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

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ IEC/TS 61340-4-2— 2024

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

Методы испытаний для прикладных задач. Электростатические свойства одежды

(IEC/TS 61340-4-2:2013, IDT)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2024

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

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

Сведения о стандарте

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

2 ВНЕСЕН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 31 июля 2024 г. № 175-П)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Армения	AM	ЗАО «Национальный орган по стандартизации и метрологии» Республики Армения
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан
Россия	RU	Росстандарт
Узбекистан	UZ	Узбекское агентство по техническому регулированию

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 19 августа 2024 г. № 1087-ст межгосударственный стандарт ГОСТ IEC/TS 61340-4-2—2024 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 октября 2024 г.

5 Настоящий стандарт идентичен международному документу IEC/TS 61340-4-2:2013 «Электростатика. Часть 4-2. Методы испытаний для прикладных задач. Электростатические свойства одежды» («Electrostatics — Part 4-2: Standard test methods for specific application — Electrostatic properties of garments», IDT).

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

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

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

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

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

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

© IEC, 2013
© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2024



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

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 2
4 Условия окружающей среды при выдержке и испытаниях 2
5 Подготовка образцов и испытуемых материалов 3
5.1 Испытуемые образцы 3
5.2 Оборудование для испытаний и материалы 3
6 Методы испытаний 3
6.1 Общие положения 3
6.2 Сопротивление и удельное сопротивление 4
6.3 Время стекания заряда 5
6.4 Измерение электростатических разрядов 6
6.5 Ослабление поля 7
6.6 Испытания на трибоэлектрический эффект 7
6.7 Испытание на прилипание 8
6.8 Емкостная нагрузка 8
Приложение А (обязательное) Трибоэлектрический эффект при снятии предметов одежды 9
Приложение В (обязательное) Трибоэлектрический эффект при взаимодействии с сиденьями 12
Приложение С (обязательное) Испытания на заряжаемость 16
Приложение D (обязательное) Емкостная нагрузка 26
Приложение Е (справочное) Простые испытания на трибоэлектрификацию 36
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам 38
Библиография 38

Введение

Предметы одежды, которые используют большинство людей в обычной жизни, обычно не предназначены для рассеивания статического электричества. Некоторые натуральные волокна, такие как хлопок и лен, имеют достаточно сохраненной влажности, чтобы обеспечивать некоторую степень проводимости, и могут рассеивать заряд на требуемом уровне. Однако синтетические волокна, такие как полиэстер или полиамид, или натуральные волокна в условиях низкой влажности не способны быстро рассеивать заряд. Если электростатический заряд образуется на предмете одежды, это может привести к следующим эффектам:

a) пыль и другие взвеси в воздухе могут притягиваться к поверхности заряженного предмета одежды;

b) предметы одежды, которые сами по себе мало весят, могут прилипать к телу пользователя;

c) электрическое поле, связанное с образованием заряда на предмете одежды, может повредить или разрушить чувствительные электронные системы и компоненты;

d) электростатический разряд от предметов одежды может стать причиной зажигания воспламеняемых или взрывоопасных материалов, а также повреждения или разрушения чувствительных электронных систем и компонентов;

e) заряд на предмете одежды создает потенциал на теле человека, изолированного от цепи заземления, и это может привести к повреждающему и опасному искровому разряду с тела человека.

Некоторые из этих эффектов считаются допустимыми, но в большинстве случаев наличие таких эффектов неприемлемо. Для оценки вероятности появления возможных проблем необходимо определить способность предметов одежды к заряжению или созданию электростатических разрядов или оценить способность одежды рассеивать заряд за требуемое время. Если предметы обычной одежды оказываются неприемлемыми, вместо них используют специально сконструированные и изготовленные предметы одежды, которые предотвращают нежелательные эффекты статического электричества, т. е. антистатическую одежду. Для оценки потенциальных рисков и эффективности рассеивания заряда с предметов антистатической одежды используют подходящие методы испытаний.

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

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

Методы испытаний для прикладных задач. Электростатические свойства одежды

Electrostatics. Standard test methods for specific application.
Electrostatic properties of garments

Дата введения — 2024—10—01

1 Область применения

Настоящий стандарт содержит методы испытаний и процедуры, которые используют для оценки электростатического заряжения и возникновения электростатических разрядов, способности к ослаблению поля и рассеиванию зарядов на предметах одежды и материалах, из которых она изготовлена.

Описанные методы испытаний подходят для оценки предметов одежды для верхней и нижней части тела, включая головные уборы, но не подходят для обуви, методы испытаний для которой приведены в других стандартах серии IEC 61340 (см. [1] и [2][1)]), а также не подходят для перчаток и напальчников.

Описанные методы испытаний не применяют для оценки предметов одежды и материалов с точки зрения безопасности персонала[2)].

2 Нормативные ссылки

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

IEC/TR 61340-1:2012, Electrostatics — Part 1: Electrostatic phenomena — Principles and measurements (Электростатика. Часть 1. Электростатические явления. Принципы и измерения)

IEC 61340-2-1:2002[3)], Electrostatics — Part 2-1: Measurement methods — Ability of materials and products to dissipate static electric charge (Электростатика. Часть 2-1. Методы измерений. Способность материалов и изделий рассеивать электростатические заряды)

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

IEC 61340-2-3:2000[4)], Electrostatics — Part 2-3: Methods of test for determining the resistance and resistivity of solid materials used to avoid electrostatic charge accumulation (Электростатика. Часть 2-3. Методы определения сопротивления и удельного сопротивления твердых материалов, используемых для предотвращения накопления электростатического заряда)

[1)] *Цифры в квадратных скобках относятся к разделу «Библиография».*

[2)] *Описанные методы испытаний не применяют для оценки предметов одежды и материалов, используемых человеком как средство индивидуального пользования для предотвращения или уменьшения воздействия на человека вредных и (или) опасных факторов.*

[3)] *IEC 61340-2-1:2002 заменен на IEC 61340-2-1:2015. Однако для однозначного соблюдения требования настоящего стандарта, выраженного в датированной ссылке, рекомендуется использовать только указанное в этой ссылке издание.*

[4)] *IEC 61340-2-3:2000 заменен на IEC 61340-2-3:2016. Однако для однозначного соблюдения требования настоящего стандарта, выраженного в датированной ссылке, рекомендуется использовать только указанное в этой ссылке издание.*

Издание официальное

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

ISO 3175-2, Textiles — Professional care, drycleaning and wetcleaning of fabrics and garments — Part 2: Procedure for testing performance when cleaning and finishing using tetrachloroethene (Материалы и изделия текстильные. Профессиональный уход, сухая и мокрая чистка текстильных материалов и предметов одежды. Часть 2. Метод проведения испытаний при чистке и отделке с использованием тетрахлорэтилена)

ISO 3175-3, Textiles — Professional care, drycleaning and wetcleaning of fabrics and garments — Part 3: Procedure for testing performance when cleaning and finishing using hydrocarbon solvents (Материалы текстильные. Профессиональный уход, сухая и мокрая химическая чистка тканей и одежды. Часть 3. Метод проведения испытаний при чистке и заключительной обработке с применением углеводородных растворителей)

ISO 6330, Textiles — Domestic washing and drying procedures for textile testing (Материалы текстильные. Методы домашней стирки и сушки для испытаний)

ISO 15797, Textiles — Industrial washing and finishing procedures for testing of workwear (Материалы и изделия текстильные. Процедуры промышленной стирки и заключительной отделки для испытаний одежды для работников)

AATCC[1)], Test Method 115, Electrostatic Clinging of Fabrics: Fabric-to-Metal Test (Метод испытаний 115, Электростатическое прилипание тканей: Испытание ткани с металлом)

BS 7506-1:1995, Methods for measurement in electrostatics — Part 1: Guide to basic electrostatics (Методы измерений в электростатике. Часть 1. Руководство по основам электростатики)

EN 1149-3:2004, Protective clothing — Electrostatic properties — Part 3: Test methods for measurement of charge decay (Одежда защитная. Электростатические свойства. Часть 3. Методы испытаний для измерения убывания заряда)

EN 1149-5, Protective clothing — Electrostatic properties — Part 5: Material performance and design requirements (Защитная одежда. Электростатические свойства. Часть 5. Технические требования к материалам и конструкции)

NT ELEC 036:2006, Fabrics and inhomogeneous materials: Measurement of a direct discharge from an ESD protective material, such as an ESD garment/fabric (Ткани и неоднородные материалы. Измерение прямого разряда от антистатического материала, такого как одежда/ткань)

NT ELEC 037:2006, Protective garments: Measurement of the charge decay time of ESD-protective garments (Защитная одежда. Измерение времени стекания заряда с антистатической одежды)

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по IEC/TR 61340-1:2012, а также следующие термины с соответствующими определениями. Помимо этого, где это необходимо для целей данного стандарта, применяются дополнительные определения, приведенные в нормативных ссылках, перечисленных в разделе 2.

3.1 **емкостная нагрузка** (capacitance loading): Уровень, на который подавляется поверхностное напряжение по сравнению с изолятором и который рассчитывается как отношение поверхностного потенциала на единицу величины заряда для тонкой пленки качественного изолятора к поверхностному потенциалу на единицу заряда с распределением аналогичного поверхностного заряда на испытуемом материале.

3.2 **ослабление поля** (field suppression): Ослабление электростатического поля, возникающего от заряженных предметов одежды, надетых под антистатической одеждой.

3.3 **индукционный заряд** (induction charging): Создание разности потенциалов на испытуемом материале под воздействием электрического поля от заряженного электрода, расположенного рядом.

4 Условия окружающей среды при выдержке и испытаниях

Так как электростатические свойства материалов зависят от температуры и относительной влажности воздуха, необходимо, чтобы все измерения проводились по возможности в управляемых условиях.

[1)] *Американская ассоциация текстильной промышленности и колористики.*

Если не указаны дополнительные условия, например в стандартах продукции, то используют условия, указанные в настоящем стандарте, или их корректируют и подстраивают под конкретный случай. Наиболее подходящие условия и время выдержки перед измерениями должны быть выбраны в соответствии с типом материала, конкретной областью применения и ожидаемыми условиями эксплуатации. Рекомендуется провести как минимум две серии измерений, при самом низком ожидаемом значении и при самом высоком ожидаемом значении относительной влажности.

Если обеспечение требуемых условий окружающей среды невозможно, необходимо сделать записи о фактической температуре воздуха и относительной влажности воздуха в момент проведения измерений. Если атмосферные условия известны в течение 24 ч перед началом измерений, диапазон этих условий также должен быть задокументирован.

Информация об условиях окружающей среды во время выдержки и испытаний должна быть включена в протокол испытания для всех измерений, выполненных в соответствии с настоящим стандартом.

5 Подготовка образцов и испытуемых материалов

5.1 Испытуемые образцы

Новые предметы одежды могут быть обработаны специальными отделками для уменьшения их способности к заряжению или для увеличения скорости рассеивания заряда. Даже если такие отделки не применялись намеренно, могут присутствовать остатки других отделок, которые оказывают аналогичный эффект. Остаточные отделки и намеренно нанесенные отделки могут быть непостоянными, и их эффективность будет уменьшаться по мере использования и чистки. При оценке предметов одежды и материалов предметов одежды, предназначенных для длительного использования, необходимо убедиться, что временные отделки были удалены перед испытанием с помощью чистки.

Образцы могут быть испытаны до и после чистки, для того чтобы оценить эффект, вызванный процедурами чистки.

Если иное не указано в стандартах на продукцию или по соглашению между заинтересованными сторонами, чистку для удаления временных отделок при необходимости следует проводить в соответствии с международными стандартами, такими как ISO 6330 (домашняя стирка), ISO 15797 (промышленная стирка), ISO 3175-2 или ISO 3175-3 (сухая чистка). Процедуры чистки (в том числе количество циклов, температура стирки, моющие средства и т. д.) выбирают с учетом типа материала, рекомендуемых изготовителем процедур чистки, предполагаемого применения и ожидаемых условий использования.

Полное описание всех процедур чистки, выполненных перед испытаниями, должно быть включено в протокол испытаний.

5.2 Оборудование для испытаний и материалы

Оборудование для испытаний и материалы, контактирующие с образцами, особенно во время испытания на трибоэлектризацию, следует поддерживать в чистом состоянии и не допускать наличия загрязняющих веществ, которые могут повлиять на результаты испытаний.

6 Методы испытаний

6.1 Общие положения

Методы испытаний для выполнения соответствующих измерений на предметах одежды и материалах проведены в таблице 1.

Таблица 1 — Применяемые методы испытаний для предметов одежды и материалов

Измеряемый параметр	Используемый стандарт	Раздел настоящего стандарта	Подходит для		
			предметов одежды	материала	проверки соответствия
Сопротивление	IEC 61340-2-3 IEC 61340-4-9	6.2	Да	Да	Да

Окончание таблицы 1

Измеряемый параметр	Используемый стандарт	Раздел настоящего стандарта	Подходит для		
			предметов одежды	материала	проверки соответствия
Время стекания заряда	IEC 61340-2-1	6.3.2	Да	Да	Да
	EN 1149-3	6.3.3	Да	Да	Да
	NT ELEC 037	6.3.4	Да	Да	Да
	NT ELEC 037	6.3.5	Да	Да	Да
Уровень электростатических разрядов	NT ELEC 036	6.4	Нет	Да	Нет
Ослабление поля	EN 1149-3	6.5	Да	Да	Да
Трибоэлектрическое заряжение	Настоящий стандарт	6.6.3, приложение А, С.2	Да	Да	Да
	Настоящий стандарт	6.6.4, С.3	Да	Да	Да
	Настоящий стандарт	6.6.5, приложение В	Да	Да	Да
	Настоящий стандарт	приложение Е	Да	Нет	Да
Прилипание	AATCC 115	6.7	Нет	Да	Нет
Емкостная нагрузка	Настоящий стандарт	6.8, приложение D	Да	Да	Да
Примечание — Проверка соответствия включает ежедневные проверки и проверки перед использованием. Методы испытаний могут требовать доработок в соответствии с областью применения.					

6.2 Сопротивление и удельное сопротивление

6.2.1 Выбор соответствующего метода определения сопротивления

Измерение сопротивления материалов и предметов одежды проводят с помощью методов, приведенных в таблице 2.

Таблица 2 — Методы испытаний для измерения сопротивления

Испытуемый образец	Измеряемый параметр	Стандарт
Материал одежды	Поверхностное сопротивление	IEC 61340-2-3
	Объемное сопротивление	
	Сопротивление «от точки до точки»	
Предметы одежды	Поверхностное сопротивление	
	Объемное сопротивление	
	Сопротивление «от точки до точки»	IEC 61340-4-9
	Сопротивление «рукава-рукав»	
	Сопротивление «от точки до точки заземления»	

Если размер испытуемого предмета одежды позволяет, то проводят три измерения поверхностного сопротивления и/или объемного сопротивления в разных местах на одном образце. В качестве альтернативы может быть проведено по одному измерению на трех отдельных предметах одежды. Этот

вариант применим в том случае, если предмет одежды слишком мал для выполнения трех измерений в трех разных точках.

Измерения с использованием электродов, описанные в IEC 61340-2-3, не применимы на предметах одежды с размерами менее 80 мм во всех направлениях. В таких случаях измерения проводят на больших образцах материала, из которого изготовлен испытуемый предмет одежды. Если это невозможно, могут быть использованы электроды меньшего размера при условии, что они будут подробно описаны в протоколе испытаний.

Измерение объемного сопротивления на предмете одежды, как правило, проводят между внутренней и внешней поверхностями. Для того, чтобы добиться этого в таких областях, как рукава или штанины, или на таких предметах, как перчатки, необходимо вставить нижний электрод (описанный как датчик 2 в IEC 61340- 2-3) внутрь одежды. Если нижний электрод слишком большой, чтобы поместиться во внутренней части предмета одежды, как, например, в случае с перчатками, предмет одежды необходимо разрезать или должны быть использованы электроды меньшего размера при условии, что они будут подробно описаны в протоколе испытаний.

6.2.2 Расчет значений удельного сопротивления

При необходимости значения поверхностного сопротивления и объемного сопротивления должны быть преобразованы в удельное поверхностное сопротивление и удельное объемное сопротивление соответственно, по формулам, указанным в IEC 61340-2-3:2000 (раздел 9).

Примечание 1 — Часто удельное поверхностное сопротивление текстильных материалов вычисляют с помощью формулы, отличной от приведенной в 9.1 IEC 61340-2-3:2000. Типичным примером является [3]. Разница в значениях, рассчитанных по двум различным формулам, составляет 3,3 % от меньшего значения для электродов, приведенных в IEC 61340-2-3:2000.

Примечание 2 — Значения удельного сопротивления могут быть определены только тогда, когда материал, из которого изготовлен предмет одежды, является электрически однородным, т. е. все компоненты которого имеют сходные электрические свойства или в котором компоненты с различными электрическими свойствами равномерно распределены, из-за чего материал обладает очевидными однородными электрическими свойствами.

6.3 Время стекания заряда

6.3.1 Выбор соответствующего метода определения времени стекания заряда

Принцип измерения времени стекания заряда состоит в том, чтобы поддержать или создать электрический заряд на или в материале и наблюдать скорость, с которой заряд рассеивается. Методы испытаний в основном различаются по процедуре, используемой для поддержания или создания заряда. В настоящем стандарте описаны различные методы с разными способами заряжения испытуемого материала. Заряд измеряют не напрямую, рассеивание заряда определяют путем измерения связанных параметров. В первых трех методах скорость рассеивания заряда наблюдают с использованием контрольного устройства с заряженной пластиной (КУЗП) для измерения электрического потенциала, а для других трех методов используют измеритель поля для наблюдения за изменением электрического поля, вызванного рассеиванием заряда.

Выбор наиболее подходящего метода зависит от характера испытуемого предмета одежды, того, как именно он может заряжаться при использовании и как с него может рассеиваться заряд. Некоторые из описанных методов в целом пригодны для ряда различных применений, а другие являются подходящими для более конкретных областей. Например, метод заряжения коронным разрядом может использоваться для оценки большинства типов материалов предметов одежды в широкой области применения. Или, например, метод с применением заряженной металлической пластины лучше всего подходит для оценки способности материалов рассеивать заряд от проводников, которые вступают в контакт с ними, например рассеивание заряда с ручных инструментов через перчатки.

