

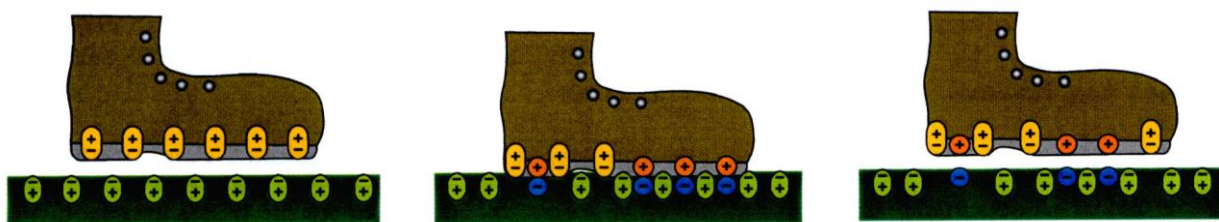
Проблемы электростатической безопасности напольных покрытий

Хотя мы почти ежедневно сталкиваемся с явлением статического электричества, наши знания о происходящих при этом физических процессах и, главное, возможностях их полезного использования, очень малы. Электростатика является одной из самых старых электрических дисциплин.

Электростатические заряды являются статическими зарядами по определению. Они генерируются в основном при разделении различных материалов, например, при отслаивании пленки, смешивании не проводящих ток жидкостей, или при хождении по полу с изолирующим покрытием, таким как покрытие PVC (ПХВ), ковровое или ламинатное (тонкослойное) покрытие.

Электростатические поля нельзя осознанно ощутить нашими органами чувств. То, что мы можем почувствовать, представляет собой либо сильное электрическое поле, либо электрический импульс разряда. В таком случае, однако, он по величине не больше электростатического заряда.

Если одна из двух поверхностей является изолирующим материалом, переходящие на него заряды не могут перетечь обратно при последующем отделении, что приводит к нарушению равновесия носителей заряда на обеих поверхностях. Одна из них показывает положительный, а другая отрицательный избыток заряда одинаковой величины.



1-я стадия: Приближение

Обе поверхности электрически нейтральны. На поверхности имеются двойные электрические слои.

2-я стадия: Касание

Атомные поля накладываются в контактной области и дают возможность перехода переносчикам заряда.

3-я стадия: Отделение

Если одно из двух тел представляет собой изолирующий материал, заряды не могут перетечь обратно, что ведет к нарушению равновесия носителей заряда.

Упрощенная физическая модель процесса заряда из 3-х стадий

Уровень заряда зависит от «интенсивности» контакта, то есть от размеров области прямого контакта и скорости процесса разделения. Электростатический заряд известен также как фрикционное электричество.

Определяется главным образом химическим составом входящих материалов. Основными характеристиками для оценки способности к зарядке являются электрическая поверхность и объемное сопротивление, поскольку они, в основном, определяют разрядку через мостики граничных материалов при разделении.

Относительная влажность и температура воздуха являются внешними факторами, влияющими на величину заряда. Если они возрастают, проводимость поверхности будет увеличиваться, что даст возможность перетекать большему количеству зарядов в стадии разделения через мостики соприкосновения.

Экспериментальные исследования с применением специального испытательного оборудования для определения электростатических зарядов при разделении твердых тел показали, что при определенном сопротивлении поверхности $\sigma = R \geq 10^{12} \Omega$ (измеренного согласно стандарту ИЕС 93) на поверхности возникают электростатические заряды. Комбинация материала обуви и поверхности покрытия пола влияет на полярность и уровень зарядки статическим электричеством. Метод хождения, изменение скорости и внешние условия влияют на уровень заряда. Более быстрый способ хождения и скользящие движения будут усиливать зарядку статическим электричеством. Химический состав поверхности покрытия и его электрическое сопротивление - тоже важные параметры напольного покрытия.

Первоначальная ситуация:	Зарядка:	Разрядка:	Последствия:
Человек входит в комнату электрически нейтральным	Разделение заряда в контактной области подошва/пол, нарушение заряда на теле	При подходе к (электронному) прибору или заземленному изделию (нагревателю) проскакивает искра.	Человек пугается, возможна шоковая реакция, возможно прибор ломается, пол остается заряженным

Схематическое представление зарядки статическим электричеством человека при хождении по полу и разрядка через искрение на электрический прибор.

