

На правах рукописи



Сироткина Олеся Викторовна

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ
СПЕЦИАЛЬНОЙ ОБУВИ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ АНТИСТАТИЧЕСКОГО
СТАТУСА**

Специальность 05.19.05

«Технология кожи, меха, обувных и кожевенно-галантерейных изделий»

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Москва – 2021

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» (ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина») на кафедре «Художественное моделирование, конструирование и технология изделий из кожи».

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент кафедры «Художественное моделирование, конструирование и технология изделий из кожи» ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», г. Москва
Белицкая Ольга Александровна

Официальные оппоненты: доктор технических наук, доцент, профессор кафедры Товароведения и товарной экспертизы ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова», г. Москва
Фукина Ольга Витальевна
кандидат технических наук, доцент кафедры Конструирование, технологии и дизайн Института сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) ФГБОУ ВО «ДГТУ» в г. Шахты
Белышева Виктория Сергеевна

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», г. Санкт-Петербург

Защита состоится «23» _____ июня _____ 2021 г. в 10.00 ч. на заседании диссертационного совета Д 212.144.01, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» по адресу: 117997, г. Москва, ул. Садовническая, д. 33, стр. 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина» и на официальном сайте вуза <https://kosygin-rgu.ru/>

Автореферат разослан « ____ » _____ 2021 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212.144.01



Мезенцева Т.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Современная антистатическая обувь занимает определенную нишу в номенклатуре специальной обуви, технология производства и качество которой постоянно совершенствуются. Исследованию физических характеристик электростатического поля (ЭСП) посвящены работы многих ученых, но отсутствие знаний о корреляции между такими антистатическими показателями, как напряженность электростатического поля и электростатический потенциал, не позволяет прогнозировать характер поведения и стекания электростатических зарядов с тела человека. Последствия воздействия трибоэлектрических явлений на технологические процессы и технические системы связаны с «человеческим фактором», когда заряд, накопившийся на теле человека, приводит к выходу из строя чувствительных микросхем или электронных блоков, возникновению пожаров, взрывов нефтепродуктов и легковоспламеняющихся жидкостей.

Специальная обувь с антистатическим статусом пользуется большим спросом на «чистых производствах» и предприятиях нефтегазовой промышленности, особенно в условиях Крайнего Севера, где наблюдается низкий уровень влажности воздуха.

В соответствии с приоритетами государственной политики утверждена программа «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации», целью которой является решение задачи по усилению координации деятельности органов государственной власти в различных сферах, в том числе и в развитии производства современных технических средств и технологий. Таким образом, актуальность и перспективность выбранного направления исследований очевидна.

Степень научной разработанности избранной темы. Существенный вклад в решение проблем развития и совершенствования проектирования и производства обуви, в том числе и специальной, внесли Ю.П. Зыбин, В.А. Фукин, В.В. Костылева, А.А. Никитин, В.М. Ключникова, Т.С. Кочеткова, Д.И. Анохин, А.Н. Калита, В.Л. Раяцкас, В.Е. Горбачик, Н.В. Бекк, П.С. Карабанов, И.Р. Татарчук и др., в научных трудах которых разработаны методологические основы создания конструкций изделий, методы и средства их оценки.

Технология кожи, меха, обувных и коженно-галантерейных изделий – сложившаяся область науки и техники, включающая в себя изучение и теоретическое обоснование сущности и способов изготовления изделий легкой промышленности, обладающих необходимыми эксплуатационными и эстетическими свойствами. Ее задачи включают постоянное улучшение качества, обновление ассортимента, создание прогрессивных технологических процессов, рациональное использование материалов в том числе в производстве: рабочей обуви для металлургов, горняков, нефтяников и т.д.

Диссертационная работа соответствует п. 12 «Разработка теоретических основ проектирования обуви, кожгалантереи и других изделий из кожи, в том числе автоматизированного» и п. 27 «Разработка принципов механизмов, обеспечивающих устойчивое состояние системы «человек-производственная

среда», в условиях биоразнообразия стабильного состояния природной среды» паспорта научной специальности 05.19.05 – Технология кожи, меха, обувных и кожевенно-галантерейных изделий (технические науки).

Объектом исследования является антистатическая обувь, как элемент системы «человек – обувь – окружающая среда».

Предметом исследования являются конструкции антистатической обуви в системе «человек – обувь – окружающая среда».

Цель работы заключается в создании научно-обоснованной базы проектирования здоровьесберегающих конструкций на основе разработки методики оценки безопасности специальной обуви по показателям антистатического статуса.

Для достижения поставленной цели в работе:

- изучены патентные источники, научно-техническая литература, нормативно-техническая документация;

- проанализированы современные методики определения электростатического потенциала обувных материалов и напряженности электростатического поля;

- проведена экспертная оценка по выявлению мнений потенциальных потребителей в отношении рабочей антистатической обуви для различных отраслей производств на примере «ЗиО-Подольск», «Выксунский металлургический завод», «ВолгаНефтеГаз», «Тюменнефтегаз», «Сибуголь» и «Угольная компания «Северный Кузбасс»;

- исследованы антистатические показатели различных типов специальной обуви с использованием прибора ИРИ-04М, в зависимости от характеристик системы «человек – обувь – окружающая среда»;

- предложена классификация современных типовых конструкций специальной обуви по отраслям производств;

- разработана методика оценки безопасности специальной обуви по показателям антистатического статуса, позволяющая проводить испытания в реальных условиях эксплуатации;

- установлены зависимости напряженности электростатического поля от электростатического потенциала на теле человека с применением различных типов обувных конструкций;

- разработана концепция научно-обоснованной антистатической конструкции специальной обуви с заземляющими свойствами для производственных рабочих и инженерно-технических работников.