Для некоторых методов испытаний, перечисленных в настоящем стандарте, указаны точки начала и окончания отсчета времени. Данные точки отсчета следует использовать или корректировать для конкретного случая применения метода, если не указаны другие значения, например в стандартах на продукцию. Начальная и конечная точки измерения периода затухания заряда в соответствии с настоящим стандартом должны быть включены в протокол испытаний в формате, соответствующем используемому методу испытаний.

Примечание 1 — Несмотря на то, что время стекания заряда может быть представлено в одном и том же формате для различных методов испытаний, результаты могут быть несопоставимы из-за различий в процедурах испытаний.

Примечание 2 — Если в процесс стекания заряда вовлечено более одного материала или комбинации материалов, используют несколько временных констант. Это главная причина, почему различные методы дают разные результаты, так как определение начального значения потенциала имеет решающее значение.

6.3.2 Метод заряжения коронным разрядом

Способность предмета одежды или материала рассеивать полученный или создаваемый заряд на поверхности можно оценить с помощью метода, описанного в 4.3 и разделе А.1 IEC 61340-2-1:2002.

6.3.3 Метод индукционного заряда

Способность предмета одежды или материала рассеивать полученный или создаваемый заряд на поверхности можно оценить с помощью метода, описанного в EN 1149-3:2004, метод испытаний 2. В этом методе испытаний используют электрод, расположенный близко к испытуемому предмету одежды или материалу. Хотя заряд не прикладывают напрямую, движение заряда в испытуемом образце, вызванное полем заряженного электрода, может указывать на способность образца к рассеиванию заряда. Серия стандартов EN 1149 была разработана для оценки специальной одежды, применяемой во взрывоопасных средах. Требования к характеристикам, указанные в EN 1149-5, должны использоваться для оценки предметов одежды и материалов, предназначенных для такого использования. При использовании данного метода для других целей следует учитывать применимость указанных критериев к результатам испытаний.

6.3.4 Стекание заряда путем проводимости через одежду к телу человека

Способность всех частей предметов одежды рассеивать заряд на землю через тело человека можно оценить с помощью метода, описанного в NT ELEC 037. Параметры испытаний, указанные в NT ELEC 037, применимы к предметам одежды, предназначенным для использования на участках, защищенных от электростатического разряда (УЗЭ). Если метод используют для предметов одежды, применяемой в другой области, следует уделить особое внимание применимости параметров этого метода для требуемой области применения. При необходимости параметры испытаний корректируют с учетом конкретной области применения.

Метод испытаний, описанный в NT ELEC 037, основан на измерениях, проведенных с помощью проводящего зажима, присоединенного непосредственно к испытуемому предмету одежды. Проводящий зажим может не давать хорошего электрического контакта со встроенными проводящими или рассеивающими элементами, встроенными в некоторые материалы предмета одежды. В таких случаях для оценки способности предмета одежды рассеивать заряд можно использовать метод коронного разряда, описанный в 6.3.2, или метод индукционного заряда, описанный в 6.3.3.

6.3.5 Ослабление поверхностного потенциала на изолированных предметах одежды

Метод испытаний, описанный в 6.3.5, используют для оценки предметов одежды, которые используют хотя бы с частью предмета одежды, находящегося в непосредственном электрическом контакте с кожей человека напрямую или через проводящее или рассеивающее белье. Метод испытаний, описанный в приложении к NT ELEC 037:2006, может использоваться для оценки способности предмета одежды к подавлению поверхностного потенциала по мере того, как заряд распределяется по предмету одежды и образует электростатическую емкость с заземленным телом человека.

6.4 Измерение электростатических разрядов

Возможно, самый большой риск от наэлектризованного предмета одежды — это возникновение электростатического разряда (ЭСР) от самого материала, из которого изготовлен предмет одежды, особенно когда он неплотно прилегает к телу носителя или при его снятии. Такие разряды могут повредить или полностью разрушить чувствительные электрические или электронные компоненты либо системы и могут стать причиной зажигания воспламеняемых и взрывоопасных материалов. Один из способов оценить риск ЭСР от заряженного предмета одежды — это непосредственно создать, зафиксировать и измерить возникающие ЭСР.

Метод испытаний, описанный в NT ELEC 036, может быть использован для измерения прямого ЭСР от предметов одежды и материалов. Процедура описана для испытания материалов, из которых изготавливают предметы одежды. Данный метод можно использовать для испытаний готовых предметов одежды, если используется подходящая опорная поверхность. Кроме того, такие измерения можно проводить в процессе использования предметов одежды.

Критерии годности и непригодности, указанные в 6.9 NT ELEC 036:2006, применимы только для предметов одежды, используемых в УЗЭ, где находятся компоненты или системы, чувствительные к повреждениям от ЭСР, со значением напряжения больше или равные модели тела человека (МТЧ) 100 В.

Для других областей критерии годности и непригодности должны быть пересмотрены для определения требуемых допустимых пределов.

Примечание — В 6.9 NT ELEC 036:2006 указано, что максимальное измеряемое пиковое значение тока должно быть менее 300 мА. Для достижения потенциала в МЧТ 100 В пиковое значение тока должно составлять 67 мА. Эквивалентность в отношении пикового значения тока не обязательно подразумевает эквивалентность в других аспектах формы разряда.

6.5 Ослабление поля

Одним из свойств антистатической одежды, необходимым в некоторых областях применения, является возможность ослаблять суммарное электрическое поле на любых электризованных предметах одежды, которая надета под ней. Хотя обычная одежда может электризоваться в результате трения о тело или другие предметы одежды, во многих случаях суммарное электрическое поле остается близким к нулю, потому что противоположно заряженные слои эффективно сбалансированы. В других случаях, в связи с асимметричной заряженностью или частичным рассеиванием заряда от одного слоя, на обычной одежде может образовываться сумма электрических зарядов и, следовательно, будет присутствовать и суммарное электрическое поле.

Для оценки свойства ослабления поля с помощью предметов одежды используют метод испытаний 2, приведенный в EN 1149-3:2004.

Примечание — Метод испытаний 2, описанный в EN 1149-3:2004, связан исключительно с ослаблением электрического поля, образованного электростатическим зарядом. Он не применим к измерению других электромагнитных феноменов, таких как электромагнитные помехи, вызванные ЭСР.

6.6 Испытания на трибоэлектрический эффект

6.6.1 Общие положения

Трибоэлектрический эффект является удобным способом создания заряда на поверхности предметов одежды и материалов для измерения времени стекания заряда. Также трибоэлектрический эффект может быть использован как самостоятельный метод испытаний для оценки способности предметов одежды и материалов к заряжению при контакте и трении с другими материалами. Даже если материалы имеют низкие свойства электризации, они тем не менее могут сохранять некоторый заряд в течение значительного периода времени, который измеряют с использованием одного или нескольких методов, описанных в 6.6.2—6.6.4.

Часто проверки средств защиты от электростатического разряда проводят ежедневно, для того чтобы проверить их работоспособность перед эксплуатацией. Для оборудования, обеспечивающего заземление, проводят простые измерения сопротивления. Примером является оборудование для проверки браслетов и обуви, которые требуется применять при входе на участке, защищенных от ЭСР. Аналогичные проверки можно проводить для предметов одежды, являющихся частью системы заземления персонала. Существуют случаи, когда предмет одежды не является частью системы заземления и не требует заземления, но тем не менее требует поддерживать низкий уровень ее электризации. В качестве ежедневной проверки для этого типа антистатической одежды используют простое испытание на трибоэлектрификацию.

В приложении Е описаны простые трибоэлектрические испытания, которые можно проводить для ежедневных проверок предметов одежды. Они вряд ли будут пригодны для квалификационных испытаний, но с их помощью можно определить предметы одежды с высоким уровнем электризации.

Если испытания, описанные в приложении Е, используют в качестве проверки перед эксплуатацией, то их следует проводить в безопасной зоне, где накопление статического электричества не представляет опасности для людей, компонентов или систем.

6.6.2 Трибоэлектрический эффект при снятии предметов одежды

Способность отдельных предметов и комплектов одежды к заряжению при контакте и трении с другими материалами может быть оценена с помощью метода, описанного в приложении А или С.2.

Несмотря на то, что на участках, защищенных от электростатических разрядов, и во взрывоопасных зонах обычно запрещено снимать какие-либо предметы одежды, методы испытаний, указанные в приложении А и С.2, описывают относительно простой, но управляемый способ трибозаряжения всех предметов одежды и комплектов одежды.

6.6.3 Трибоэлектрический эффект на внешней поверхности предмета одежды

Способность отдельных предметов и комплектов одежды к заряжению при контакте и трении с другими материалами оценивают с помощью метода, описанного в разделе С.3.

6.6.4 Трибоэлектрический эффект при взаимодействии с сиденьями

Способность отдельных предметов и комплектов одежды к заряжению при контакте и трении с другими материалами может быть оценена с помощью метода, описанного в приложении В.

Метод испытаний, описанный в приложении В, может быть использован в качестве альтернативы методу, описанному в приложении А, для оценки трибоэлектрического эффекта в целом. Он также может быть использован для оценки трибоэлектрического эффекта в конкретных ситуациях, предполагающих контакт персонала с различными типами сидений (например, автокресла, сидения погрузчиков, стулья на рабочем месте и т. д.).

6.7 Испытание на прилипание

Способность предметов одежды из легких материалов к заряжению через трибоэлектрический эффект и способность материала рассеивать заряд через поверхность можно оценить с помощью метода испытания на прилипание, например, описанного в методе испытаний 115 AATCC.

Принцип испытания на прилипание заключается в том, чтобы подвесить заряженную испытуемую пробу на верхний край металлической заземленной пластины, расположенной под углом. Если испытуемая проба накопила достаточный заряд после трибоэлектрификации, она прилипнет к металлической пластине. Далее заряд будет стекать с испытуемой пробы через заземленную металлическую пластину, что в конце концов приведет к тому, что заряд станет недостаточным для прилипания испытуемой пробы к пластине, и тогда испытуемая проба будет свободно висеть. Время, требуемое для прекращения прилипания испытуемой пробы, является значением способности материала рассеивать заряд.

Испытание на прилипание не применяют для оценки свойств более тяжелых материалов, так как, даже будучи сильно наэлектризованными, они могут не прилипнуть к пластине из-за того, что их вес превосходит электростатическую силу.

6.8 Емкостная нагрузка

Потенциалы, возникающие на поверхности при контакте или трении с другими поверхностями, можно измерить путем определения емкостной нагрузки. Основа метода заключается в следующем:

a) Большинство рисков от остатков электростатических зарядов на материале относятся непосредственно к созданному локальному поверхностному напряжению. Поверхностное напряжение указывает на возможность прямого электрического разряда в воздухе (для напряжения более 300 В), возможность индукции заряда на окружающих устройствах и возможность притяжения частиц, содержащихся в воздухе.

b) Существует прямая связь между поверхностным напряжением во время разделения поверхностей после контакта или трения, значениями времени стекания заряда и емкостной нагрузкой, демонстрируемыми материалами. Поверхностные напряжения будут ограничены низкими значениями, если время стекания поверхностного напряжения будет очень коротким и/или если емкость, образуемая на поверхности, будет очень высокой.

c) Поведение материалов с трибоэлектрическим эффектом в практических ситуациях хорошо представлено через измерения на выборочных участках материала с использованием коронного заряда.

Процедуры измерения и расчета для определения емкостной нагрузки описаны в приложении D.

Приложение А
(обязательное)

Трибоэлектрический эффект при снятии предметов одежды

А.1 Оборудование

А.1.1 Электростатический вольтметр

Электростатический вольтметр с входным сопротивлением не менее 10^{13} Ом и входной емкостью, включая емкость соединительных проводов, не более 20 пФ.

А.1.2 Записывающее устройство

Средство измерений, которое подключают к электростатическому вольтметру и которое регистрирует напряжение тела человека во времени. Подходящим записывающим устройством может быть самописец или регистратор данных, подключенный к персональному компьютеру. Время отклика записывающего устройства должно быть не более 0,1 с.

А.1.3 Клетка Фарадея

Клетка Фарадея (9.4 BS 7506-1:1995) соответствующего размера для размещения испытуемых предметов одежды и электрометр или комбинация конденсатора/вольтметра для измерения заряда.

А.1.4 Металлическая опорная пластина

Жесткая металлическая пластина подходящего размера, на которой может поместиться человек, свободно стоящий на двух ногах на пластине.

Пример подходящей опорной пластины: металлическая пластина размерами 30 х 30 см, толщиной 2 мм и емкостью около 20 пФ.

А.1.5 Изолирующая опорная поверхность

Изолирующая опорная поверхность для металлической пластины, для того чтобы обеспечить сопротивление к заземлению металлической пластины более 10^{13} Ом.

А.1.6 Эталонные предметы одежды

Эталонные предметы одежды надевают под или поверх испытуемых предметов одежды и используют для целей настоящего стандарта. Их необходимо регулярно чистить, для того чтобы обеспечить отсутствие загрязнений, влияющих на электростатические свойства. Также может потребоваться чистка, сушка и восстановление эталонных предметов одежды между испытаниями разных образцов предметов одежды. Эталонные предметы одежды должны покрывать все части тела под испытуемыми предметами одежды. Примеры эталонных предметов одежды: комбинезоны, лабораторный халат и брюки. В эталонных предметах одежды должны использоваться как минимум два различных материала. Для эталонных предметов одежды подходят следующие материалы: полиамид, хлопок, шерсть, акрил и полиэфир.

А.1.7 Биполярный ионизатор

Подходящее устройство для нейтрализации остаточного статического заряда на испытуемой одежде и эталонных предметах одежды перед испытанием.

А.1.8 Измеритель емкости (при необходимости)

Измеритель емкости, позволяющий измерять емкость в диапазоне от 50 до 500 пФ.

А.2 Метод испытаний

А.2.1 Подготовка

Перед проведением измерений необходимо нейтрализовать остаточный заряд на эталонных предметах одежды, одежде, надеваемой под испытуемой одеждой, и самом испытуемом предмете одежды.

Примечание — Описание метода испытания включает эталонные предметы одежды и одежду, надеваемую под испытуемую одежду, но в случае, когда они не требуются для проведения испытаний, ссылками на них можно пренебречь.

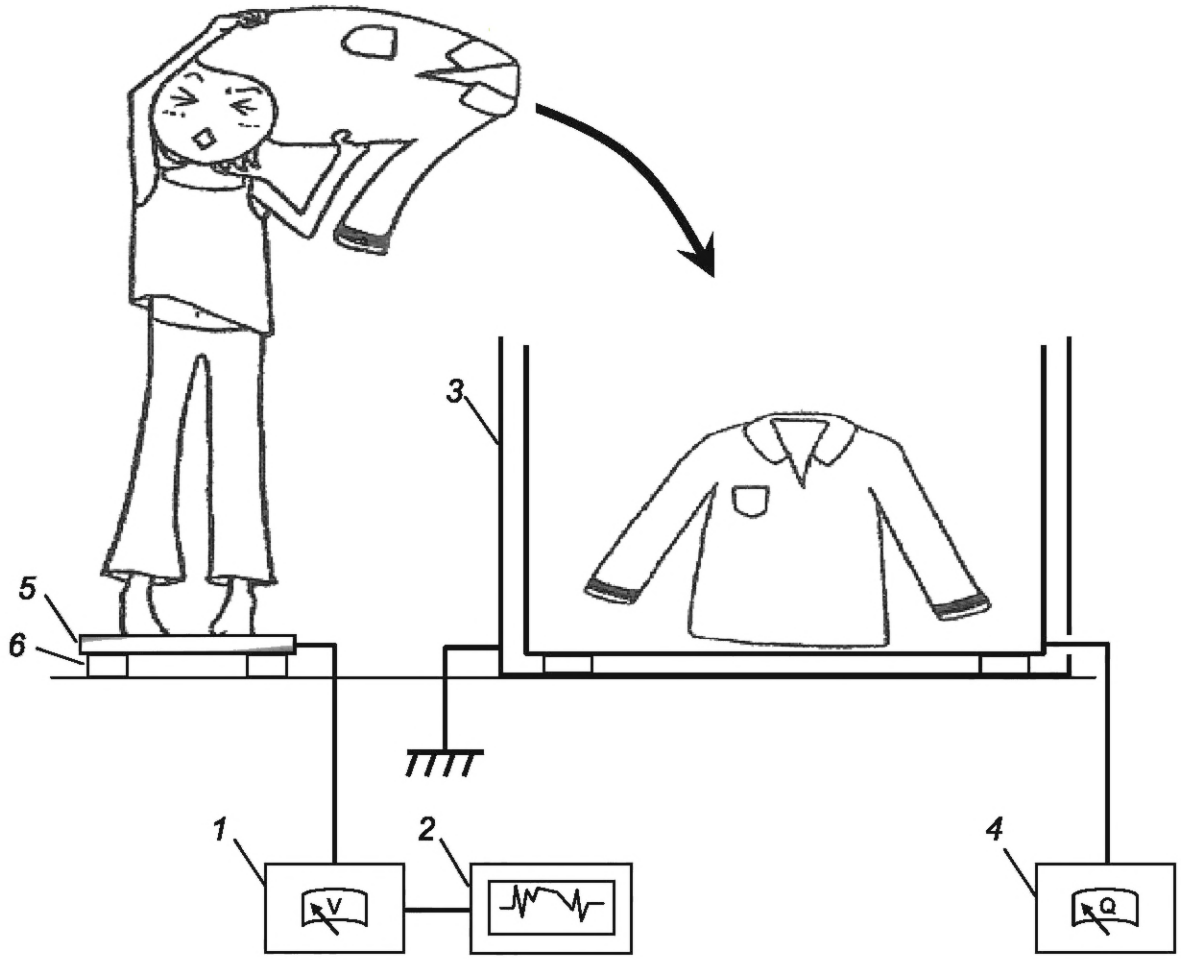
А.2.2 Испытания верхней одежды

Расположение испытательного оборудования и процедура испытания показаны на рисунке А.1.

Участник испытаний надевает эталонный предмет одежды, затем испытуемый предмет одежды. В процессе этих действий может образоваться некоторый электрический заряд. Любой суммарный заряд необходимо максимально нейтрализовать.