Для человека порог чувствительности электрического разряда при касании к заземленным объектам составляет около 2кВ напряжения тела. Заряд от 4...6кВ почувствуется в большинстве случаев как боль.

В неблагоприятных условиях, при ходьбе по ковру из синтетических волокон или ковровому покрытию пола с электрически изолируемым покрытием, человек может получить напряжение на тело до 25кВ. Емкостная способность человека достигает $C = 150\text{пФ}$, искры разряда в этом диапазоне напряжения могут достигать энергии

$$W = U^2 * C.2 = 50\text{мДж.}$$

Максимальное значение энергии искры разряда заряженного человека ниже предельной величины 350мДж (для измерительных приборов), которая допускается по условиям защиты здоровья. Разряды свыше 1Дж опасны для жизни человека. Наиболее высокое напряжение тела, измеренное при испытании, например, ламинатных покрытий методом хождения по полу, составляло приблизительно 12кВ.

Электрическое поле, создаваемое аккумуляруемыми зарядами, является не переменным полем и поэтому классифицируется как электромагнитное загрязнение. Силовое воздействие поля на человека, а также пики тока, которые появляются, когда человек разряжается, являются настолько слабыми, что не наносят прямого вреда жизни или здоровью человека.

Долгое нахождение в непосредственной близости высоко заряженных объектов может привести к нарушениям вегетативной системы, таким как головные боли или тошнота у очень чувствительных людей.

В настоящее время тема непосредственных воздействий слабых электрических полей на здоровье человека интенсивно изучается.

Скачкообразная электрическая искра может вызвать ощущение боли, которая может привести к опасным ситуациям, например, падение тяжелых объектов, проливание горячих или огнеопасных жидкостей, а так же ранений, вследствие неконтролируемых движений (толчок назад).

Возможно также возгорание от воздействия электрических искр легко воспламеняющихся чистящих составов и растворов.

Статический разряд несёт угрозу разрушающих воздействий в чувствительных электронных сетях, которые широко используются в энергетических фармакологических транспортных авиационных компаниях. Отказ в работе или поломка компьютера, сервера или компьютерной сети из-за статических электрических разрядов, могут привести не только к порче дорогостоящего оборудования, но и к крушениям поездов и самолётов, к взрывам на предприятиях со взрывоопасными производствами, к гибели людей и экологическим катастрофам.

Многие современные приборы и аппараты для ввода информации оборудованы чувствительными сенсорными экранами, воздействие на них статического разряда приводит к порче всего оборудования.

Для того чтобы исключить предъявление претензий при проектировании, определяется категория помещения, цеха, производства, предприятия, согласно которого выбирается тип напольного покрытия по астатичности ECF; DIF; ASF..

Для помещений, где возможна опасность взрыва, например химические лаборатории, где проводятся работы с растворами или легковоспламеняющимся порошком, и подобных применяются жесткие правила (например, стандарты DIN EN 50014, BGR 132). В рабочих местах, где проводятся работы с высокочувствительными электронными изделиями и деталями (зоны защиты ЕРА) стандарты регулируют электрические свойства покрытий пола, и их отделку (например, стандарты Z DIN EN 100015 и IEC 61340-5-1...3). Стандарт DIN IEC 61340-4-1:1997 «Электростатическое поведение покрытий пола и

устанавливаемых полов» определяет следующие характеристики электростатического поведения покрытия пола:

ECF	Электростатически проводящее покрытие	$R_x < 10^6 \Omega$
DIF	Рассеивающее покрытие	$R_x = 10^6 \dots 10^9 \Omega$
ASF	Антистатическое покрытие	$U_p \leq 2\text{кВ}$,

Где дополнительным критерием является относительная влажность воздуха (при 23°C)

- Класс внешней среды 1: 12%
- Класс внешней среды 2: 25%
- Класс внешней среды 3: 50%

В классификации «астатического покрытия» должен быть указан класс внешней среды. Согласно новым дополнениям международного стандарта IEC 61340-4-1 и IEC 61340-4-5, измерение сопротивления и испытания методом хождения по полу должны проводиться при температуре $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ и относительной влажности $(12 \pm 3)\%$.

Для того чтобы иметь возможность оценить электростатическое поведение элементов покрытия, необходимо измерить

- поверхностное сопротивление R_S ,
- объемное сопротивление R_V и
- напряжение тела U_P при испытаниях хождением.