Методы исследования. Основой исследований служил комплексный подход к решению поставленных задач. В работе при исследовании реальных конструкций и системы «человек – обувь – окружающая среда» использованы методы экспертной оценки и классификаций, основные теоретические положения физики, теоретические и прикладные методы анализа и структурирования данных. Информационно-теоретической базой диссертации послужили труды отечественных и зарубежных ученых по исследуемой и смежной проблемам, энциклопедическая и справочная литература, технологическая документация, теоретические и научно-практические основы технологии и конструирования изделий из кожи, материаловедения.

Исследования проводились на кафедре художественного моделирования, конструирования и технологии изделий из кожи в рамках научно-исследовательских работ МГУДТ на 2014-2018 гг., проблема 2 «Проблемно-ориентированные исследования в области перспективных технологий и дизайна», тема 2.7 «Исследования в области перспективных технологий и дизайна изделий из кожи» и тематического плана на 2019-2023 г. по проблеме «Науки о взаимодействии человека и искусственного интеллекта», подпроблеме «Матричный подход к формированию цифровой индустрии 4.0 на промышленных предприятиях текстильной и легкой промышленности» - тема 1.2 «Развитие инновационного потенциала предприятий по производству изделий из кожи на основе современных цифровых технологий проектирования и быстрого прототипирования».

Научную новизну работы определяют:

- составленные классификации нормативно-технической документации, регламентирующей величины электростатических полей в обуви;
- предложенная классификация современных типовых конструкций специальной обуви по отраслям производств;
- впервые разработанная экспериментальная методика оценки антистатических показателей специальной обуви, позволяющая проводить испытания в широком диапазоне температур от минус 50 °С до плюс 60 °С;
- выявленные взаимосвязи факторов, влияющих на антистатические показатели обуви;
- разработанная концепция научно-обоснованной антистатической конструкции специальной обуви с заземляющими свойствами для производственных рабочих и инженерно-технических работников.

Теоретическую значимость работы составляют:

- классификация современных типовых конструкций специальной обуви по отраслям производств;
- классификация нормативно-технической документации, регламентирующей величины электростатических полей в обуви;
- концепция конструкции антистатической обуви с заземляющими свойствами;
- систематизированная база знаний о свойствах антистатической обуви;
- предложенные зависимости напряженности электростатического поля от электростатического потенциала на теле человека, находящегося в обуви различных типов.

Практическую значимость работы составляют:

- результаты маркетинговых исследований по выявлению мнений потенциальных потребителей антистатической обуви для различных производственных условий;
- экспериментальная методика оценки безопасности специальной обуви по показателям антистатического статуса, позволяющая проводить испытания в реальных условиях эксплуатации;
- предложенные пути снижения электростатического заряда, возникающего при движении на теле человека в результате трибоэлектрических процессов в материалах одежды и обуви, которые уменьшат значения напряженности ЭСП до предельно допустимых значений;

- научно-обоснованные требования к обуви с антистатическими свойствами, применяемой на предприятиях нефтегазовой промышленности в условиях Крайнего Севера;

- разработанная концепция конструкции антистатической обуви с заземляющими свойствами.

Личный вклад автора. Автором *сформулированы* цель и основные задачи исследования, испытаны реальные конструкции и система «человек – обувь – окружающая среда» с позиций оценки безопасности, **проведены:**

- экспертная оценка по выявлению мнений потенциальных потребителей в отношении рабочей антистатической обуви для различных производств на примере «ЗиО-Подольск», «Выксунский металлургический завод», «ВолгаНефтеГаз», «Тюменнефтегаз», «Сибуголь» и «Угольная компания «Северный Кузбасс»»;

- исследования антистатических показателей различных типов специальной обуви с использованием прибора ИРИ-04М, в зависимости от характеристик системы «человек – обувь – окружающая среда»;

- исследования антистатических показателей специальной обуви для нефтяников;

разработана:

- методика оценки антистатических показателей специальной обуви, позволяющая проводить испытания в широком диапазоне температур от минус 50 °С до плюс 60 °С;

- концепция конструкции антистатической обуви с заземляющими свойствами.

Достоверность проведенных исследований базируется на согласованности аналитических и экспериментальных результатов, использовании информационных технологий, современных методов и средств проведения исследований, а также результатах апробации основных положений диссертации в научной периодической печати и на конференциях.

Положения, выносимые на защиту:

1. классификация современных типовых конструкций специальной обуви по отраслям производств;

2. методика оценки безопасности специальной обуви по показателям антистатического статуса, позволяющая проводить испытания в реальных условиях эксплуатации, в том числе в условиях Крайнего Севера;

3. экспериментальные данные, отражающие корреляцию показателей напряженности электростатического поля и электростатического потенциала на теле человека, для обуви различных типов;

4. концепция конструкции антистатической обуви с заземляющими свойствами.