Участник стоит босиком на металлической пластине и одномоментно заземляется для того, чтобы удалить остаточный заряд со своего тела. Клетку Фарадея также следует одномоментно заземлить для удаления остаточного заряда.

Участник снимает испытуемый предмет одежды и опускает его в клетку Фарадея таким образом, чтобы вещь не касалась внешней стороны клетки.



1 — электростатический вольтметр; *2* — регистратор; *3* — клетка Фарадея; *4* — прибор для измерения заряда; *5* — металлическая опорная пластина; *6* — изолирующая опорная поверхность

Рисунок А.1 — Пример схемы расположения оборудования для измерения напряжения на теле человека и заряжения предмета одежды во время снятия

Измерения напряжения тела и заряда на снятом предмете одежды регистрируются и/или документируются.

Испытания повторяют еще девять раз (в общей сложности десять измерений). Перед каждым измерением необходимо нейтрализовать остаточный заряд на предмете одежде и участнике.

Испытание повторяют для каждой комбинации испытуемого предмета одежды и эталонного предмета одежды.

А.2.3 Испытание нижней одежды

Участник испытаний надевает испытуемый предмет одежды, затем эталонный предмет одежды. В процессе этих действий может образоваться некоторый электрический заряд. Любой суммарный заряд необходимо максимально нейтрализовать.

Участник испытаний стоит босиком на металлической пластине и одномоментно заземляется с целью удаления остаточного заряда со своего тела. Клетку Фарадея также следует одномоментно заземлить для удаления остаточного заряда.

Участник снимает эталонный предмет одежды и опускает его в клетку Фарадея таким образом, чтобы вещь не касалась внешней стороны клетки.

Измерения напряжения тела и заряда от снятого предмета одежды регистрируют и/или документируют.

Образец одежды вынимают из клетки Фарадея, который затем одномоментно заземляют.

Участник испытаний снимает испытуемый предмет одежды и опускает его в клетку Фарадея таким образом, чтобы вещь не касалась внешней стороны клетки.

Измерения напряжения тела и заряда от снятого предмета одежды снова регистрируют и/или документируют.

Испытание повторяют еще девять раз (в общей сложности десять измерений). Перед каждым измерением необходимо нейтрализовать остаточный заряд на испытуемой одежде и участнике испытаний.

Испытание повторяют для каждой комбинации испытуемого предмета одежды и эталонного предмета одежды.

А.2.4 Вычисления и выражение результатов

По показаниям электростатического вольтметра регистрируют максимальное значение напряжения тела для каждой комбинации испытуемых предметов одежды.

Возможно, в целях конкретного испытания будет целесообразно привести измеренное напряжение к эталонному уровню. В этом случае применяют следующую формулу

$$V_c = \frac{V_m \cdot C}{C_s}, \quad (A.1)$$

где V_c — скорректированное напряжение тела, В;

V_m — измеренное напряжение тела, В;

C_s — значение стандартной емкости, пФ;

C — общая емкость участника испытаний и электростатического вольтметра. C измеряется с помощью измерителя емкости, когда участник стоит на опорной пластине, пФ.

Примечание — Значение стандартной емкости, как правило, принимается как средняя емкость среднестатистического человеческого тела и может варьироваться в пределах от 100 до 300 пФ (см. IEC/TR 61340-1). В стандартах, связанных с защитой устройств, чувствительных к электростатическому разряду, модель человеческого тела предполагает емкость 100 пФ (см. IEC 61340- 3-1 [4]). Значение стандартной емкости выбирают в соответствии с областью применения, для которой проводят измерения.

Для каждого комплекта испытуемых предметов одежды вычисляют среднее арифметическое значение из десяти измерений максимального напряжения тела и среднего заряда на снятом предмете одежды.

А.3 Протокол испытаний

Протокол испытаний должен содержать следующую информацию:

a) ссылку на настоящий стандарт;

b) дату проведения испытаний;

c) условия окружающей среды при выдержке и испытаниях;

d) информацию об испытуемых предметах одежды;

e) информацию об эталонных предметах одежды (если используют);

f) для каждой комбинации испытуемых предметов одежды — среднее значение максимального напряжения тела и среднее значение заряда на снятых предметах одежды;

g) отметку о том, является ли указанное напряжение тела фактически измеренным или скорректированным значением (в таком случае должна быть также указана стандартная емкость);

h) любые отклонения от описанных процедур испытаний.

Приложение В
(обязательное)

Трибоэлектрический эффект при взаимодействии с сиденьями

В.1 Оборудование

В.1.1 Электростатический вольтметр

Электростатический вольтметр с входным сопротивлением не менее 10^{13} Ом и входной емкостью, включая емкость соединительных проводов, не более 20 пФ.

В.1.2 Записывающее устройство

Средство измерений, которое подключают к электростатическому вольтметру и которое регистрирует напряжение тела человека во времени. Подходящим записывающим устройством может быть самописец или регистратор данных, подключенный к персональному компьютеру. Время отклика записывающего устройства должно быть не более 0,1 с.

В.1.3 Сиденье

Для испытаний, проводимых в общих целях, можно использовать любое подходящее сиденье. Конструкция сиденья должна обеспечивать большую площадь соприкосновения с сидящим человеком. Стулья с металлическими каркасами могут использоваться, когда требуются разные режимы сопротивления относительно земли. Для испытания предметов одежды и сидений, используемых в конкретных областях применения, выбранное сиденье должно быть подобно тому, что используют в конкретной области.

В.1.4 Чехлы на сиденья (при необходимости)

Чехлы на сиденья используют при испытаниях для конкретных случаев применения настоящего стандарта. Необходимо регулярно чистить чехлы сидений для того, чтобы обеспечить отсутствие на них загрязняющих частиц, которые могли бы повлиять на их способность к заряжению. Между испытаниями различных предметов одежды может понадобиться чистка, сушка или повторная обработка и подготовка чехлов на сиденья. Чехлы должны полностью покрывать основание и спинку сиденья. Чехлы сидений должны содержать как минимум два разных материала. Подходящие материалы: полиамид, кожа и полиэстер.

В.1.5 Несущий каркас или платформа (при необходимости)

Форма испытуемого сиденья должна быть как можно более похожей на геометрию используемых сидений. Для того, чтобы смоделировать корректную форму, может понадобиться несущий каркас или платформа.

Форма сиденья является очень важным аспектом моделирования условий использования при проведении испытаний. Важными факторами, влияющими на трибоэлектрификацию и зависящими от формы сиденья, являются контактная поверхность, действующее давление, скорость и направление соответствующего движения.

В.1.6 Изоляционный материал для сиденья (при необходимости)

Изоляционный материал для сиденья должен обладать сопротивлением относительно земли более 10^{13} Ом. Изоляционный материал может быть выполнен в форме листа, индивидуальных подкладок для каждой ножки сиденья или в другой форме, подходящей для сидения, или несущего каркаса или платформы.

В.1.7 Изоляционная подставка (при необходимости)

Изоляционная подставка подходящего размера для удобного размещения человека, стоящего на двух ногах полностью на подставке, с сопротивлением более 10^{13} Ом.

В.1.8 Металлическая опорная пластина (при необходимости)

Жесткая металлическая подставка подходящего размера для того, чтобы человек удобно и полностью стоял на ней обеими ногами.

В.1.9 Изоляционная опорная поверхность (при необходимости)

Изоляционная опора для металлической опорной пластины, обеспечивающая сопротивление ее относительно земли более 10^{13} Ом.

В.1.10 Резисторы (при необходимости)

Дискретные резисторы с номинальным напряжением, как минимум вдвое превышающим предполагаемое максимальное напряжение тела. Резисторы могут быть использованы для симуляции сопротивления относительно земли с помощью различных видов обуви или напольного покрытия (см. рисунок В.1).

Рекомендованы значения сопротивления резистора от 10^6 до 10^{12} Ом включительно. Для резисторов сопротивлением выше 10^{10} Ом рекомендовано использовать испытательное напряжение 10 кВ.

В.1.11 Нейтрализатор статического электричества

Подходящее средство нейтрализации остаточного статического заряда на испытуемом предмете одежды и сиденьях до начала испытаний.

В.1.12 Измеритель емкости (при необходимости)

Измеритель емкости, позволяющий измерить емкость в диапазоне от 50 до 500 пФ.

B.2 Метод испытаний

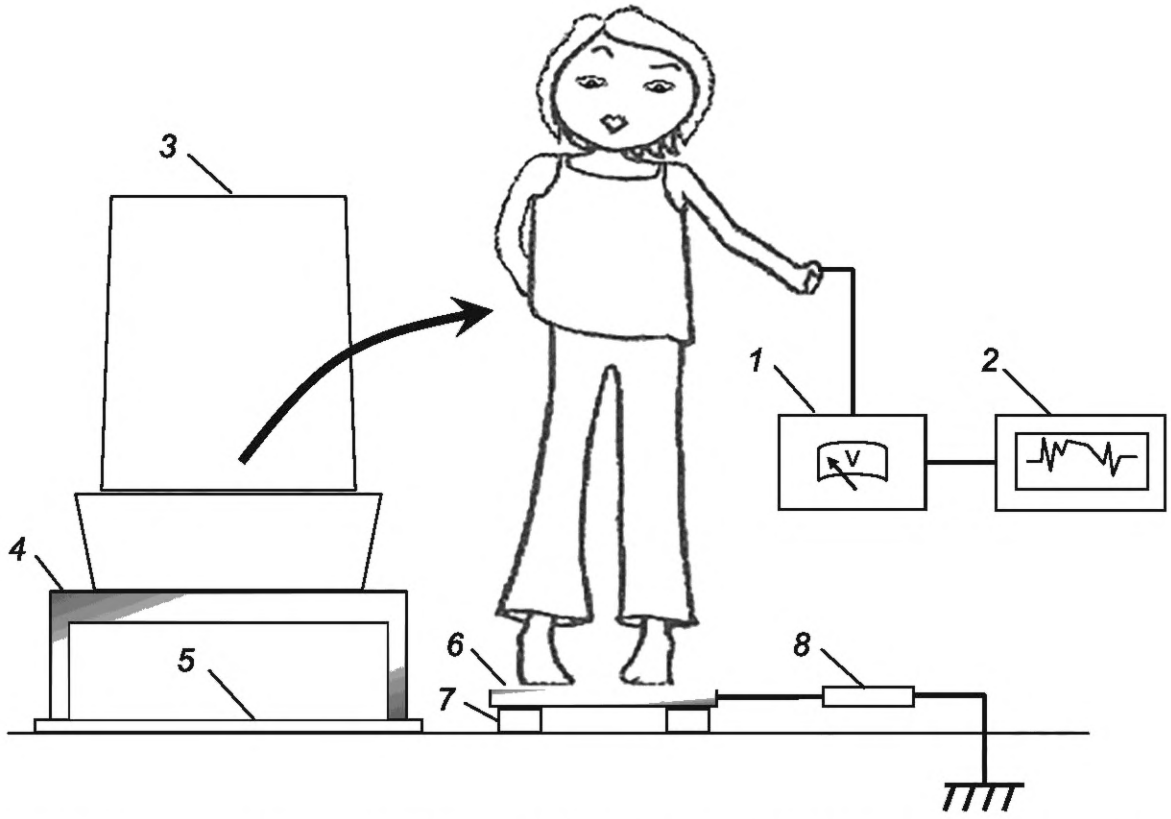
B.2.1 Подготовка

Остаточные заряды на сиденьях или чехлах сидений, а также на испытуемом предмете одежды должны быть нейтрализованы до начала проведения измерений.

Пример схемы проведения испытаний показан на рисунке B.1. В этом примере показано сиденье на каркасе, изолированном от земли. Если основной каркас металлический, сопротивление сиденья относительно земли можно измерить с помощью соединения несущего каркаса с землей через различные резисторы или, как показано, оставить его изолированным. Другой вариант подразумевает, что сиденье или сиденье и опорный каркас стоят на напольном покрытии, соответствующем покрытию в местах непосредственного применения сиденья.

На рисунке B.1 участник испытаний стоит на металлической подставке, подключенной к заземлению через резистор. При этом можно использовать другую схему размещения и изолирования металлической подставки, например изоляционную опорную поверхность. Другой вариант подразумевает, что участник испытаний надевает диэлектрическую обувь и встает непосредственно на напольное покрытие, соответствующее покрытию в местах непосредственного применения сидений.

Если используют изоляционную подставку или диэлектрическую обувь, необходимо быть осторожными во избежание заряда, создаваемого движением ног участника испытаний. Риск подобного возникновения электрического заряда минимизируется при условии использования металлической подставки и наличия у участника испытаний только тонких хлопковых носков или их отсутствия.



1 — электростатический вольтметр; *2* — регистратор; *3* — сиденье; *4* — несущий каркас сиденья; *5* — изоляционный материал; *6* — металлическая подставка; *7* — изоляционная опора; *8* — высоковольтный резистор

Рисунок B.1 — Пример схемы расположения оборудования для измерения напряжения на теле человека в тот момент, когда человек поднимается с сиденья

B.2.2 Измерение напряжения тела человека

Участник испытаний сидит на сиденьи, берет в руки измерительный провод электростатического вольтметра и одномоментно заземляется с целью удалить остаточный заряд.

Во время контакта с питающим проводом электростатического вольтметра участник двигается на сиденьи (например, трется спиной и ягодицами о сиденье) и потом встает на подставку.

В какие-то моменты значительный заряд может оставаться на сиденьи. В таком случае участник испытаний должен встать достаточно далеко от сиденья, для того чтобы минимизировать влияние заряженного сиденья на напряжение тела участника испытаний.

Измеренное значение напряжения регистрируют и/или документируют.

Испытания повторяют еще девять раз (в общей сложности десять измерений), обращая внимание на то, чтобы нейтрализовать остаточный заряд сиденья или чехла для сиденья, испытуемого предмета одежды и участника испытаний между каждым измерением.

Испытание повторяют для каждой комбинации испытуемых предметов одежды и сиденья или чехла для сиденья.

B.3 Вычисления и выражение результатов

По показаниям электростатического вольтметра регистрируют наибольшее значение напряжения на теле участника испытаний для каждой комбинации предметов одежды и сиденья или чехла на сиденье, применяемого при испытаниях.

Примечание 1 — Если участник испытаний держит обе ноги вместе во время того как встает, электрический заряд тела обычно увеличивается до максимальной величины и перестает расти (учитывая отсутствие утечки заряда на землю). Однако, если участник испытаний встает сначала на одну ногу, затем на другую (например, когда встает с сиденья автомобиля), заряд тела поднимается до временного максимального значения, а затем устанавливается на более низком уровне. Типичные измерения напряжения тела показаны на рисунке B.2.

Для сравнительных испытаний возможно скорректировать измеренное напряжение тела человека до нормированного значения. В таком случае коррекция должна быть выполнена с помощью следующей формулы

$$V_c = \frac{V_m \cdot C}{C_s}, \quad \text{(B.1)}$$

где V_c — скорректированное напряжение тела, В;

V_m — измеренное напряжение тела, В;

C_s — значение стандартной емкости, пФ;

C — общая емкость участника и электростатического вольтметра. Измеряется с помощью измерителя емкости, когда участник стоит на опорной пластине, пФ.

Примечание 2 — Значение стандартной емкости, как правило, принимается как средняя емкость среднестатистического человеческого тела и может варьироваться в пределах от 100 до 300 пФ (см. IEC/TR 61340-1). В стандартах, связанных с защитой устройств, чувствительных к электростатическому разряду, модель человеческого тела предполагает емкость 100 пФ (см. IEC 61340-3-1 [4]). Значение стандартной емкости выбирают в соответствии с областью применения, для которой проводят измерения.

Для каждого комплекта испытуемых предметов одежды вычисляют среднее арифметическое значение из десяти измерений максимального напряжения тела и среднего заряда на снятых предметах одежды.

B.4 Протокол испытаний

Протокол испытаний должен содержать следующую информацию:

a) ссылку на настоящий стандарт;

b) дату проведения испытаний;

c) условия окружающей среды при выдержке и испытаниях;

d) маркировку испытуемых предметов одежды;

e) описание и маркировку сидений и чехлов (если используют);

f) среднее значение максимального напряжения тела и средний заряд для каждого комплекта испытуемой одежды;

g) отметку о том, является ли указанное напряжение тела фактически измеренным или скорректированным значением (в таком случае должна быть также указана стандартная емкость);

h) любые отклонения от метода испытаний.