Для настеленных полов объемное сопротивление R_V заменяется сопротивлением к земле R_E .

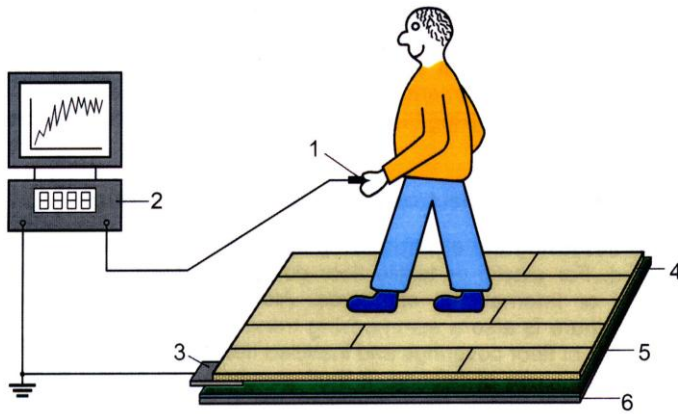
Стандарты DIN IEC 61340-4-1:1995 и EN 14041 рассматривают три класса для определения электростатических характеристик:

ECF	Электростатически проводящее покрытие	$R_x < 10^6 \Omega$
DIF	Рассеивающее покрытие	$R_x = 10^6 \dots 10^9 \Omega$
ASF	Антистатическое покрытие	$U_p \leq 2\text{кВ}$.

Пол ECF и DIF характеризуется только результатами электрического сопротивления. При высокой проводимости поверхности статические заряды человека $> 2\text{кВ}$ могут быть исключены, и такие полы будут также антистатическими. Как правило, эти полы используются во взрывозащищенных помещениях и электростатически защищенных зонах производства электроники (защитные зоны EPA и ESD).

Объемное сопротивление из всех широко используемых видов древесины для жилых помещений или MDF или HDF, соответственно, всегда составляет $R_V > 10^{10} \Omega$ при относительной влажности $H \leq 50\%$.

Для классификации в качестве антистатического покрытия пола ASF, согласно стандарту DIN IEC 6, напряжение тела должно быть определено при испытаниях методом хождения, согласно стандарту DIN EN 1815. Измерения проводятся в испытательной камере с кондиционированным воздухом, где испытательные образцы 1м x 2м собираются в соответствии с инструкциями производителя.



Измерительное оборудование для определения заряда человека согласно стандарту EN 1815

- 1 – ручной электрод
- 2 – система оценки и регистрации испытательной величины
- 3 – электрод заземления
- 5 – подложка (водоупорная подстилка и демпфирование звука шагов)
- 6 – нижняя изолирующая пластина

Подвергаемый испытаниям человек с электродом, удерживаемым рукой, ходит по образцу покрытия в стандартизированной обуви с постоянной частотой шага, равной двум шагам за секунду туда и обратно. Напряжение тела измеряется через емкостную связь, посредством электростатического вольтметра.

Если в испытаниях методом хождения напряжение человек и не превышает 2кВ, покрытие пола может быть классифицировано (аттестовано) как «аэстатическое» или «антистатическое».

Для покрытий полов, используемых для применений в жилых и общественных помещениях, должны быть выполнены условия; $U_p \leq 2\text{кВ}$ при 23°C / 50% относительной влажности воздуха.

– Для поверхностного сопротивления R_s существуют следующие диапазоны:

- | | |
|----------------------------------|--|
| $R_s < 10^{10} \Omega$ | зарядка не должна ожидаться, антистатическое поведение |
| $R_s = 10^{10} - 10^{11} \Omega$ | зарядка невероятна, вероятна в неблагоприятных условиях, таких как низкая влажность, синтетические подошвы обуви, быстрая ходьба, скольжение (Наибольшие результаты измерений $< 2\text{кВ}$, редко до 5кВ) |
| $R_s = 10^{11} - 10^{12} \Omega$ | диапазон переходных процессов от антистатического поведения до высокой зарядки (напряжение человека от 0.1 до 9кВ) |
| $R_s > 10^{12} \Omega$ | возможна высокая зарядка (но не всегда приводящая к возникновению опасного заряда, например, напряжения человека в диапазоне 1.1кВ и 4.6кВ были получены для пяти различных ламинатных поверхностей с одинаковым поверхностным сопротивлением $R_s = 2 * 10^{12} \Omega$) |

Зарядка человека $U > 2\text{кВ}$ может быть исключена с относительно высокой вероятностью только при поверхностном сопротивлении $R_s > 5 * 10^{10} \Omega$.