Реализация результатов работы. Методика оценки антистатических показателей материалов специальной обуви рекомендуется предприятиям различных форм собственности и профильным учебным заведениям. Акты о внедрении результатов на ЗАО МОФ «Парижская коммуна» и ООО «НТМ-Защита» свидетельствуют о состоятельности предлагаемых в диссертации решений по разработке методики оценки безопасности специальной обуви по показателям антистатического статуса. Отдельные результаты работы используются в учебном

процессе в виде учебного пособия «Современные представления о материалах, конструкциях и технологиях изготовления специальной обуви различного назначения».

Апробация результатов работы. Основные положения и результаты диссертации докладывались и получили положительную оценку на заседаниях кафедры художественного моделирования, конструирования и технологии изделий из кожи Российского государственного университета имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), на 70-ой внутривузовской научной конференции «Молодые ученые – инновационному развитию общества (МИР-2018)», международной научной студенческой конференции «Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности» (ИНТЕКС-2018), международной научно-технической конференции «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности» (ИННОВАЦИИ–2018), международной научно-практической конференции «Современные тенденции развития науки, образования и общества - 2018», Международном Косыгинском форуме «Современные задачи инженерных наук» (МКФ-2019), Международной научно-практической заочной конференции «Концепции, теория, методики фундаментальных и прикладных научных исследований в области инклюзивного дизайна и технологий» (25-27 марта 2020 г.), 72-ой внутривузовской научной студенческой конференции «Молодые ученые – инновационному развитию общества (МИР-2020)», Международном научно-практическом Симпозиуме «Прогрессивные технологии и оборудование: текстиль, одежда, обувь» (Витебск, 3 ноября 2020 г.), 24-ой международной специализированной онлайн выставке «Безопасность и охрана труда» БИОТ-2020 (08-11 декабря 2020 г.).

Публикации. Основные положения научно-квалификационной работы (диссертации) опубликованы в 15 печатных работах, 3 из которых – в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК.

Структура и объем работы. По своей структуре диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов по каждой главе, общих выводов по работе, списка литературы, приложений. Работа изложена на **227** страницах машинописного текста, содержит **106** рисунков, **19** таблиц. Список литературы включает **182** библиографических и электронных источника. Приложения представлены на **21** странице.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, обозначены цели и задачи исследований, отражены научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе обоснована тема исследования, изучены научно-техническая литература, и нормативно-техническая документация, регламентирующие величины воздействия электростатических полей.

Последствия воздействия электростатических явлений на технологические процессы и технические системы связаны с «человеческим фактором» и производственными факторами, среди которых: окружающая среда, оборудование, вид обуви, одежда, напольное покрытие, заземление. При учете влияния электростатических полей, превышающих допустимые значения, на организм

человека и производственную среду, встает проблема защиты от такого воздействия. Универсальным способом заземления персонала является связка «обувь - напольное покрытие». Антистатическая обувь, как средство индивидуальной защиты от разрядов электростатических полей, является первичным источником заземления.

Сферы применения антистатической обуви различны, среди них: предприятия авиакосмической отрасли; медицинские лаборатории и диагностические центры; цеха по сборке тонкой электроники; научные лаборатории с чувствительной электроникой и точными измерительными приборами; предприятия нефтегазовой сферы; при работе с легковоспламеняющимися и взрывоопасными материалами.

При анализе действующих стандартов и регламентов, устанавливающих уровень антистатических показателей, сделан вывод, что нет единой системы оценки этих показателей. Значение нормируемого показателя зависит от метода испытания и типа оборудования. Одни стандарты ориентируются на напряженность электростатического поля, как на нормирующий показатель, другие на электрическое сопротивление. Между тем, эти значения различны, имеют разные единицы измерения и регистрируются независимыми методами, что серьезно затрудняет оценку и сравнение безопасности изделий по показателям антистатического статуса.

Представлен анализ российского рынка специальной обуви и средств индивидуальной защиты. Выявлено, что развитие средств индивидуальной защиты в Российской Федерации происходит исходя из задач по импортозамещению, восстановлению доли производства отечественных средств индивидуальной защиты и материалов для их изготовления. Основываясь на данных Минпромторга России, для повышения конкурентоспособности средств индивидуальной защиты, в число которых входит антистатическая обувь, необходимо усилить качественные и защитные характеристики выпускаемых изделий, не уступающих известным мировым брендам.

Во второй главе приводятся результаты анализа российских и зарубежных патентных материалов по совершенствованию технологических и конструктивных характеристик антистатической обуви. Выявлено, что для снижения электростатического поля предлагаются как материалы для антистатической обуви, так и различные конструкторские инновации. Однако только совершенствование конструкции обуви не решит проблему повышения комфортности и антистатических характеристик изделий. Необходим комплексный подход.

На основе анализа современных материалов, конструкций и технологий, используемых для изготовления специальной и антистатической обуви установлено, что в настоящее время хотя и наметилась тенденция к расширению объема и ассортимента специальной обуви, но рынок антистатической обуви в РФ развит слабо. А также уделяется недостаточно внимания проектированию специальной и антистатической обуви для работников различных отраслей производств.