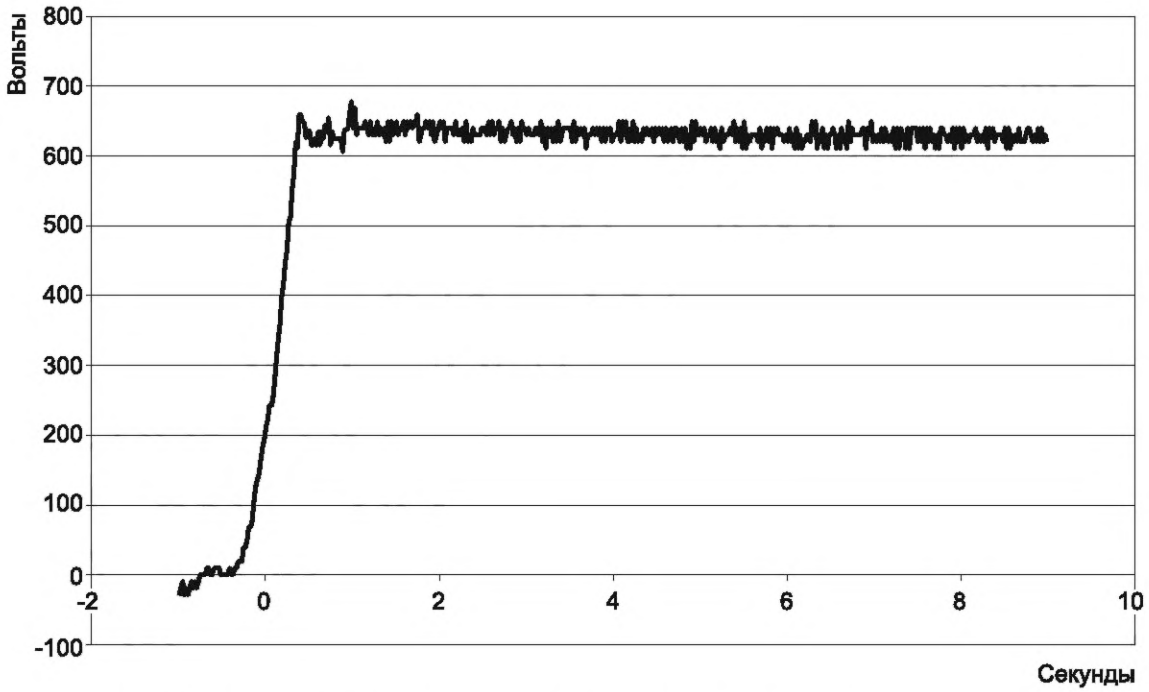


Рисунок B.2a — Изменение заряда тела во время того, как человек встает с сиденья одновременно обеими ногами

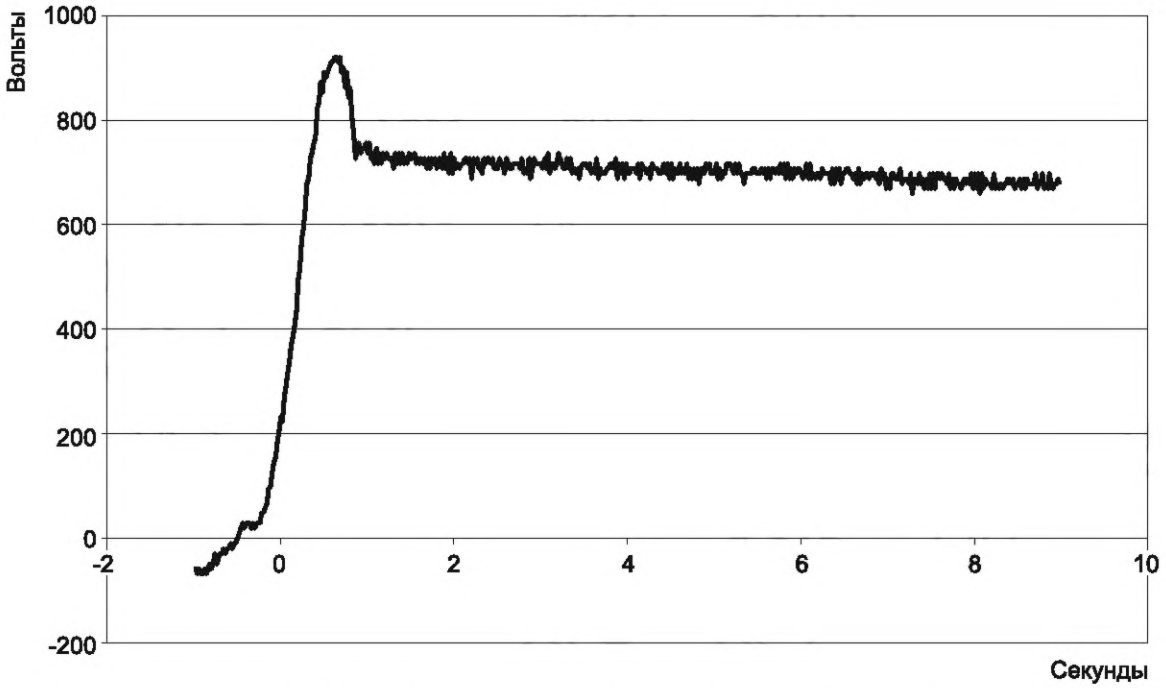


Рисунок B.2b — Электрическое напряжение тела, измеренное во время вставания с сиденья поочередно каждой ногой

Рисунок B.2 — Типичные графики сигналов при измерении напряжения тела

Приложение С
(обязательное)

Испытания на заряжаемость

С.1 Общие положения

Целью испытаний на заряжаемость является определение возможности появления электростатического заряда на теле человека и его одежде в условиях, имитирующих реальные условия использования защитной одежды, и вероятности, что такой заряд достигнет опасного уровня.

Соответствующее испытание проводят на специальных испытательных стендах в контролируемых условиях окружающей среды (см. раздел 4). Перед проведением испытаний три образца предмета одежды каждого вида выдерживают в одинаковых условиях.

С.2 Оборудование

С.2.1 Общие положения

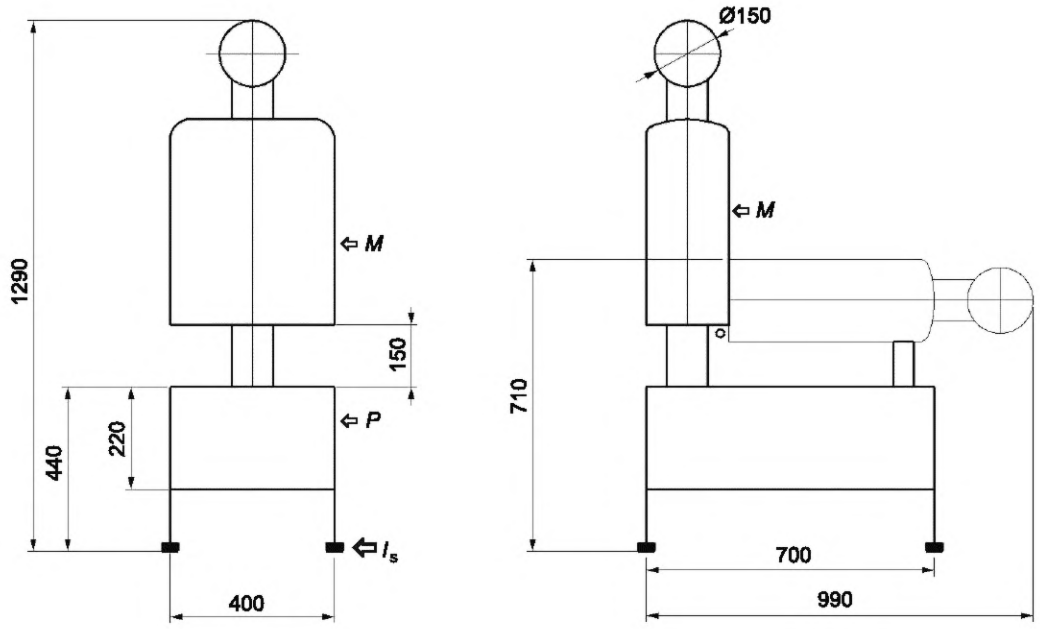
При снятии предмета одежды как человеческое тело, так и предметы одежды подвергаются интенсивному заряжению.

С.2.2 Испытательные стенды

С.2.2.1 Испытательный стенд с манекеном

Основной элемент такого испытательного стенда — манекен (модель), изображающий верхнюю часть человеческого туловища без рук. Туловище манекена изготавливают из любой сухой древесины или другого материала с похожим сопротивлением. Преимуществами дерева являются доступность, низкая стоимость, легкость в работе и придании формы при создании туловища и головы манекена, а также низкий электростатический заряд. Как правило, объемное сопротивление сухой древесины более 10^8 Ом. Однако сопротивление дерева не является критическим параметром. Гораздо важнее, какой материал использован для покрытия туловища манекена. Манекен располагают на опорной стойке, изолированной от земли сопротивлением более 10^{13} Ом. Манекен закрепляют в саморегулирующемся положении таким образом, чтобы его можно было установить горизонтально или вертикально в зависимости от типа проводимого испытания.

Параметры манекена представлены на рисунке С.1.



M — манекен (модель); *P* — опорная стойка; I_s — изоляция с сопротивлением более 10^{13} Ом

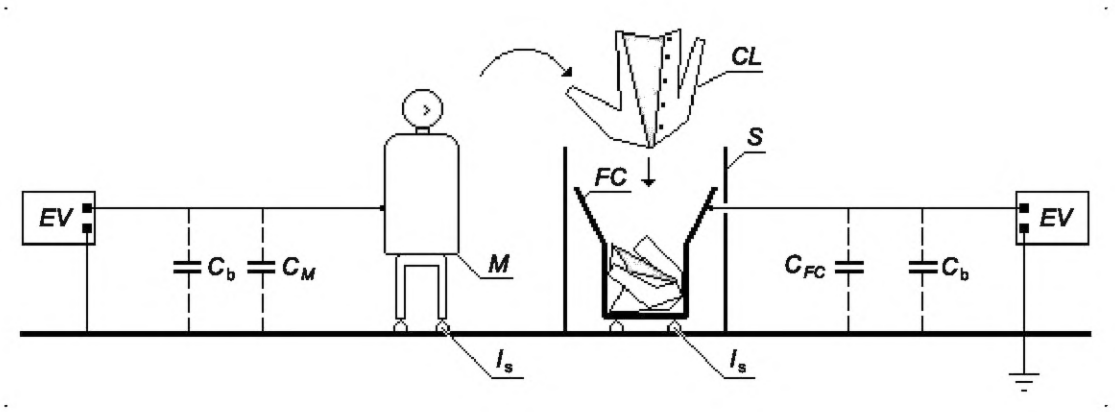
Примечание — Размеры приведены с погрешностью ±20 мм.

Рисунок С.1 — Схема испытательного стенда с манекеном

Манекен должен быть накрыт тканью с головой (текстильным или вязаным полотном) с удельным объемным сопротивлением p_v = 10^2—10^3 Ом · м и/или удельным поверхностным сопротивлением p_s = 10^4—10^5 Ом, соответствующим сопротивлению кожи человека. Ткань может быть сделана из однородного материала или может содержать проводящие волокна для достижения заданной проводимости. В последнем случае проводящие волокна должны быть включены в состав однородной смеси (например, в составе каждого конца и нити трикотажной ткани) или в составе сетчатой пряжи с интервалом не более 10 мм. Такое покрытие (драпировка) должно быть снабжено двумя зажимами — клеммами, которые могут быть соединены с входами электростатического вольтметра, заземленного через резистор. Клеммы могут быть расположены на любом расстоянии друг от друга в специально спроектированных выступающих частях покрывающей ткани. На голову манекена следует надеть парик, сделанный из натуральных волос, длиной 5—10 см. Важно удостовериться в том, что парик легко надевается и снимается с головы манекена.

На рисунке С.2 приведена схема стенда для испытаний на электризацию, возникающую при снятии предмета одежды, например когда верхнюю одежду, такую как куртка, снимают с внутренней одежды, такой как рубашка. Одежду не следует оценивать при ее снятии непосредственно с манекена; между манекеном и испытуемым предметом одежды всегда должен быть слой нижней одежды. Проводя испытания на таком стенде, можно определить уровень заряда человеческого тела, когда человек замещается равноценной моделью, и в то же время измерить уровень заряда снятого предмета одежды, используя метод с клеткой Фарадея. На рисунке С.3 приведен стенд, где заряд снятых вещей измеряется бесконтактным методом при помощи измерителя поля или измерителя поверхностного потенциала.

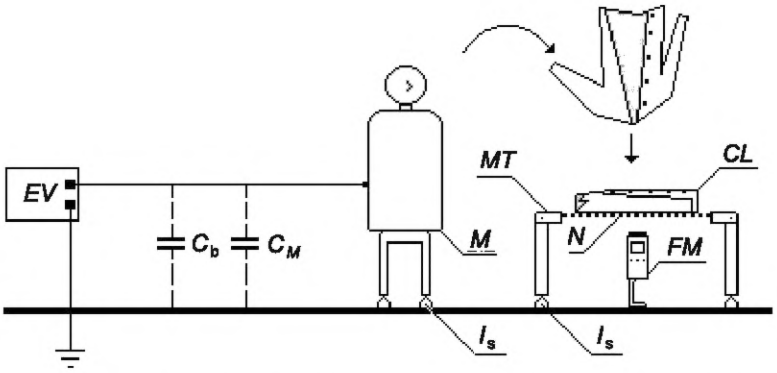
Контактное измерение напряжения на туловище манекена может быть заменено бесконтактным измерением, если прибор соответствующим образом откалиброван. Однако контактный метод является предпочтительным, так как он более точен.



M — манекен (модель); *CL* — снятый предмет одежды; *FC* — клетка Фарадея (цилиндрический контейнер 0,05 м^3); *S* — заземленный экран; *EV* — электростатический вольтметр; I_s — изоляция с сопротивлением более 10^{13} Ом; C_M — емкость манекена 100 пФ — 200 пФ; C_{FC} — емкость клетки Фарадея; C_b — емкость измеряющего прибора и соединения (связующая система)

Примечание — Электростатический вольтметр, соединенный с манекеном, используют для измерения электростатического потенциала V_{HB} туловища манекена. Другой электростатический вольтметр, соединенный с цилиндром Фарадея, используют для определения суммарного заряда *Q*, возникающего на предмете одежды после того, как ее сняли с манекена.

Рисунок С.2 — Схема испытательного стенда с манекеном и клеткой Фарадея

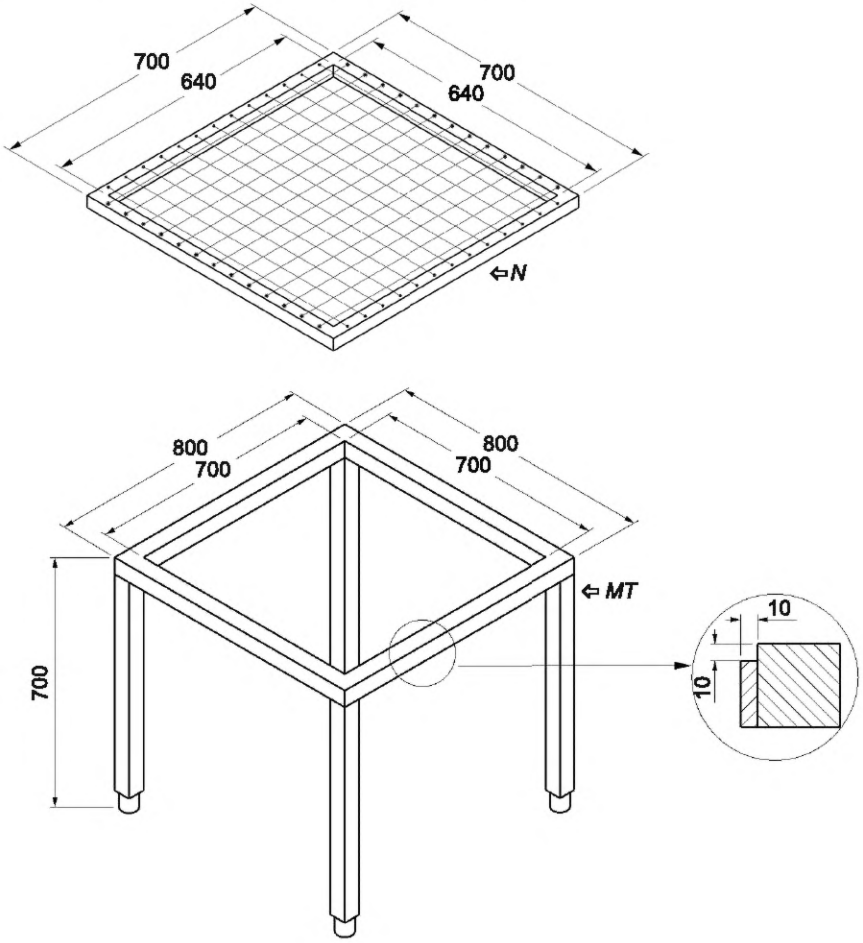


M — манекен (модель); *CL* — снятый предмет одежды; *MT* — измерительный стол; *N* — сетка из полиамида; l_s — изоляция с сопротивлением более 10^{13} Ом; *EV* — электростатический вольтметр; *FM* — измеритель потенциала/поля; C_M — емкость манекена 100 пФ — 200 пФ; C_b — емкость измеряющего прибора и соединения (связующая система)

Примечание — Электростатический вольтметр, соединенный с манекеном, используют для измерения электростатического потенциала V_{HB} туловища манекена. Другой электростатический вольтметр, соединенный с цилиндром Фарадея, используют для определения суммарного заряда *Q*, возникающего на предмете одежды после того, как ее сняли с манекена.

Рисунок С.3 — Схема испытательного стенда с манекеном и сетчатым столом

На рисунке С.4 приведены параметры поверхности стола, на который помещена рамка с натянутой сеткой.



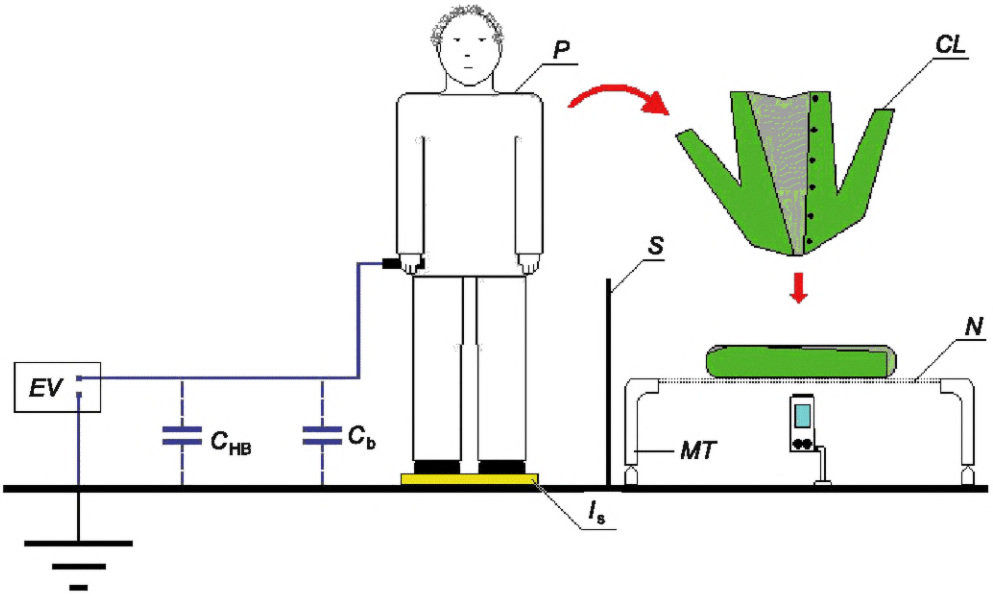
MT — измерительный стол; *N* — полиамидная сетка с рамкой, образующей столешницу

Примечание — Сетка, выполненная из полиамида (например, рыболовная сеть) или другого материала с такими же электрическими свойствами, должна иметь петли на расстоянии 30—50 мм. Сеть (столешница) обладает незначительной поляризуемостью в сравнении с поляризуемостью типичных испытуемых предметов одежды. По этой причине нет необходимости в нейтрализации заряда сети перед началом каждого испытания.