Сравнение различных типов покрытий пола:

- Поверхности из дерева, обработанные маслами и восками, дают в результате величину зарядки ниже 2кВ («Астатическое покрытие») по всей поверхности.
- Лакированные деревянные поверхности в большинстве случаев колеблются в диапазоне антистатическое - не антистатическое.
- Очищающие средства и изделия для ухода с антистатическими добавками временно уменьшают зарядку тела во время ходьбы.

Если возникает проблема появления статического электричества при ходьбе по покрытиям пола, можно решить эти проблемы использованием антистатических добавок к чистящим жидкостям, применением ESD обуви, увеличением влажности или повышением концентрации ионов воздуха посредством ионизаторов отрицательного напряжения.

- Регулярная обработка антистатическими чистящими средствами и продуктами ухода

Чистящие средства и продукты ухода с антистатическими добавками временно уменьшают зарядку тела во время ходьбы благодаря гигроскопическому эффекту (проводящая влажность пленка на поверхности).

- Увеличить влажность

Влажность имеет большое влияние на проводимость поверхности и определяет возможность рекомбинации зарядов во время подъема подошв обуви от пола. Обычный сухой воздух в помещении зимой при температуре ниже нуля является проблемным. Увеличение влажности значительно уменьшает количество электростатических зарядов. Уровень влажности примерно 55-60% являются достаточными, чтобы противодействовать возникновению высоких зарядов.

- Ионизация воздуха

Заряженные области разряжаются быстрее биполярной ионизацией воздуха посредством короны альтернативного напряжения, приобретаемое напряжение тела таким образом уменьшается.

Ионизация воздуха достигается использованием приборов кондиционирования воздуха с ионизаторами.

- Использование «антистатической обуви»

Антистатическая обувь (также известная как обувь ESD или туфли EPA) разрабатывалась для использования в производственных зонах с высокочувствительными электронными цепями. Эта обувь является проводящей электричество и надежно предохраняет от опасного заряжения в случае проводящего покрытия.

к.т.н. Рудченко Ю.А. по материалам: Электростатическое поведение деревянных и ламинатных покрытий полов. Дрезденский институт технологии древесины Германия: пр. д. Гельмут Баух

Перечень приводимых стандартов:

IEC 60093 : 1980 ²⁾	Методы испытаний изолирующих материалов для электрических предложений – Объемная сопротивляемость и поверхностная сопротивляемость твердых электрических изолирующих материалов (=DIN IEC 60093, = VDE 0303 Teil 30)
IEC 61340-4-1 : 1995 ²⁾³⁾	ЭЛЕКТРОСТАТИКА – Часть 4: Стандартные методы испытаний для специфических применений – Раздел 1: Электростатическое поведение покрытий пола и устанавливаемых полов (=DIN IEC 61340-4-1, = VDE 0303, Часть 83)
EN 1081 : 1998	Упругие покрытия полов – Определение электрического сопротивления
EN 1815 : &&1998	Упругие и текстильные покрытия полов – Оценка склонности к накоплению статического электричества
prEN 14041 : 2003 (D)	Упругие, текстильные и ламинатные покрытия пола – Требования по охране здоровья, безопасности и энергосбережению

²⁾ В 1997 все номера стандартов IEC были изменены (+60000). На напечатанных листах норм все еще пишутся номера 93 или 1340-4-1, однако, во всех перечнях стандарты перечисляются под новыми номерами 60093 или 61340-4-1.

³⁾ Стандарт IEC 61340-4-1: 1995 в настоящее время все еще имеет силу. В настоящее время он пересматривается. Имеется намерение разделить его на две части:

IEC 61340-4-1 (IEC 101/107/CD: 2001): ЭЛЕКТРОСТАТИКА –
Стандартные методы испытаний для специальных применений –
Электрическое сопротивление покрытий пола и устанавливаемых полов

IEC 61340-4-5 (IEC 101/111/CD: 2001): ЭЛЕКТРОСТАТИКА –
Стандартные методы испытаний для специальных применений – Методы для определения электростатической защиты обуви и покрытия в комбинации.