Для рационализации информации проведен обзор требований к обуви, предъявляемых различными производствами и типовых норм выдачи специальной обуви по отраслям производств, в ходе которого детально изучены типовые

конструкции специальной обуви по отраслям производств. Полученные результаты исследования структурированы в виде классификации (рис. 1, фрагмент), которая предлагается к использованию на стадии закупки специальной обуви работникам сквозных профессий для оценки уровня защиты от негативных факторов конкретной производственной среды.



Рис. 1 Фрагмент классификации типовых конструкций специальной обуви в соответствии с предъявляемыми к ней требованиями для каждой отрасли производства

В главе представлены основные положения экспертной оценки по определению критериев выбора рабочей обуви в различных отраслях производств. В исследовании приняли участие 10 специалистов-экспертов предприятий: «ЗиО-Подольск», «Выксунский металлургический завод», «ВолгаНефтеГаз», «Тюменнефтегаз», «Сибуголь» и «Угольная компания «Северный Кузбасс»».

Обработка результатов исследования позволила определить следующие показатели: возраст, предприятие, должность работников; форма отбора предложений на поставку товаров; критерии выбора при закупке рабочей обуви; требования к закупаемой обуви; причины для новой закупки рабочей обуви и диапазоны стоимости; виды защитных свойств рабочей обуви; виды закупаемых торговых марок. Большинство предприятий (67 %) используют конкурентную форму отбора предложений на поставку рабочей обуви. Лишь 9% предприятий при выборе рабочей обуви руководствуются нормами выдачи СИЗ по отраслям производств.

На всех без исключения предприятиях, представители которых участвовали в исследовании, используется антистатическая обувь, что говорит о высокой потребности в данной продукции. Результаты исследования могут быть использованы для улучшения и обновления типовых норм выдачи бесплатных средств индивидуальной защиты и другой нормативно-технической документации.

Третья глава посвящена экспериментальному исследованию системы «человек-обувь-напольное покрытие».

Из анализа основных нормативных документов, регламентирующих электростатические показатели обуви, одежды, напольных покрытий и внешней

среды, выявлено, что нормируемыми антистатическими показателями чаще всего являются: напряженность электростатического поля (E , кВ/м); электростатический потенциал (U , В); сопротивление (R , Ом).

В связи с этим, в диссертации разработана методика исследования антистатических показателей системы «человек - обувь - напольное покрытие» (здесь и далее термин «напольное покрытие» предполагает то покрытие, на котором перемещается экспериментатор: искусственное – ламинат, линолеум и др.; естественное – грунт, снег и др.) на основе измерения напряженности электростатического поля (E , кВ/м) с возможностью дальнейшего расчёта электростатического потенциала (U , В). Методика основана на физической модели человеческого тела, которая моделирует возникновение и гашение электростатических зарядов.

Применительно к задачам, решаемым в настоящей работе, для характеристики подверженности оборудования повреждению от электростатических разрядов необходимо основываться на модели человеческого тела НВМ (human-body-model – НВМ) (рис. 2), которая представляет собой человека, идущего по непроводящему напольному покрытию с непроводящей подошвой. В этих условиях электростатический разряд может достичь потенциала около 10000 В. Емкость человеческого тела, выступающего в роли электрического конденсатора, составляет около 200 пФ, поэтому, применяя принцип, представленный на рис. 3, человеческое тело сможет накапливать электростатическую энергию около 10 мДж или даже выше, что более чем достаточно, чтобы вызвать воспламенение многих веществ, которые образуют взрывоопасные среды.

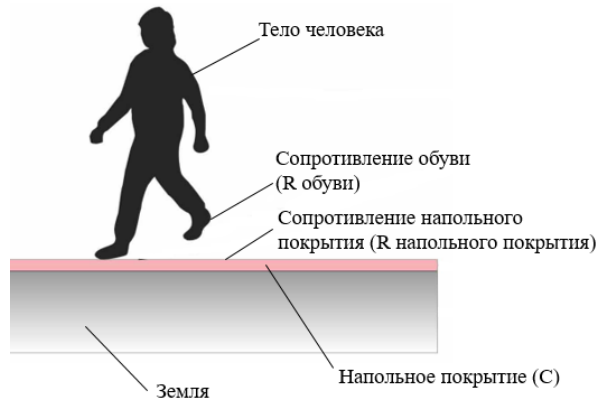


Рис. 2 Модель человеческого тела

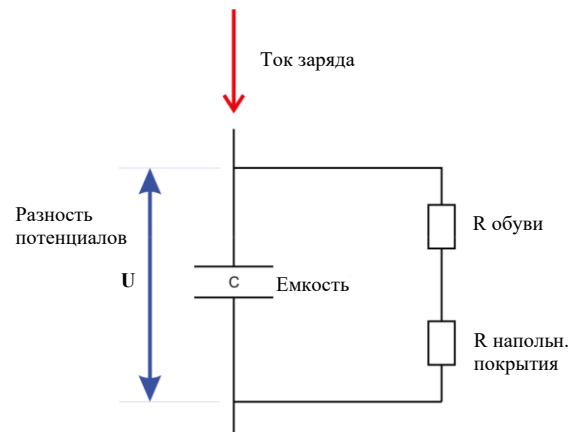


Рис. 3 Электрическая модель человеческого тела

Основу методики исследования системы «человек - обувь - напольное покрытие» составляет индивидуальный регистратор-индикатор ИРИ-04М, который позволяет проводить измерения в широком интервале температур от -50 до $+60^{\circ}\text{C}$.