Рисунок С.4 — Сетчатый стол, используемый для измерения уровня заряда предмета одежды

С.2.2.2 Стенд для испытаний с участником испытаний

В этом случае испытательный стенд аналогичен тому, что описан в С.2.2.1, но манекен заменяют на человека, как показано на рисунке С.5.



P — участник испытаний; *CL* — снятый предмет одежды; *MT* — измерительный стол; *N* — сетка из полиамида; I_s — изоляция с сопротивлением более 10^{13} Ом; *EV* — электростатический вольтметр; *FM* — измеритель потенциала/поля; C_{HB} — емкость тела участника испытаний 100 пФ — 200 пФ; C_b — емкость измеряющего прибора и соединения (связующая система)

Примечание — Электростатический вольтметр, соединенный с участником, используют для измерения электростатического потенциала V_{HB}. Прибор для измерения мощности поля используют для измерения поверхностного заряда на предмете одежды после ее снятия с участника испытаний.

Рисунок С.5 — Схема испытательного стенда с участником испытаний и сетчатым столом

С.2.3 Измерение потенциала заряда на манекене или испытываемом человеке

С.2.3.1 Метод испытаний

Подготавливают три образца одного и того же вида (типа) предмета одежды в соответствии с разделом 4.

Проверяют климатические условия в помещении. Они должны соответствовать требованиям, указанным в разделе 4.

Используя типичные измерительные приборы, измеряют емкость C_M, создаваемую проводящим покрытием манекена по отношению к земле, с помощью подключения к измерительным клеммам на его поверхности. Эта емкость должна находиться в пределах 100 пФ — 200 пФ. Если это требование не удовлетворяется, емкость C_M необходимо скорректировать путем подключения дополнительного конденсатора параллельно или последовательно. Если при измерении потенциала на заряженном манекене используют контактный метод, следует всегда проводить измерение емкости. Оно необходимо для расчета величины создаваемого заряда и для оценки энергии испытуемой системы.

Измеритель емкости должен подходить для измерения емкости по отношению к точке заземления.

Надевают испытуемый предмет одежды на манекен или на участника испытаний.

Если испытуемая вещь представляет собой белье, футболку или рубашку (носимую без майки), ее надевают непосредственно на манекен со стандартным покрытием или на тело испытуемого. Если испытывают предмет верхней одежды, то на манекен (человека) необходимо сначала надеть вещи, носимые под верхней одеждой (например, фланелевую рубашку).

Манекен ставят в вертикальное положение (или участник встает к испытательному стенду), а затем быстрым движением вверх снимают верхнюю одежду и немедленно помещают ее в клетку Фарадея (см. С.2.3) или на измерительный стол (см. С.2.4). Промежуток времени, в течение которого снимают одежду и помещают ее в клетку Фарадея или на измерительный стол, должен составлять не более 2 с.

Возможные способы снятия предмета одежды с манекена или тела участника представлены на рисунке С.6.

Если пуговицы или молнии усложняют снятие вещи через голову, то при проведении испытания одежду не застегивают на пуговицы или молнии.

Предмет одежды может быть снят вручную или механическим способом. Тело участника или машинная ручка должны быть изолированы от земли сопротивлением более 10^{13} Ом.

Для того чтобы установить, уменьшает или увеличивает контакт предмета одежды с волосами уровень заряда элементов при снятии вещи, проводят пробные испытания. Испытания проводят на манекене в парике и без него, затем результаты измерений потенциала электризации сравнивают. Для проведения полного набора испытаний необходимо выбрать вариант с максимальным уровнем электризации.

Измеряют потенциал V_M статического заряда, создаваемого на манекене или на теле участника, с использованием системы с электростатическим вольтметром, как показано на рисунках С.2 или С.3.

Описанные испытания проводят на каждом из трех образцов в соответствии со следующими процедурами:

- на туловище манекена или теле участника, изолированных от земли (сопротивление не менее 10^{14} Ом);
- на туловище манекена или теле участника, заземленного через резистор более $1 \cdot 10^9$ Ом (погрешность не более 10 %);

и/или

- на туловище манекена или теле участника, заземленного через резистор более $1 \cdot 10^6$ Ом (погрешность не более 10 %).

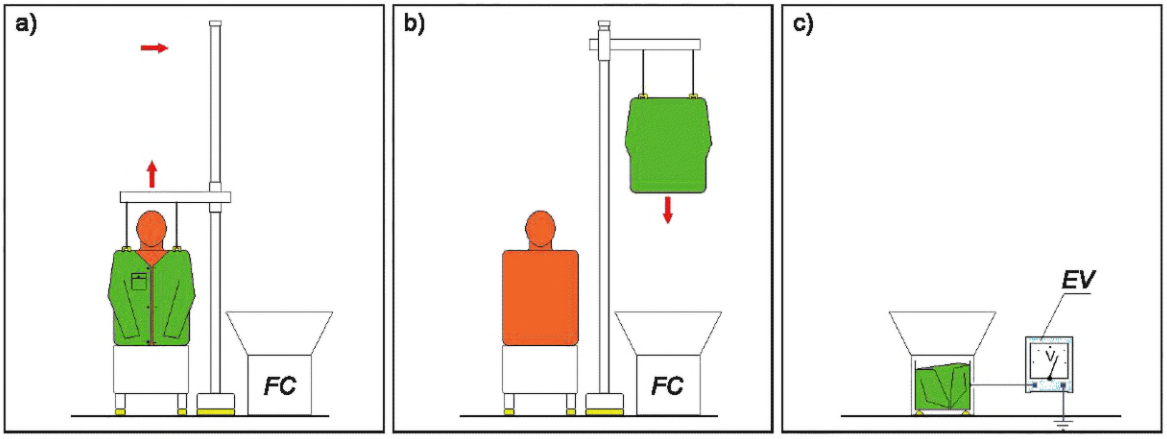


Рисунок С.6.1 — Снятие одежды с манекена с помощью механического устройства

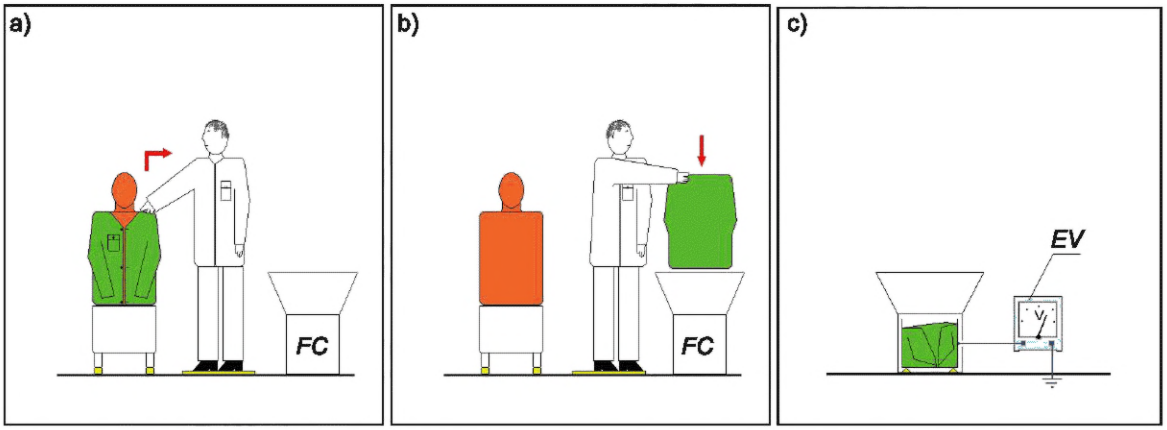


Рисунок С.6.2 — Снятие одежды с манекена вручную с помощью участника

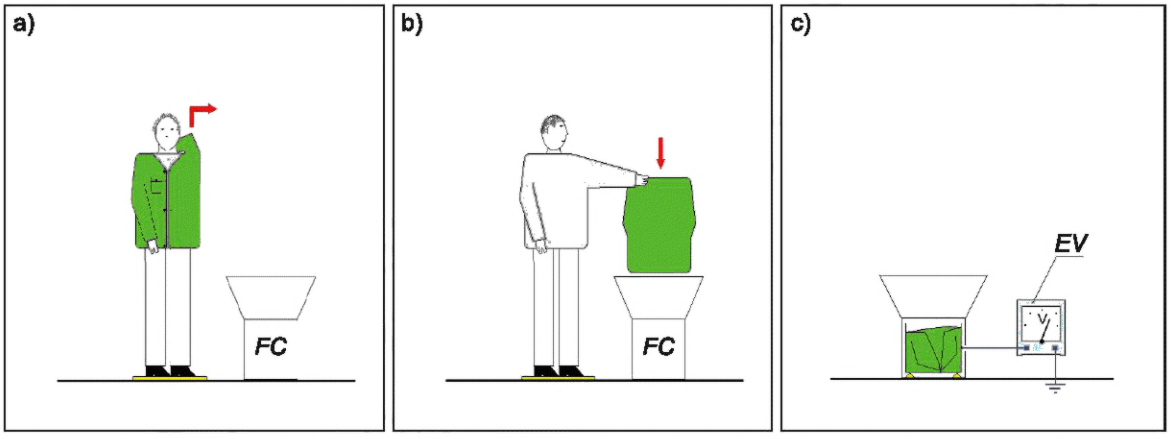


Рисунок С.6.3 — Снятие одежды самим участником

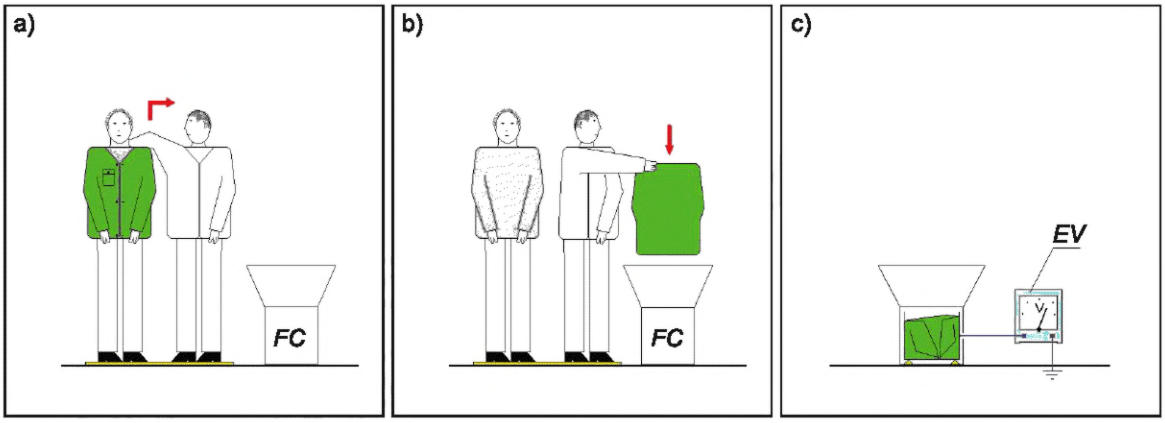


Рисунок С.6.4 — Снятие предмета одежды с участника вручную с помощью оператора

Рисунок С.6 — Возможные способы снятия предмета одежды с манекена или участника испытаний

С.2.3.2 Оценка и представление результатов

Измеряют общую емкость C_s электростатического вольтметра и манекена (участника) вместе со всеми соединениями (см. рисунки С.2 и С.3)

$$C_s = C_M + C_b, \quad (C.1)$$

рассчитывая емкость преобразователя (эквивалент средней емкости человеческого тела) манекена (участника) как

$$C_M = C_{HB} = 150 \text{ пФ}, \quad (C.2)$$

и принимая во внимание принцип делителя емкостного напряжения, вычисляют потенциал V заряда на манекене (участнике) в том случае, когда $C_M = C_{HB} = 150$ пФ. Потенциал V рассматривают как потенциал электростатического заряда, возникающего в аналогичной системе на теле человека, емкость которого равна $C_{HB} = 150$ пФ.

Потенциал V_{HB} рассчитывают по формуле

$$V = V_{HB} = \frac{C_s}{C_{HB}} V_M, \quad (C.3)$$

где V_M — потенциал заряда, измеренный на манекене или участнике при системной емкости, равной C_s.

Необходимо рассчитать потенциалы V_{HB}, соответствующие каждому из десяти потенциальных результатов измерений V_M, полученных при испытаниях нескольких образцов, а затем вычислить среднее арифметическое значение V_{HB} для каждого образца, а также среднее арифметическое этих значений для трех образцов предмета одежды одного типа. Такую процедуру применяют, если результаты, полученные в индивидуальной серии тестов, отличаются друг от друга не более чем на 50 %. Когда разброс результатов измерений больше, то испытания необходимо повторить. Если разброс результатов вновь будет велик, в качестве результата испытания принимают максимальную величину, полученную в двух сериях измерений.

С.2.4 Измерение потенциала заряда на манекене или участнике испытаний

С.2.4.1 Метод испытаний

Испытуемый предмет одежды в соответствии с методом, описанным в С.2.2, снимают с манекена (или участника) и помещают в клетку Фарадея (см. рисунок С.2). Затем для измерения напряжения U_{FC}, передающего разность потенциалов между стенкой клетки Фарадея и заземлением, используют электростатический вольтметр (по методике, описанной в IEC/TR 61340-2-2).

Измерения проводят десять раз на каждом испытуемом образце.

С.2.4.2 Оценка и представление результатов

Для того чтобы вычислить результаты испытаний, необходимо знать емкость C_s, созданную клеткой Фарадея и электростатическим вольтметром вместе со всеми соединениями (см. рисунок С.2):

$$C_s = C_{FC} + C_b. \quad (C.4)$$

Результатом испытания является общий электростатический заряд Q, создаваемый на снятых предметах одежды. Его рассчитывают по формуле

$$Q = C_s U_{FC}, \quad (C.5)$$

где U_{FC} — электростатическое напряжение, возникающее в схеме с клеткой Фарадея емкостью C_s.

Необходимо рассчитать среднее арифметическое результатов измерений напряжения в каждой серии из десяти измерений и преобразовать результаты в средний заряд. Затем величины заряда, вычисленные для каждого из трех образцов данного типа, должны быть усреднены. Если отдельные образцы по своему среднему уровню заряда отличаются более чем на 50 %, то в качестве результата принимается наибольшее значение.

С.2.5 Измерение потенциала электростатического заряда, образующегося на поверхности снятого предмета одежды

С.2.5.1 Метод испытаний

Испытуемый предмет одежды в соответствии с процедурой, описанной в С.2.2, снимают с манекена (или участника) и размещают в верхней части измерительного стола (на рисунках С.3 и С.5 показаны различные ситуации). В таком случае потенциал V_s поверхностного заряда измеряют с использованием откалиброванного средства измерений, не касаясь поверхности. Для каждого образца предмета одежды необходимо провести десять измерений, используя методику в соответствии с IEC/TR 61340-2-2.

С.2.5.2 Оценка и представление результатов

Измеренная величина потенциала поверхностного заряда V_s не требует преобразования, если был использован специально масштабированный прибор, например электростатический фазометр.

Среднее арифметическое и средний результат для трех образцов предмета одежды одного типа должны быть получены в каждой серии из десяти измерений, соответствующих отдельным образцам. Если средние результаты, полученные для отдельных образцов, отличаются более чем на 50 %, то в качестве результата испытания принимают среднее из трех высших значений потенциала V_s.

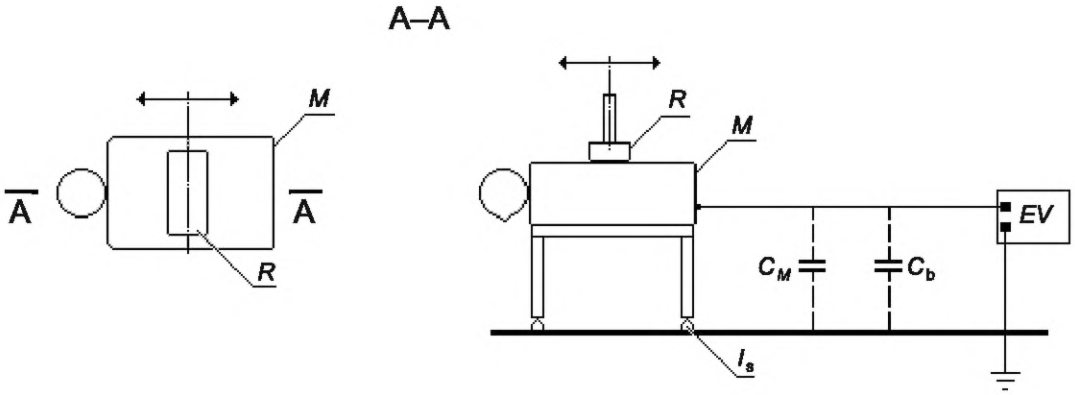
С.3 Испытание на трибоэлектризацию путем натирания внешней поверхности материала одежды

С.3.1 Общие положения

Тело человека может стать источником электростатического заряда в результате соприкосновения или трения предмета одежды о рядом стоящее оборудование или об одежду других людей, присутствующих в комнате, а также после контакта с устройством для чистки и удаления пыли и т. д.

С.3.2 Испытательный стенд

Манекен, описанный в С.2.1.1 (см. рисунок С.1), ставят в горизонтальное положение на испытательный стенд для трибоэлектризации. Емкость манекена C_M должна находиться в диапазоне от 100 до 200 пФ. При необходимости емкость следует откорректировать путем подключения соответствующего конденсатора последовательно или параллельно. Принципиальная схема испытательного стенда показана на рисунке С.7.



M — манекен (модель); *R* — трущийся элемент; I_s — изоляция с сопротивлением более 10^{13} Ом; *EV* — электростатический вольтметр, подключенный напрямую к туловищу манекена; C_M — емкость манекена 100 пФ — 200 пФ; C_b — емкость измеряющего прибора и соединения (связующая система)

Рисунок С.7 — Схема стенда для испытания на механическую трибоэлектризацию на внешней стороне поверхности предмета одежды

Трущийся элемент *R*, в форме цилиндра диаметром (75 ± 5) мм и длиной *L* = (200 ± 5) мм или в форме параллелепипеда размерами (50 ± 5) × (200 ± 5) мм, должен быть расположен на задней поверхности манекена *M* таким образом, чтобы он оказывал давление на эту поверхность силой (5,0 ± 0,5) Н. Трущиеся элементы, как цилиндр, так и параллелепипед, должны быть изготовлены из полированной стали и лакированного дерева, покрытого прозрачным нитроцеллюлозным или полиуретановым лаком. Конструкция трущихся элементов должна быть такой, чтобы их можно было легко завернуть в гибкие материалы, такие как ткань, пленка и т. д.

Элемент в виде цилиндра должен быть установлен таким образом, чтобы он мог катиться. Элементы должны двигаться по задней поверхности манекена возвратно-поступательным движением в одном или двух направлениях по траектории длиной 430—450 мм и частотой (60 ± 10) циклов трения в 1 мин.

Форму трущегося элемента, которая влияет на уровень заряда, выбирают для практических испытаний. Предпочтительным является прямоугольный элемент.

Материалы, которые могут соприкасаться с предметом одежды в обычных условиях эксплуатации (материал технологических устройств, чехлы мебели и мебель, нижнее белье, верхняя одежда и т. д.), используют как образцы трущихся материалов.

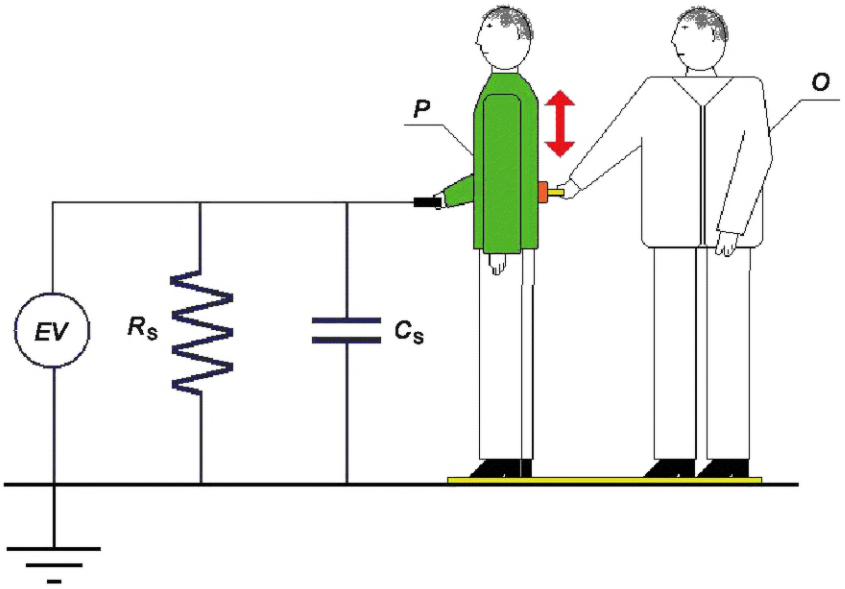
Металлические трущиеся элементы используют для создания электрификации двумя способами:

- при заземлении данного элемента;
- при изолировании элемента материалом, сопротивление которого составляет не менее 10^{14} Ом.

По желанию трение внешней поверхности предмета одежды может быть выполнено вручную:

- на манекене или
- на участнике,

с применением такой же методики. Схема для испытаний, проводимых таким образом, представлена на рисунке С.8.



P — участник; *O* — оператор; *EV* — электростатический вольтметр, подключенный напрямую к ручному электроду; R_s — сопротивление изоляции; C_s — емкость системы

Рисунок С.8 — Схема для измерения уровня заряда испытуемого в результате ручного трения его предмета одежды

С.3.3 Метод испытаний

Испытуемые образцы предметов одежды выдерживают и испытывают в условиях окружающей среды, соответствующих разделу 4.

Проводят по десять испытаний на трибоэлектризацию для каждого из трех образцов предоставленного предмета одежды:

- на манекене (участнике), изолированном от земли (сопротивление более 10^{13} Ом);
- на манекене (участнике), заземленном через резистор $1 \cdot 10^9$ Ом (с погрешностью не более 10 %)

и/или

- на манекене (участнике), заземленном через резистор $1 \cdot 10^6$ Ом (с погрешностью не более 10 %).

В первую очередь проводят испытание на электризацию на изолированном манекене (участнике). Если уровень заряжения в изолированном состоянии не превышает самое высокое допустимое значение, дальнейшие испытания с указанным трущимся материалом считаются ненужными.

Процесс заряжения продолжают, пока потенциал заряда V_M, возникающий на манекене (участнике), не достигнет заданного максимального уровня электризации. Потенциал измеряют электростатическим вольтметром, который по возможности должен обеспечивать непрерывную запись результатов измерений.

С.3.4 Оценка и представление результатов

Способ расчета и представления результатов должен быть идентичен тому, что указан в С.2.4.1, и учитывать все используемые трущиеся материалы.

С.4 Протокол испытаний

Протокол испытаний должен содержать следующую информацию:

a) дату проведения испытаний;

b) описание и/или маркировку, которые позволяют однозначно идентифицировать испытуемый элемент одежды;

c) тип проведенных испытаний;

d) условия окружающей среды при выдержке и во время испытаний; продолжительность выдержки образца;

e) основные параметры схемы испытаний на электризацию (если такие испытания были проведены);

f) типы использованных трущихся материалов;

g) тип устройства, используемого для измерения поляризуемости, и измеренные параметры;

h) результаты измерений уровня заряда предмета одежды и туловища манекена.

Приложение D
(обязательное)

Емкостная нагрузка

D.1 Оборудование

D.1.1 Общие положения

Типовая схема и соответствующие размеры испытательного устройства показаны на рисунке D.1. Можно использовать другое оборудование, соответствующее основным требованиям к конструкции и эксплуатации. Испытательная апертура для рассеивания и измерения рассеиваемого заряда должна быть диаметром (50 ± 5) мм или квази-квадратной, эквивалентной по площади. Коронирующие острия монтируют в подвижную пластину по окружности диаметром (10 ± 1) мм и на (10 ± 1) мм выше центра испытательной апертуры. Датчик измерителя электрического поля должен располагаться на расстоянии (25 ± 1) мм над центром испытательной зоны. Когда пластина с коронирующими остриями полностью сдвигается, испытательная зона должна быть видна в плоскости датчика измерителя электрического поля.

D.1.2 Крепление испытуемого материала

Испытательная апертура установки для испытаний должна быть расположена прямо над поверхностью испытуемого материала.

Испытуемые листовые или гибкие материалы должны быть закреплены напротив испытательной апертуры как с подложкой с воздушным зазором, так и с заземляющей подложкой. Эти две схемы (см. рисунок D.1) представляют собой граничные условия при практическом применении. Для сравнения с общими критериями соответствия должно быть принято значение самого длительного времени стекания среди этих схем.

С практической точки зрения измерения на подложке с воздушным зазором представляют собой состояние, при котором материалы отделены от заземленных поверхностей, например нижний край куртки или халата висят вдали от тела человека. Заземляющая подложка представляет собой другую крайность практического применения материала, контактирующего с заземленной поверхностью, например одежда находится близко к телу или на рабочей поверхности поверх металлического каркаса. Свойства материала, используемого в качестве заземляемой подложки, могут влиять на результаты испытаний, поэтому необходимо использовать соответствующий материал. Например, изолирующие свойства анодированного алюминия будут препятствовать вертикальному перемещению заряда.

При проведении испытаний на подложке с воздушным зазором материал располагают напротив датчика испытательного устройства, при этом ширина подложки должна превосходить испытательную апертуру не менее чем на 5 мм. Расстояние между дном подложки и тыльной стороной испытуемого материала должно быть не менее 25 мм.

Для испытания материалов на заземляемой подложке материал располагают между подложкой и корпусом прибора вокруг испытательной апертуры. Подложка должна быть гладкой, ровной и без изоляционных оксидных пленок.

Если заряд перемещается через объем исследуемого материала быстрее, чем по его поверхности, то следует положить заземленную металлическую пластину за испытательной областью, что может уменьшить время стекания заряда. С другой стороны, если заряд быстрее перемещается по поверхности испытуемого материала, то время стекания заряда может быть увеличено за счет увеличения емкостной нагрузки.

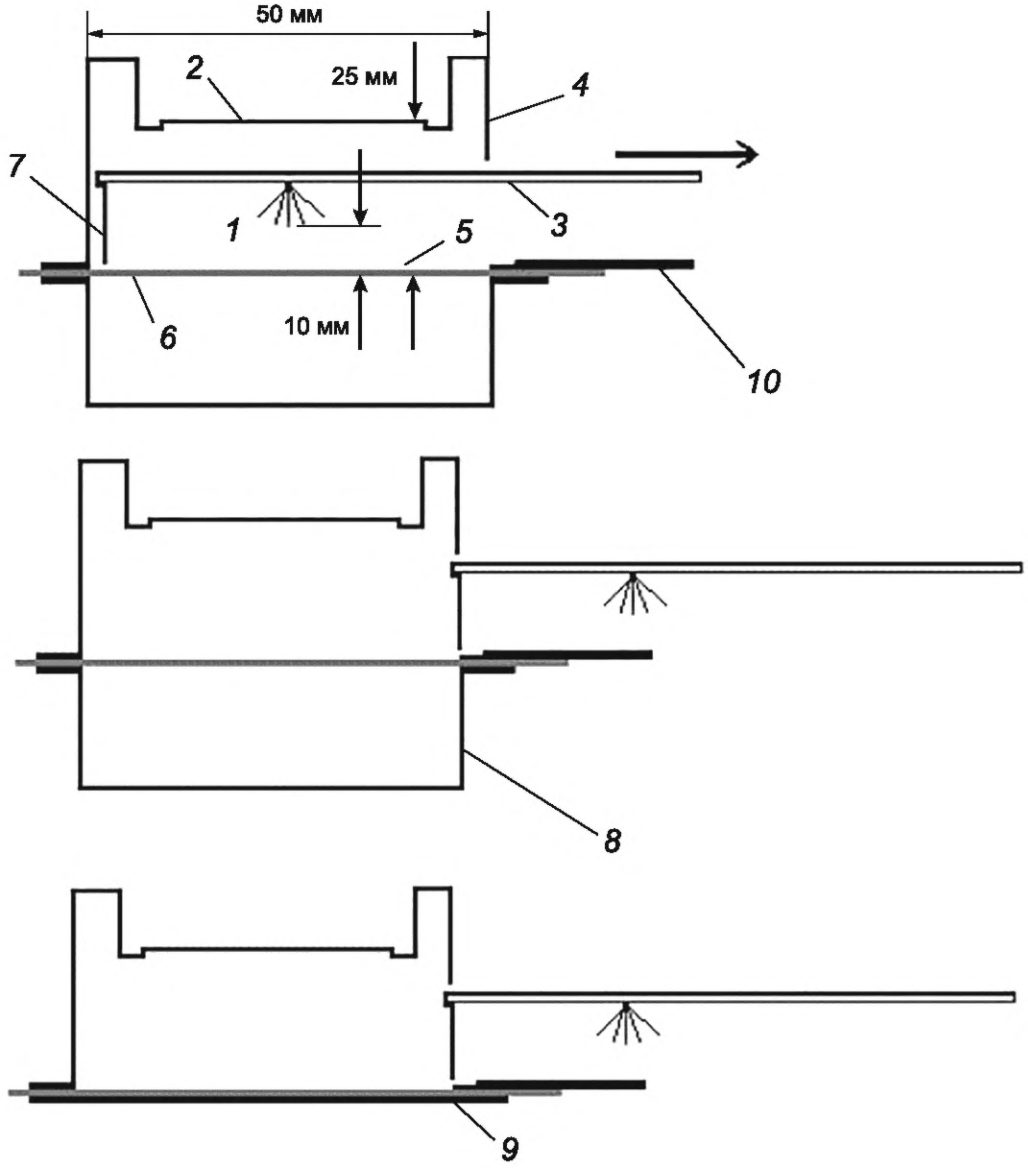
D.1.3 Осаждение коронного заряда

Точный уровень и распределение заряда, осаждаемого на материале, невозможно определить достаточно точно. Схема обеспечивает повторяемость осаждаемого заряда, подходящего для измерения времени стекания и емкостной нагрузки.

Время осаждения коронного заряда должно быть (20 ±10) мс. Более длительное время используют, если это необходимо для достижения начального пика поверхностного напряжения для проведения испытаний. Время осаждения коронного заряда более 100 мс не гарантирует повышение заряда и может вызвать повреждения чувствительных поверхностей. Измерения проводят с напряжением положительной и отрицательной полярности.

Оборудование для осаждения заряда должно полностью выдвигаться из области действия измерителя поля менее чем за 30 мс.

Примечание — Типичные напряжения для коронных зарядов составляют от 3 до 10 кВ. При напряжении коронного заряда до 10 кВ начальное значение поверхностного напряжения на изолирующих материалах будет составлять до 3 кВ. Для материалов с быстрой скоростью стекания заряда и/или высокими значениями емкостной нагрузки исходный поверхностный потенциал может быть намного ниже, например от 50 до 100 В. Для материалов с низкой скоростью стекания заряда может быть целесообразно напряжение коронных зарядов до 3 кВ.



1 — круг из коронирующих остриев диаметром 10 мм; *2* — апертура измерителя электрического поля; *3* — подвижная пластина с изолирующей поверхностью со встроенными коронирующими остриями и заземленной верхней поверхностью для экранирования измерителя электрического поля; *4* — заземленная крышка; *5* — испытательная апертура диаметром (50 ± 5) мм или размером (50 ± 5) мм × (50 ± 5) мм; *6* — испытуемый образец; *7* — воздушная дамба для удаления остаточной коронной ионизации воздуха; *8* — подложка с воздушным зазором; *9* — заземляющая подложка; *10* — корпус прибора

Рисунок D.1 — Пример схемы для измерения времени стекания коронного заряда, схемы с использованием подложки с воздушным зазором и заземляемой подложки

D.1.4 Измеритель поля

Измеритель поля должен измерять поверхностный потенциал с точностью до 5 В или точнее, со временем отклика (от 90 % до 10 %) меньше, чем 10 мс. Стабильность нуля позволяет измерить поверхностный потенциал с точностью выше наибольших измеренных значений времени стекания заряда.

При измерении емкостной нагрузки с низкими коронными зарядами и маленькой величиной зарядов начальные поверхностные напряжения могут быть достаточно низкими. Это полезно, если измерения поверхностного напряжения до 0 В должны быть проведены с точностью от ± 1 В.

Чувствительность измерителя поля должна быть установлена в соответствии с процедурой калибровки, описанной в D.5.1, для того чтобы оценить поверхностное напряжение на плоской проводящей поверхности по всей площади испытательной апертуры.

Предпочтительным типом измерителя поля являются измерители поля с роторным датчиком. Датчики с чоппперной стабилизацией могут применяться, если они подходят по чувствительности, уровню шума и стабильности нуля. Индукционный датчик не подходит даже для измерений быстрого стекания заряда, потому что влияние даже небольшой остаточной коронной ионизации воздуха вызовет смещение нуля и нужно будет дополнительно проверять его отсутствие.

Во время осаждения коронного заряда и измерения времени его стекания чувствительная апертура измерителя поля должна быть хорошо экранирована от любых поверхностей, связанных с подачей высокого напряжения. Не должно быть никаких изоляционных материалов внутри или вокруг области прибора между измерителем поля и испытательной апертурой, способных создать паразитные сигналы измерителю поля.

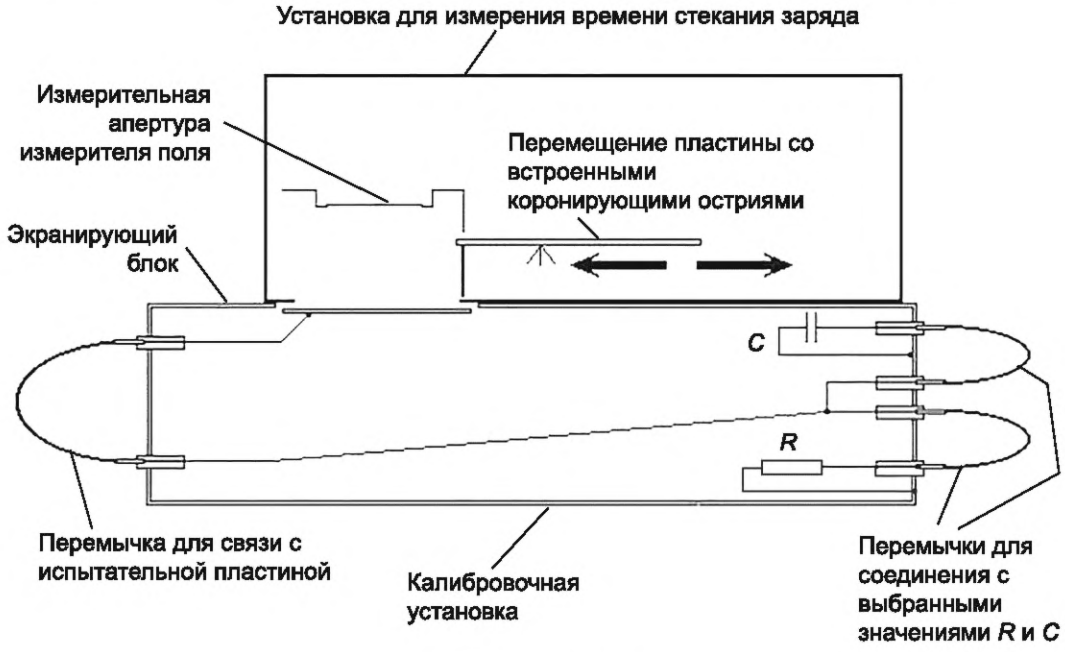
При испытании материалов, имеющих уровень начального поверхностного напряжения менее 200 В, необходимо удалить остаточный ионизированный воздух, возникающий из-за коронного разряда, при удалении подвижной панели с установленными остриями коронного разряда. Удобным способом удаления ионизированного воздуха из области между измерителем поля и испытательной поверхностью является вентиляционная перемычка на задней кромке подвижной панели. При измерении поверхностного напряжения остаточная ионизация должна быть менее 30 В. Это можно проверить путем ее измерения на чистой заземленной регулируемой металлической поверхности.

Значение, принятое за начальный пик поверхностного потенциала, измеренный измерителем поля, зависит от начальной скорости стекания заряда и времени удаления пластины, несущей острия коронного разряда. Когда время удаления пластины сравнимо со скоростью стекания, время движения платформы может влиять на значение начального пика поверхностного потенциала и, следовательно, на расчетную емкость.

С целью оценки пригодности материалов посредством моделирования поведения, наблюдаемого с трибоэлектрификацией, для определения начального напряжения целесообразно использовать напряжение, зафиксированное через (100 ± 10) мс после завершения зарядного действия.

D.1.5 Установка для калибровки оборудования для измерения времени стекания заряда

Калибровку средства измерения времени стекания заряда следует проводить с использованием плоской проводящей поверхности, покрывающей всю площадь испытательной апертуры с небольшим разделением (менее 0,5 мм) ниже края испытательной апертуры. Подходящее расположение показано на рисунке D.2.



R — резистор; *C* — конденсатор

Рисунок D.2 — Оборудование для калибровки оборудования для измерения времени стекания заряда

D.1.6 Оборудование для измерения величины перенесенных зарядов

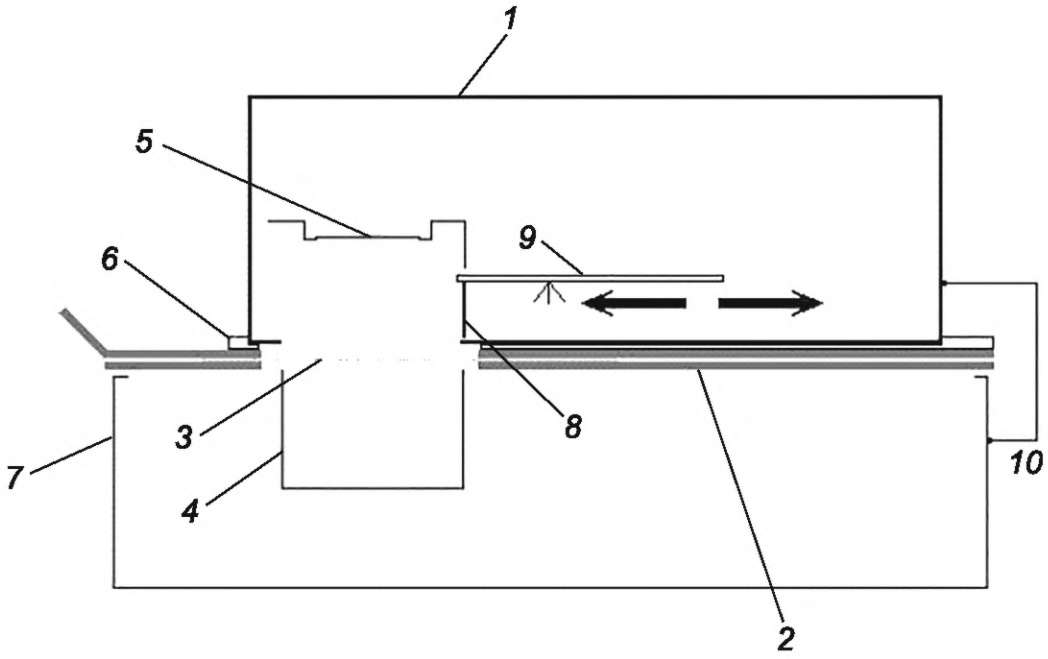
Заряд, полученный с поверхности образца с помощью коронного заряда, может быть измерен с помощью схемы, приведенной на рисунке D.3.

Размер образца на монтажных пластинах должен быть больше, чем испытательная апертура в корпусе установки для измерения стекания заряда, для того чтобы избежать прямого потока коронного заряда на эти пластины. В этом можно убедиться, подав незначительный заряд при отсутствии образца. Измерительная аппаратура поверхностного заряда должна быть оценена в соответствии с процедурой калибровки в D.5.2.

Заряд на испытуемой поверхности измеряют двумя методами:
- измеряют заряд образца, непосредственно соединенного с монтажными пластинами;
- измеряют величину оставшегося заряда в месте его осаждения.

Примечание — Простой подход к измерению заряда, оставленного испытанием стекания заряда, не даст правильных значений. Потому что, если заряд удерживается на поверхности испытуемого материала, а не быстро стекает с образца на монтажные пластины, он будет возвращаться в устройство и не может быть полностью доступен для измерения.

Заряд, поданный напрямую в момент наблюдений к монтажным пластинам, измеряется подходящей цепью с «виртуальным» заземлением. Заряд, оставшийся в области осаждения, воспринимается индукционным электродом под образцом с открытой подложкой. Если форма индукционно-чувствительного электрода аналогична механическому виду устройства стекания заряда над испытательной зоной, то половина сохраненного заряда наведется на оборудование, а другая половина — на индукционный электрод. Компонент индукционного заряда затем будет дважды заряжен от индукционного электрода. Точная чувствительность при измерениях индукционных зарядов и общая калибровка измерительного устройства заряда определяются в соответствии с D.5.2.



1 — испытательное устройство стекания заряда; *2* — опорные пластины, измеряющие заряд проводимости; *3* — образец; *4* — индукционный электрод; *5* — апертура измерителя поля; *6* — изоляция между установкой испытания стекания заряда и образцом монтажной пластины; *7* — экранирующий блок; *8* — вентиляционная перемычка; *9* — подвижная пластина со встроенными коронирующими остриями; *10* — перемычка заземления от установки испытания стекания заряда к экранирующему блоку и цепям измерения заряда с нулем вольт

Рисунок D.3 — Схема для измерения полученного заряда

D.2 Общие аспекты процедуры измерения

D.2.1 Время стекания заряда

Время стекания заряда — это время от первоначального напряжения, создаваемого зарядом на поверхности, до выбранного конечного значения напряжения. При трибоэлектрификации около 100 мс отсутствует влияние от предметов вблизи разделяемых поверхностей. Это связано с временной шкалой действий человека и близостью разделенных зарядов. Несмотря на то, что природа стекания заряда при заряжении коронным разрядом сразу же после завершения зарядки имеет технический интерес, это не имеет отношения к практической деятельности и создаваемым рискам. Поэтому начальное значение напряжения измеряют через (100 ± 10) мс после окончания заряжения. Часть начального напряжения, которую используют для определения конечной точки времени стекания заряда, может быть 1/e или 10 %. Их обозначают как $t_{1/e}$ и $t_{10\%}$.

Время от начального напряжения до 1/e не должно рассматриваться как «временная константа»; это означало бы, что кривая стекания имеет экспоненциальный вид, что в целом неверно.

D.2.2 Начальное значение напряжения

С течением времени функция изменения поверхностного напряжения после заряжения мало отличается при изменении величины перенесенного заряда. Таким образом, уровень напряжения через (100 ± 10) мс после заряжения не важен. Все, что требуется, это определить 10 % от этого напряжения, при которых можно качественно определить конечную точку времени измерений.

Необходимо аккуратно измерять время стекания заряда при сигналах малых значений напряжения, где шумовой сигнал может быть значительным по отношению к амплитуде сигнала. Любая методика усреднения сигнала должна учитывать потребности в быстрой реакции на быстрых исходных переходных кривых с коротким временем стекания.

D.2.3 Кривая стекания напряжения

Целесообразно задокументировать форму кривой стекания заряда. Во многих случаях скорость стекания значительно замедляется в процессе стекания, и заметные уровни поверхностного заряда могут сохраняться в течение длительного времени. Этот эффект также показан при сравнении времени стекания до 10 % и времени стекания до 1/e.

Примечание — Отчеты о кривых стекания заряда позволят в будущем пересмотреть производительность.

D.2.4 Измерение времени

Время стекания может быть измерено непосредственно с помощью электронных схем либо с помощью осциллографа. Для того, чтобы преодолеть ограничения сигнал/шум на низких уровнях сигнала, могут понадобиться некоторые местные усреднения, а не только установление максимальных и минимальных значений сигналов.

D.2.5 Проверка согласованности измерений

Когда время стекания заряда менее 100 с, целесообразно выполнить ряд повторных измерений в том же месте и проводить измерения с высоким и низким значением коронного напряжения обеих полярностей заряда.

Примечание — Желательно провести измерения для проверки влияния коронного заряда на отдельные характеристики, такие как время стекания заряда или емкостная нагрузка. Любые изменения, вызванные коронным зарядом, могут быть проверены посредством проведения простых измерений в том же месте сначала на низком коронном заряде, потом при высоком коронном заряде, а затем снова при низком заряде.

Форма кривой стекания заряда может иметь некоторые вариации, связанные с величиной осажденного заряда. Имеет смысл выполнять испытания в диапазоне величины зарядов, сопоставимых с теми, что возникают на практике. С помощью трения при трибоэлектрификации может возникнуть заряд в диапазоне от 10 до 50 нКл. Следовательно, целесообразно делать измерения с величиной заряда от 50 нКл.

D.2.6 Преодоление эффекта предварительного заряжения

Образцы поверхностей могут зарядиться до испытаний, при обработке или при укладывании для испытания. Рекомендуется при помещении образцов в требуемое положение возвратить подвижную панель на место таким образом, чтобы измеритель поля мог измерить любой заряд на поверхности образца и показать эти наблюдения. Этот исходный поверхностный потенциал относительно изолированных образцов может быть снижен путем минимизации поступательных действий.

Если образец значительно зарядился перед испытанием, это означает, что поверхность заряжена более чем на 2 % от ожидаемого или измеренного значения изначального максимального напряжения.

Напряжения большего значения могут повлиять на результаты измерения времени стекания заряда до 10 %. Если присутствует ощутимое предварительное заряжение, возможны два варианта:

a) ожидают рассеяния предварительного заряда. Это означает некоторую задержку, пока начальный поверхностный потенциал не упадет;

b) определяют параметры стекания заряда, полученного при предварительном заряжении без добавления коронного разряда. При этом коронный разряд не подается на поверхность или значение потенциала коронного разряда равно нулю. Стекание заряда такого предварительного заряда может протекать медленнее, чем стекание коронного заряда на том же участке образца. Тем не менее наблюдение данного свойства может быть полезным.

Не рекомендуется, чтобы при качественном измерении предпринимались попытки воздействовать коронным зарядом на и без того хорошо заряженную поверхность или материал.

Также не рекомендуется нейтрализовать предварительный заряд на материале с помощью любых других средств, кроме ожидания. Использование принудительной нейтрализации заряда может создать видимость нейтрализации, при этом создав связанные заряженные области.

D.2.7 Дополнительные явления, которых можно избежать

Существуют еще три возможных явления, которые важны:

a) Если вентиляционная перемычка на переднем крае подвижной панели соприкасается с поверхностью образца, то может произойти трибоэлектрификация. Это может произойти при испытании легких тканей. Поверхность ткани должна быть растянута под испытательной апертурой, но она все еще может подняться от индуцированного движения воздуха. Этот эффект может быть проверен путем измерения не коронным разрядом. Его можно избежать, слегка приподнимая базовую пластину прибора от образца.

b) С некоторыми материалами перед кривой стекания реального заряда можно наблюдать очень короткий (от 1 до 2 мс) переходный пик поверхностного потенциала. Как правило, он положительный. Появление этого временного перехода нарушает работу программного обеспечения. Считается, что это связано с разделением вертикального заряда между передней и задней поверхностями образца при его изгибе.

c) Если статический заряд остается на поверхности подвижной панели, обращенной к испытательной поверхности, то заряд может быть проведен над образцом с помощью индукции электрического поля. Этот эффект может быть сведен к минимуму путем сокращения незаземленных областей на нижней части подвижной плиты.

D.3 Метод измерения емкостной нагрузки

D.3.1 Общие положения

Измерения выполняют на плоском участке материала с заземленной краевой опорой. Измерения производят как с открытой подложкой, где за областью испытания отсутствует заземленная или заряженная поверхность, так и на чистой заземленной металлической поверхности. Эти условия моделируют две крайности практического применения. Локализованный участок заряда остается осажденным в течение короткого периода времени в середине области испытания. Он может быть осажден с помощью трибоэлектрификации или, что более удобно, с помощью коронного разряда высокого напряжения, как указано в D.2. Как показали исследования, коронный разряд является подходящим и удобным способом заряжения, значения свойств материалов соответствуют тем, которые получены с помощью трибоэлектрификации. Ряд соответствующих ссылок приведен в библиографии.

Поверхностное напряжение, созданное с помощью осажденного заряда, и скорость стекания этого напряжения измеряют без поверхностного контакта с открытой и также с заземленной подложкой, как описано в D.2.

Величину заряда, перенесенного при заряжении, измеряют с помощью оборудования, приведенного в D.1.5.

D.3.2 Начальное значение напряжения

Испытательную поверхность устанавливают в устройстве стекания коронного заряда, как описано в D.2.

D.3.3 Напряжение поверхности до испытания

Перед каждым испытанием проверяют, чтобы напряжение поверхности до испытания было достаточно низким. Оно должно быть менее 2 % от ожидаемого или наблюдаемого начального пика поверхностного напряжения, достигнутого при заряжении.

D.3.4 Измерение времени стекания заряда

Измеряют время стекания заряда с каждой поверхности после завершения процесса заряжения, начиная от измеренного значения напряжения в момент времени *t(i)* до 10 % данного уровня напряжения. Как правило, приемлемым временем стекания заряда *t(i)* в период между завершением и достижением начального значения поверхностного напряжения, используемого для начала измерения времени стекания заряда, является (100 ± 10) мс. Этот период времени соответствует времени, которое затрачивается на трибоэлектризацию при разделении поверхностей и при влиянии поверхностного заряда на близлежащие предметы.

При данном испытании нет необходимости в достижении конкретного начального значения напряжения поверхности. Значение начального напряжения должно быть достаточным для реализации процедуры измерения времени стекания.

Выполняют не менее двух измерений времени стекания заряда и емкостной нагрузки при каждом значении напряжения коронного заряда (2,7 ± 0,1) кВ; (3,0 ± 0,1) кВ; (4,0 ± 0,1) кВ и (5,0 ± 0,1) кВ положительной и отрицательной полярности. Подходящая продолжительность действия коронного заряда равна (15 ± 5) мс.

Если при предварительных измерениях значения емкостной загрузки почти не отличаются друг от друга, этого достаточно для отмены проведения дальнейших измерений. Дополнительные измерения понадобятся, если результаты измерения сильно различаются на одном испытуемом образце.

Примечание — При повышении диапазона коронного разряда измерения напряжения проводят для двух значений поверхностных напряжений и для связанных с ними величин заряда, для обеих полярностей в диапазоне величин заряда до нескольких нанокулон (нКл). Таким образом учитываются условия, которые близки к ситуациям трибоэлектрификации.

D.3.5 Расчет емкостной нагрузки

Емкостная нагрузка, создаваемая зарядом на испытуемой поверхности, представляет собой отношение поверхностного потенциала, достигнутого на единицу заряда для тонкой пленки изолятора, к поверхностному потенциалу, достигнутому на единицу заряда с аналогичным распределением заряда на испытуемом материале.

Емкостную нагрузку C_L, создаваемую зарядом на поверхности, определяют по результатам измерения заряда на испытуемой поверхности Q и наблюдаемого начального поверхностного потенциала V. Значение рассчитывают путем сравнения наблюдаемого соотношения количества исходного поверхностного потенциала на единицу заряда к отношению потенциала на поверхности тонкослойного изолятора (например, пленке), который имеет достаточно короткое время стекания для достижения нижнего значения потенциала на поверхности. Это соотношение эквивалентно соотношению значения условной емкости, рассчитанной для испытуемого материала C, и для очень тонкого слоя изолятора C^*. Для расчета емкостной нагрузки используют следующие формулы.

Условная емкость эталонного материала (очень тонкий слой качественного изолятора) равна

$$C^* = Q_{ref} / V_{ref}. \quad (D.1)$$

Условная емкость испытуемого материала

$$C = Q/V. \quad (D.2)$$

Емкостная нагрузка:

$$C_L = C/C^*,$$

$$C_L = (Q/V) \Big/ (Q_{ref} / V_{ref}), \quad (D.3)$$

где Q_{ref} является полным полученным зарядом, а V_{ref} является наблюдаемым начальным поверхностным потенциалом на эталонном материале, Q — полным зарядом, полученным испытуемым материалом, и V — наблюдаемым начальным поверхностным потенциалом на испытуемом материале.

После того, как при испытании для условной емкости эталонного материала будет получено значение $C^* = Q_{ref}/V_{ref}$, оно может использоваться в качестве эталонного значения в последующих измерениях емкостной нагрузки, при условии, что все особенности проводимых испытаний остаются теми же.

На графике D.4 показаны значения емкостной нагрузки, рассчитанной по каждому измерению начального напряжения при (100 ± 10) мс, и соответствующая величина заряда в зависимости от используемых величин заряда. Кривые изменений при положительной и отрицательной полярности экстраполируются на нулевой заряд. Экстраполяция значений емкостной нагрузки для нулевого заряда считается лучшим способом, чтобы приблизить условия при коронном разряде к процессу трибоэлектрификации.

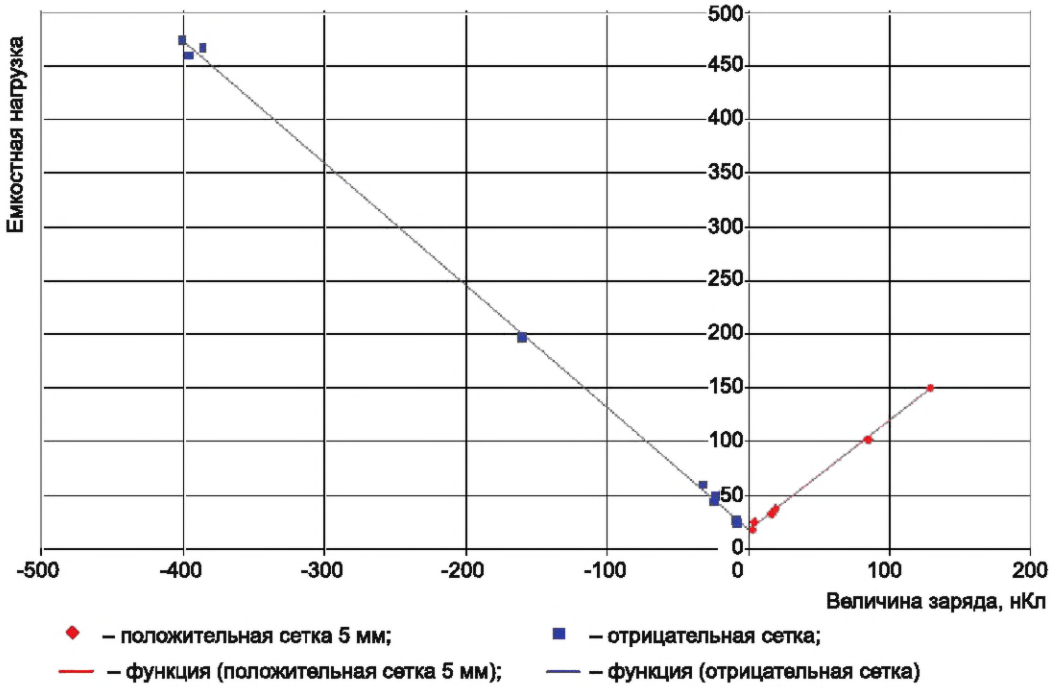


Рисунок D.4 — Пример зависимости емкостной нагрузки от величины коронного заряда

D.4 Оценка материалов

Оценка материалов основана на полученном значении напряжения поверхности, измеренном через (100 ± 10) мс после окончания короткого периода заряжения $t(i)$. Оценку проводят на основе одной из двух функциональных особенностей:

a) является ли время снижения поверхностного напряжения от наблюдаемого значения $t(i)$ до 10 % с открытой, а также с заземленной подложкой меньше, чем определенное время $t(a)$,

и/или

b) является ли значение емкостной нагрузки, экстраполированное на нулевой заряд (на основе поверхностного напряжения $t(i)$), больше N, а также время для падения поверхностного напряжения со значения $t(i)$ до 10 % меньше, чем $t(b)$.

В общем случае *t(a)* принимают равным (1,0 ± 0,1) с, *N* принимают равным 40 и *t(b)* принимают равным (20 ± 1) с.

Если время стекания заряда после *t*(*i*) короче времени, требуемого для разделения поверхностей, а также если существуют возможные пути утечки заряда на землю, то никаких существенных поверхностных напряжений не возникает.

Если при предварительных измерениях становится очевидно, что значения емкостной нагрузки слишком низкие для эффективного рассеивания поверхностных напряжений, то это следует принимать во внимание и проводить измерения времени стекания заряда.

Если единственным практически применимым методом является измерение времени стекания заряда (например, на установленных поверхностях), то такие измерения будут достаточными при условии, что время стекания заряда меньше приемлемого времени *t*(*a*), например (1,0 ± 0,1) с. Максимальное поверхностное напряжение V_{max} ,В, которое может возникнуть на практике при величине заряда *q*,нКл, может быть получено с помощью значений емкостной нагрузки, экстраполированной в нулевой заряд, как например

$$V_{max} = f_q/(CL_q = 0), \quad (D.4)$$

где *f* — коэффициент и $CL_q = 0$ — значение емкостной нагрузки, измеряемой с коронным зарядом, экстраполированным на нулевой заряд. На практике значение *q* чаще всего составляет не более 50 нКл и коэффициент *f* имеет значение около 75.

Примечание — Экстраполяция значений емкостной нагрузки на нулевой заряд считается лучшим способом для обеспечения соответствия коронного заряда с производительностью трибоэлектрификации.

Максимальные значения напряжения, полученные методом, описанным выше, можно сравнить с допустимыми пределами уровня напряжения при практических ситуациях. Например, если максимальное допустимое поверхностное напряжение 100 В, то значение емкостной нагрузки должно превышать 40.

В дополнение к вышеуказанному требованию к емкостной нагрузке необходимо, чтобы любой локально созданный заряд мог стекать в землю. Если нет такой возможности, то многократное заряжение приведет к постепенному нарастанию поверхностного потенциала. Если предположить, что материал имеет точку соединения с заземлением (например, тело человека, носящего одежду, заземлено через обувь или заземляющий браслет), то время для стекания заряда до 10 % от значения, полученного при *t*(*i*), должно быть меньше (20 ± 1) с с заземленной подложкой. Если заряженная область предмета одежды проходит от заземляющего соединения через шов, то измерения следует проводить там, где шов разделяет точку заземления и испытательную область, а также когда точка заземления предмета одежды находится на той же области ткани, которая непосредственно заряжена.

D.5 Метод калибровки

D.5.1 Калибровка оборудования для измерения времени стекания коронного заряда

D.5.1.1 Аспекты калибровки

Калибровка средств измерений для измерения времени стекания коронного заряда состоит из двух частей:

a) калибровка поверхностного потенциала чувствительности измерителя поля;

b) калибровка измерения времени стекания заряда.

Примечание — Формальная калибровка требует учета неопределенности измерений (см. Руководство ISO/IEC 98-1 [5]).

D.5.1.2 Калибровка чувствительности поверхностного потенциала

Калибровку чувствительности поверхностного потенциала выполняют, оценивая равномерность потенциала на проводящей поверхности, охватывающей площадь всей испытательной апертуры. Источник напряжения обеспечивает устойчивый низкий уровень пульсаций напряжения обеих полярностей не менее 1000 В. Измерительная система напряжения должна измерять напряжение обеих полярностей и отделяться от источника напряжения таким образом, чтобы ее можно было откалибровать отдельно. Погрешность измерений напряжения должна быть не более 0,2%. Нестабильность напряжения при проведении калибровки должна быть не более 0,2 %.

D.5.1.3 Калибровка времени стекания заряда

Откалиброванные резисторы и конденсаторы соединяют параллельно между линией заземления и проводящей калибровочной пластиной над испытательной апертурой. Резисторы и конденсаторы должны быть хорошего качества, с линейной характеристикой напряжения и быть способными выдерживать напряжения до 3 кВ.

Значения времени стекания заряда определяют из значений сопротивления, Ом, и емкости, фарад. Значения времени стекания заряда должны быть предусмотрены для каждой десятой степени основного рабочего диапазона прибора. Для того, чтобы охватить весь диапазон характеристик используемых антистатических материалов, калибруемые значения времени стекания заряда должны входить в диапазон от 100 мс до 100 с.

Формальная калибровка резисторов и конденсаторов должна быть выполнена на оборудовании, используемом для калибровки оборудования для измерения времени стекания заряда.

D.5.1.4 Метод калибровки

Средство измерения времени стекания заряда устанавливают на калибровочное оборудование, включают и стабилизируют. Калибровочную пластину присоединяют к линии заземления и с помощью измерителя поля измеряют исходный нулевой поверхностный потенциал. На калибровочную пластину подают напряжения определенных уровней в диапазоне от 50 до 1000 В. Далее повторяют измерения для значений напряжения другой полярности.

Подключают набор комбинаций сопротивлений и емкостей от линии заземления к калибровочной пластине. Для того, чтобы приложить к калибровочной пластине достаточный заряд для достижения первоначального наибольшего значения поверхностного напряжения, подходящего для измерения времени стекания заряда, используют прибор для измерения времени стекания заряда. Приемлемые первоначальные значения поверхностного напряжения находятся в диапазоне от 100 до 1000 В. С помощью обычного прибора измерения времени стекания заряда измеряют время от начального значения до 1/e. Если доступны как электронные, так и программные средства измерения времени стекания заряда, их следует использовать совместно.

Необходимо сделать не менее трех измерений времени стекания заряда для каждой полярности и для каждого значения времени стекания заряда. Из каждого набора из шести показаний рассчитывают среднее значение времени стекания заряда и стандартное отклонение.

D.5.2 Калибровка оборудования для измерения стекания коронного заряда

D.5.2.1 Аспекты калибровки

Калибровка средств измерений для измерения коронного заряда, полученного из образцов, состоит из двух частей:

a) калибровка чувствительности цепей измерения индукционного и проводящего заряда;

b) калибровка интерпретации индукционных наблюдений заряда.

D.5.2.2 Чувствительность измерений индукционных и проводимых зарядов

Определенная величина заряда обеспечивается заряжением калиброванного конденсатора до определенного значения напряжения. Калибровка заряда включает разрядку этого конденсатора непосредственно на электроды, подключенные к индукционным и проводимым зарядам.

Если цепи измерения тока представляют собой виртуальные входные цепи заземления, то весь заряд на конденсаторе передается в цепь измерения заряда, и выходной сигнал можно сравнить с известным количеством входного заряда.

D.5.2.3 Относительная чувствительность к измерению индукционного заряда

По своей величине индукционный заряд является сигнальным по сравнению с величиной заряда, помещенного на поверхность образца при приложении заряда. Его значение определяют при помощи измерителя времени стекания заряда, установленного на опору для измерения заряда на образце, который является довольно однородным диэлектриком, время стекания заряда с которого равно нескольким секундам. Измерительные сигналы первоначально представляют собой индукционные сигналы. Затем они постепенно изменяются и становятся сигналом проводимого заряда. Так как суммарный заряд постоянен, коэффициент относительной чувствительности является коэффициентом, на который необходимо умножить спадающий индукционный сигнал так, чтобы при его суммировании с увеличивающимся сигналом проводимости сумма, т. е. общая величина заряда, была стабильной в течение времени наблюдения.

Точную чувствительность при измерении индукционного заряда оценивают с помощью образца из простого рассеивающего материала (например, бумаги, целлофана или пищевой пленки) со временем стекания заряда, равным нескольким секундам. Различные варианты проводимости Q_c и индукционных сигналов Q_i численно записывают в течение начального периода стекания заряда, например в 1/e за один раз.

Для нахождения числового коэффициента f_1, с помощью которого мгновенные индукционные сигналы умножаются таким образом, чтобы при его добавлении общий сигнал Q_{tot} не менялся с течением времени наблюдения, рекомендуется использовать моделирование с помощью электронных таблиц.

$$Q_{tot} = Q_c + f_1 \cdot Q_1. \quad (D.4)$$

После того как будет получено значение для коэффициента f_1, его можно использовать в качестве опорного значения в последующих измерениях заряда, если испытательная схема остается неизменной.

Процесс показан на рисунке D.5.

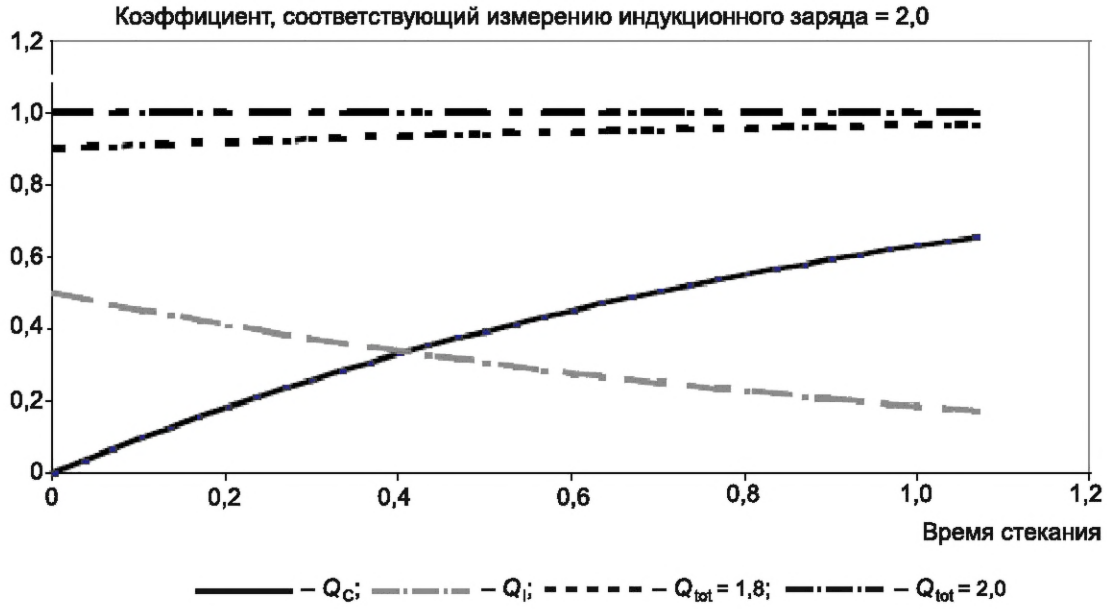


Рисунок D.5 — Корректировка коэффициента для сравнения измерений индукции и проводимости

Приложение Е
(справочное)

Простые испытания на трибоэлектрификацию

Е.1 Оборудование

Е.1.1 Заряжаемые материалы

Заряжаемые материалы могут быть твердыми объектами (например, пластиковые трубы, блоки, шары и др.) или гибкими материалами (например, пластиковые листы, тканый или вязаный текстиль и т. д.).

Необходимо выбрать заряжаемые материалы, которые способны создавать высокий заряд на предмете одежды без какой-либо защиты от статического электричества. В качестве рекомендации — заряд, возникающий на незащищенных предметах одежды, должен быть по крайней мере в два раза выше верхнего допустимого уровня, указанного для объекта или системы.

Следует использовать не менее двух заряжаемых материалов: один электроположительный и один электроотрицательный.

Если заряжаемые материалы используют многократно, их нужно регулярно очищать во избежание загрязнений, которые могли бы повлиять на их поляризуемость.

Е.1.2 Измерительное оборудование

Наиболее удобным методом определения уровня заряда на предмете одежды является измерение электростатического поля или поверхностного потенциала с использованием измерителя поля или бесконтактного вольтметра.

Средство измерений должно иметь диапазон измерений по крайней мере в два раза выше верхнего допустимого уровня, указанного для объекта или системы, с погрешностью не более 10 % от этой предельной величины. Время реакции должно быть порядка 0,1 с, и ноль должен быть стабилен во время измерений.

Е.2 Метод измерений

Е.2.1 Трибоэлектризация предметов одежды путем движения человека

Человек в испытуемом предмете одежды должен выполнять все обычные движения, например сгибаться, размахивать руками и так далее таким образом, чтобы трибоэлектризация возникла между различными поверхностями носимого предмета одежды. Напряжение поля или поверхностное напряжение следует измерять в разных местах вокруг тела.

Е.2.2 Трибоэлектризация с заряжающими материалами

Для того чтобы определить лучший способ трибоэлектризации трением о материалы, необходимы практика и опыт, например активное трение круговыми движениями, быстрые вихревые движения в одном направлении, удары или биение.

Испытуемый предмет одежды должен быть трибоэлектризован выбранным способом от первого выбранного заряжающего материала, а полученное в результате напряжение поля или поверхностное напряжение необходимо измерить незамедлительно. Эту процедуру проводят с другими заряжаемыми материалами в разных местах вокруг тела.

Места трибоэлектризации должны учитывать участки предмета одежды, которые наиболее подвержены электризации, например задняя поверхность (спина), которая может контактировать со стульями, а также с участками, которые могут представлять наибольший риск, например нижняя часть рукавов, которая расположена ближе всего к электростатически чувствительным устройствам.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего межгосударственного стандарта
IEC/TR 61340-1:2012	IDT	ГОСТ IEC/TR 61340-1—2023 «Электростатика. Электростатические явления. Физические основы и методы измерений»
IEC 61340-2-1:2002	—	*
IEC/TR 61340-2-2	—	*
IEC 61340-2-3:2000	—	*
IEC 61340-4-9	IDT	ГОСТ IEC 61340-4-9—2021 «Электростатика. Методы испытаний для прикладных задач. Одежда»
ISO 3175-2	IDT	ГОСТ ISO 3175-2—2023 «Материалы и изделия текстильные. Профессиональный уход, сухая и мокрая чистка текстильных материалов и предметов одежды. Часть 2. Метод проведения испытаний при чистке и отделке с использованием тетрахлорэтилена»
ISO 3175-3	IDT	ГОСТ ISO 3175-3—2023 «Материалы и изделия текстильные. Профессиональный уход, сухая и мокрая чистка текстильных материалов и предметов одежды. Часть 3. Метод проведения испытаний при чистке и отделке с использованием углеводородных растворителей»
ISO 6330	IDT	ГОСТ ISO 6330—2011 «Материалы текстильные. Методы домашней стирки и сушки для испытаний»
ISO 15797	IDT	ГОСТ ISO 15797—2022 «Материалы и изделия текстильные. Процедуры промышленной стирки и отделки для испытаний одежды для работников»
AATCC	—	*
BS 7506-1:1995	—	*
EN 1149-3:2004	IDT	ГОСТ EN 1149-3—2011 «Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная защитная. Электростатические свойства. Часть 3. Методы измерения убывания зарядов»
EN 1149-5	IDT	ГОСТ EN 1149-5—2023 «Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная. Электростатические свойства. Часть 5. Технические требования»
NT ELEC 036:2006	—	*
NT ELEC 037:2006	—	*

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

Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов:

- IDT — идентичные стандарты.

Библиография

[1] IEC 61340-4-3, Electrostatics — Part 4-3: Standard test methods for specific applications — Footwear (Электростатика. Часть 4-3. Методы испытаний для прикладных задач. Обувь)

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

[3] EN 1149-1:1996, Protective clothing — Electrostatic properties — Part 1: Test method for measurement of surface resistivity (Одежда защитная. Электростатические свойства. Часть 1. Метод испытаний для измерений удельного поверхностного сопротивления)

[4] IEC 61340-3-1, Electrostatics — Part 3-1: Methods for simulation of electrostatic effects — Human body model (HBM) electrostatic discharge test waveforms (Электростатика. Часть 3-1. Методы моделирования электростатических воздействий. Определение формы сигнала электростатического разряда на модели человеческого тела)

[5] ISO/IEC Guide 98-1, Uncertainty of measurement — Part 1: Introduction to the expression of uncertainty in measurement (Неопределенность измерения. Часть 1. Введение в выражение неопределенности измерения)

УДК 621.316.9:006.86 МКС 29.020 17.220.99 IDT

Ключевые слова: электростатический разряд, электростатика, одежда, электростатическое заряжение, способность к рассеиванию заряда, метод испытаний

Редактор *Н.А. Аргунова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Л.С. Лысенко*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 21.08.2024. Подписано в печать 26.08.2024. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 5,12. Уч.-изд. л. 4,35.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru