате. Особенно если ее там нет.» Изречение Конфуция можно отнести к проблеме статического электричества: настолько ли губительно последнее, как декларируют продавцы спасительных антистатических принадлежностей? Убедитесь сами: примените на практике хотя бы часть технических средств и рекомендаций специалистов, собранных в этой брошюре, и благоприобретенный опыт станет вашим надежным навигатором в движении к вершинам Hi-Tech.



# ИМПЕРИЯ АНТИСТАТИКИ



Комплексное антистатическое оснащение из Италии



## ВСЕ БРОШЮРЫ 2005 ГОДА

- Оптический инструмент для hi-tech электроники
- Припои и флюсы для ручной пайки hi-tech
- Паяльно-ремонтный инструмент hi-tech
- Паяльный инструмент широкого применения
- Прецизионный инструмент монтажника-регулировщика
- Антистатическое оснащение: нормативы и аксессуары
- Технологическое оборудование малых производств