Для определения параметров методики, нами проведены исследования, в ходе которых испытаны показатели антистатической обуви в зависимости от расположения прибора ИРИ-04М на теле экспериментатора, типа обуви, числа элементов одежды и характеристик системы «обувь-напольное покрытие».

В результате проведенных экспериментов установлено, что вокруг заряженного проводника (экспериментатора) образуется электростатическое поле в форме эллипсоида; с увеличением элементов одежды на теле человека накопление заряда значительно возрастает; на уровень электростатического заряда существенно влияет тип обуви (антистатическая обувь снижает уровень ЭСП на порядок величины – с 18 кВ/м до 0,2 кВ/м.)

Разработанную методику можно представить в виде алгоритма (рис. 4).

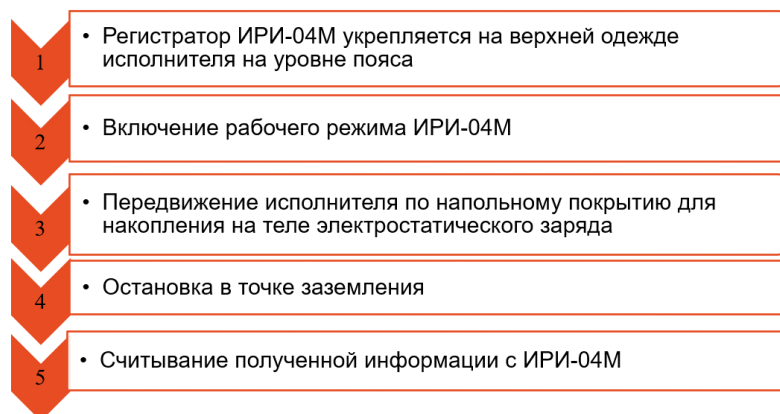


Рис. 4 Алгоритм методики исследования антистатических показателей системы «человек - обувь - напольное покрытие»

В ходе проведенных семи серий испытаний измерялись следующие характеристики: температура и относительная влажность воздуха; динамика изменения напряженности (E , кВ/м) электростатического поля на поверхности тела оператора; электростатический потенциал (U , кВ) заряженного тела оператора относительно заземления; эффект релаксации накопленного заряда на теле оператора в ходе испытаний для двух крайних случаев: низ обуви оператора соединяется с землей ($R=0$) и низ обуви изолирован от напольного покрытия ($R=\infty$). Выявлено, что воздух практически не проводит электростатические заряды.

Разработанная методика с использованием ИРИ-04М гармонизирована с методикой, описанной в ГОСТ Р 53734.4.5-2010, что позволило провести расчет электростатического потенциала на теле экспериментатора.

По результатам расчета электростатического потенциала построены корреляционные зависимости между электростатическим потенциалом на теле человека и его электростатическим полем (рис. 5).

Полученные корреляционные зависимости позволяют проследить взаимосвязь с напряженностью электростатического поля обувных конструкций для прогнозирования стекания заряда. Это допускает проводить испытания обуви в реальных условиях эксплуатации, например, при пониженных температурах.

В четвертой главе рассмотрены территориальные и климатические особенности нефтеперерабатывающих компаний на Крайнем Севере. Статическое электричество является реальной причиной возгораний и взрывов в процессах добычи, хранения, переработки и транспортировки нефтепродуктов. Следовательно, опасности, вызванные статическим электричеством, должны быть надлежащим образом учтены и нейтрализованы.

По разработанной нами методике проведены исследования антистатических свойств специальной обуви в условиях Крайнего Севера на производственной базе компании ЛУКОЙЛ в Ханты-Мансийском автономном округе (Югра). Цель испытания - экспериментальное сравнение антистатических показателей, полученных при эксплуатации моделей обуви. Для достижения цели использовались: модель специальной обуви (сапоги «Мотор 5»), прибор ИРИ-04М съемная конструкция, программа для обработки полученных данных «IriReader.exe.»

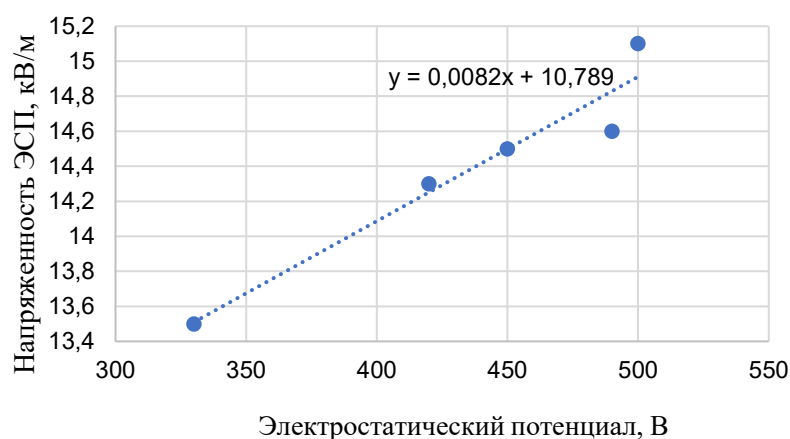


Рис. 5 Взаимосвязь между электростатическим потенциалом на теле человека и его электростатическим полем

Испытуемые образцы специальной обуви для работы в условиях Крайнего севера, предоставленные ГК «Восток-Сервис», имели следующие характеристики: модель «Сапоги МОТОР 5»: черного цвета, верх обуви выполнен из натуральной гладкой кожи - кордура, подкладка из текстильного материала по технологии DRY SYSTEM, подносок из композита 200 Дж с антипрокольной стелькой из кевлара, с трехслойной подошвой из полиуретана/термополиуретана/ (от -35 °С до +120 °С), литьевого метода крепления.

Для придания обуви антистатического эффекта нами предложена экспериментальная конструкция, включающая насадки с заземляющими элементами, надетыми на подошву. От заземляющих элементов идут контакты через корпус с системой сопротивления к вкладной антистатической стельке.

Проведены лабораторные и натурные испытания в условиях Крайнего Севера. Установлено, что показатели средних значений при испытаниях модели с конструкцией в условиях Крайнего Севера больше средних значений модели без конструкции. Увеличение данных значений может быть связано с понижением температуры с -20°С до -25°С и понижением относительной влажности воздуха с 78% до 75%. Модель с конструкцией демонстрировала положительные результаты в течение первых двух испытаний.

Таким образом, конструкция положительно зарекомендовала себя в лабораторных условиях, но не выполнила поставленные задачи в климатических условиях Крайнего Севера, так как отсутствует гальваническая связь насадки с

землей из-за наличия снежного покрова, который при температурах воздуха ниже минус 10°C является хорошим изолятором.

На основе проведенных исследований, предложена концепция антистатической обуви с заземляющими свойствами, технической задачей которой является создание специальной антистатической обуви с устойчивыми показателями электрического сопротивления для защиты от электростатических полей, оптимальный номинал которого может выбираться для конкретного режима использования обуви.

Зарегистрирована заявка о выдаче патента Российской Федерации на полезную модель № 2020123851 «Антистатическая обувь с заземляющими свойствами» входящий № 041238 от 17.07.2020. Получено положительное решение о выдаче патента на полезную модель.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. На основе проведенного анализа патентных источников, научно-технической литературы, нормативно-технической документации, современных методик определения электростатического потенциала обувных материалов и напряженности электростатического поля выявлено, что в настоящее время в мировой практике отсутствует единая систематизированная база знаний о свойствах антистатической обуви. Это обуславливает необходимость разработки экспериментальных методик оценки специальной обуви по антистатическим показателям с применением современной приборной базы, которые будут применимы в реальных условиях эксплуатации.

2. Проанализированы действующие стандарты и регламенты, устанавливающие уровень антистатических показателей. Выявлено, что отсутствует единая система оценки антистатических показателей. Значение нормирующего показателя зависит от метода испытания и типа оборудования. Одни стандарты ориентируются на напряженность электростатического поля, как на нормирующий показатель, другие на электрическое сопротивление. Между тем, эти значения имеют разные единицы измерения, что сильно затрудняет оценку безопасности по показателям антистатического статуса.

3. Выполнен анализ современных материалов, конструкций и технологий, используемых для изготовления специальной и антистатической обуви, который показал, что в настоящее время уделяется недостаточно внимания проектированию специальной и антистатической обуви для работников различных отраслей производств. Показано, что отсутствие единой систематизированной базы знаний не позволяет на этапе конструирования прогнозировать параметры антистатической обуви и гарантировать ее работоспособность для конкретных условий. Поэтому особую актуальность приобретают экспериментальные методы, позволяющие оценивать эти параметры.

4. Разработана классификация типовых конструкций специальной обуви по отраслям производств на основе анализа требований и типовых норм выдачи специальной обуви, позволяющая рационализировать информацию о специальной обуви, которая может быть использована при закупке специальной обуви работникам сквозных профессий.

5. Проведено маркетинговое исследование с целью определения критериев выбора рабочей обуви в металлургической, машиностроительной, горнодобывающей, энергетической и нефтегазохимической отраслях производств. Установлено, что основным критерием выбора СИЗ является цена. Лишь 9% предприятий при выборе рабочей обуви руководствуются нормами выдачи СИЗ по отраслям производств. На всех без исключения предприятиях, представители которых участвовали в исследовании, используется антистатическая обувь, что говорит о высокой потребности в данной продукции.

6. Разработана методика оценки антистатических показателей системы «человек - обувь - напольное покрытие» с использованием индикатора-регистратора ИРИ-04М на основе модели человеческого тела. Методика позволяет проводить измерения напряженности электростатического поля и электростатического потенциала на теле человека в реальных условиях эксплуатации с учетом параметров внешней среды, в том числе при отрицательных температурах, оценку безопасности специальной обуви по показателям антистатического статуса, сертификацию обуви по классам безопасности, а также контроль электростатического заряда на теле человека при выполнении технологических операций.

7. Выявлено, что электростатическое поле вокруг заряженного тела человека (экспериментатора) образуется в форме эллипсоида, в котором с увеличением элементов одежды на теле человека накопление заряда значительно возрастает. Показано, что научно-обоснованные разработка и подбор материалов для специальной одежды и обуви с оптимальными антистатическими свойствами, позволяют резко снизить ЭСП и повысить гигиенические показатели рабочих условий персонала различных предприятий.

8. В ходе проведенных семи серий испытаний измерялись следующие характеристики: температура и относительная влажность воздуха; динамика изменения напряженности (E , кВ/м) электростатического поля на поверхности тела оператора; электростатический потенциал (U , кВ) заряженного тела оператора относительно заземления; эффект релаксации накопленного заряда на теле оператора в ходе испытаний, когда низ обуви оператора соединяется с землей ($R=0$). Показано, что воздух практически не проводит электростатические заряды, так как они не стекают с экспериментатора при его остановке на изолированной пластине. Получены экспериментальные данные, отражающие корреляцию показателей напряженности электростатического поля и электростатического потенциала на теле человека, для обуви различных типов.

9. Установлено, что на уровень электростатического заряда оператора существенно влияет тип обуви. Использование антистатической обуви снижает уровень электростатического поля на теле оператора практически на порядок величины – с 18 кВ/м до 0,2 кВ/м, что позволяет рекомендовать ее использование для условий взрывоопасных производств, где возможно возникновение аварийных ситуаций из-за накопленного заряда на теле оператора.

10. Разработанная методика оценки антистатических показателей системы «человек - обувь - напольное покрытие» с использованием индикатора-регистратора ИРИ-04М гармонизирована с методикой, описанной в ГОСТ Р 53734.4.5-2010, которая позволяет произвести расчет электростатического

потенциала, формирующегося на теле человека, в зависимости от измеренной напряженности ЭСП.

11. Впервые построены зависимости напряженности электростатического поля от электростатического потенциала на теле человека, находящегося в обуви различных типов.

12. Разработана экспериментальная конструкция для придания обуви антистатических свойств. Проведены лабораторные и натурные испытания в условиях Крайнего Севера. Конструкция положительно зарекомендовала себя в лабораторных условиях, но не выполнила поставленные задачи в климатических условиях Крайнего Севера, так как отсутствует гальваническая связь насадки с землей из-за наличия снежного покрова, который при температурах воздуха ниже минус 10°С является хорошим изолятором. На основании полученных результатов при обслуживании взрывоопасных объектов в условиях отрицательных температур проходы необходимо оборудовать настилами, свободными от снега и с заземляющими свойствами.

13. Предложена концепция антистатической обуви с заземляющими свойствами, технической задачей которой является создание специальной антистатической обуви с устойчивыми показателями электрического сопротивления для защиты от электростатических полей, оптимальный номинал которого может выбираться для конкретного режима использования обуви. Подана заявка на полезную модель «Антистатическая обувь с заземляющими свойствами». Получено положительное решение о выдаче патента на полезную модель.

14. Результаты проведенных исследований позволят получить экономический эффект за счет совершенствования структуры ассортимента предприятий, изготавливающих специальную обувь, интеллектуализации труда модельера-конструктора, снижающей его продолжительность и трудоемкость. Социальный эффект выполненных исследований выражается в обеспечении потребителей здоровьесберегающими изделиями широкого ассортимента.

РЕКОМЕНДАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

1. Результаты работы рекомендуется использовать в учебном процессе вузов, осуществляющих подготовку бакалавров и магистров по направлению «Конструирование изделий легкой промышленности» и «Технология изделий легкой промышленности», на предприятиях, выпускающих антистатическую обувь и институтах дополнительного образования для развития новых компетенций, ориентированных на цифровизацию экономики.

2. Необходимы масштабные исследования для определения объективного уровня напряженности и корректировки показателей действующих нормативов.

3. Дальнейшие исследования должны быть направлены на совершенствование предложенной экспериментальной конструкции для использования в климатических условиях Крайнего Севера.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ НАУЧНО-КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ (ДИССЕРТАЦИИ)

Статьи в изданиях, входящих в «Перечень» ВАК при Минобрнауки России:

1. Белицкая О.А., Сироткина О.В. Оценка динамики накопления электростатического потенциала бытовой и специальной антистатической обуви на различных напольных покрытиях // Дизайн и технологии - № 70 (112). – Москва: РГУ 2019. -140 с., с. 28-33; - 0,38 п.л. (лично автором 0,19 п.л.).

2. Белицкая О.А., Сироткина О.В. Экспериментальное определение взаимосвязи напряженности электростатического поля и электростатического потенциала обувных конструкций // Дизайн и технологии - № 72 (114). – Москва: РГУ 2019. - с. 20-28; - 0,31 п.л. (лично автором 0,16 п.л.).

3. Белицкая О.А., Сироткина О.В. Разработка методики оценки безопасности специальной обуви под влиянием внешних факторов// Дизайн и технологии - № 74 (116). – Москва: РГУ 2019. - с. 31-38; - 0,5 п.л. (лично автором 0,25 п.л.).

Патенты:

Заявка о выдаче патента Российской Федерации на полезную модель № 2020123851 «Антистатическая обувь с заземляющими свойствами» входящий № 041238 от 17.07.2020. Получено положительное решение о выдаче патента на полезную модель.

Статьи в прочих изданиях:

4. Сироткина О.В., Белицкая О.А. Сравнительный анализ динамики накопления электростатического заряда бытовой и специальной антистатической обуви // Сборник научных трудов «Технологии, дизайн, наука, образование в контексте инклюзии» - М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2018. – С. 174-178; - 0,31 п.л. (лично автором 0,15 п.л.).

5. Портянко Г.В., Сироткина О.В., Белицкая О.А. Анализ специальных материалов для верха и низа обуви различного назначения (часть 2, с. 95). Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности: сборник материалов Международной научной студенческой конференции. Часть 2. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2018. – 279 с.; - 0,12 п.л. (лично автором 0,06 п.л.).

6. Зелинская В.А., Сироткина О.В., Белицкая О.А. Анализ требований, предъявляемых к рабочей обуви на основании аттестации рабочих мест // Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности: сборник материалов Международной научной студенческой конференции. Часть 2. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2018. –279 с., с. 60-62; - 0,19 п.л. (лично автором 0,09 п.л.).

7. Камутенья Д.Ф., Тарасова Ю.Г., Белицкая О.А., Сироткина О.В. Исследование антистатических показателей специальной обуви пригодной к использованию в условиях крайнего севера // Тезисы докладов 70-ой Внутривузовской научной студенческой конференции «Молодые ученые – инновационному развитию общества (МИР-2018)» - М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2018. – С. 155-156; - 0,12 п.л. (лично автором 0,06 п.л.).

8. Белицкая О.А., Сироткина О.В. Особенности параметров ESD-защиты антистатической обуви согласно нормативно-технической

документации // Сборник статей «Современные тенденции развития науки, образования и общества»: М.: Импульс, 2018. – 375 с., 257-261 с.; - 0,31 п.л. (лично автором 0,15 п.л.).

9. Портянко Г.В., Сироткина О.В., Белицкая О.А. Оценка электрического сопротивления материалов, используемых для деталей специальной обуви // Сборник научных трудов «Эргодизайн как инновационная технология проектирования изделий и предметно-пространственной среды: инклюзивный аспект», Часть 2. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2019. – 169 с. – с. 80 – 84; - 0,31 п.л. (лично автором 0,15 п.л.).

10. Зелинская В.А., Сироткина О.В., Белицкая О.А. «Маркетинговое исследование рынка с целью определения критериев выбора рабочей обуви в различных отраслях производств» // Сборник научных трудов «Эргодизайн как инновационная технология проектирования изделий и предметно-пространственной среды: инклюзивный аспект» Часть 2 - М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2019. – 169 с., с. 31-36; - 0,37 п.л. (лично автором 0,18 п.л.).

11. Белицкая О.А., Сироткина О.В. Патентное исследование совершенствования конструкции обуви с антистатическим эффектом // Сборник материалов докладов международной научно-технической конференции «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности» Часть 1, М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2018. – 257 с., с. 115-119; - 0,31 п.л. (лично автором 0,15 п.л.).

12. Белицкая О.А., Сироткина О.В. Оценка безопасности специальной обуви по показателям антистатического статуса: Сб. стендовых докладов молодых ученых и студентов МЕЖДУНАРОДНОГО КОСЫГИНСКОГО ФОРУМА «Современные задачи инженерных наук», 2019 г. – 20-22 с.; - 0,19 п.л. (лично автором 0,09 п.л.).

13. Марин К.Э., Холмяков П.В., Белицкая О.А., Сироткина О.В. Исследование антистатических показателей системы «Человек-специальная обувь-напольное покрытие» // Тезисы докладов 72-ой Внутривузовской научной студенческой конференции «Молодые ученые – инновационному развитию общества (МИР-2020)», посвященной юбилейному году в РГУ им. А.Н. Косыгина. Часть 5, 2020 г. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2020. – 201 с., с. 66-67; - 0,12 п.л. (лично автором 0,06 п.л.).

14. Белицкая О.А., Сироткина О.В. Оценка антистатических показателей специальной обуви в условиях пониженных температур // сборник научных трудов «Концепции, теория, методики фундаментальных и прикладных научных исследований в области инклюзивного дизайна и технологий» по итогам Международной научно-практической заочной конференции (25-27 марта 2020 г.): Часть 1. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2020. – 170 с., с. 158-163.; - 0,37 п.л. (лично автором 0,18 п.л.).

15. Белицкая О.А., Сироткина О.В. К вопросу о необходимости применения на производстве антистатической обуви // Материалы докладов Международного научно-практического Симпозиума «Прогрессивные технологии и оборудование: текстиль, одежда, обувь» (3 ноября 2020 г.), - Витебск: УО «ВГТУ», 2020. – 249 с., с. 131-135 – 0,31 п.л. (лично автором 0,15 п.л.).

СИРОТКИНА ОЛЕСЯ ВИКТОРОВНА

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ
СПЕЦИАЛЬНОЙ ОБУВИ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ АНТИСТАТИЧЕСКОГО
СТАТУСА**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Усл.-печ. 1,0 п.л. Тираж _____ экз. Заказ № _____
Редакционно-издательский отдел ФГБОУ ВО
«РГУ им. А.Н. Косыгина»
117997, г. Москва, ул. Садовническая, д. 33, стр. 1
Отпечатано в РИО ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина»