



На правах рукописи

**Белицкая Ольга Александровна**

**НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ СПЕЦИАЛЬНОЙ  
АНТИСТАТИЧЕСКОЙ ОБУВИ И МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ЕЕ СВОЙСТВ**

Специальность 2.6.16.

Технология производства изделий текстильной и легкой промышленности

Автореферат диссертации  
на соискание учёной степени доктора технических наук

Москва – 2025

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 Художественного моделирования, конструирования и технологии изделий из кожи.

Научный консультант: доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Художественное моделирование, конструирование и технология изделий из кожи» ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина», г. Москва  
**Костылева Валентина Владимировна**

Официальные оппоненты: доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Товарная экспертиза и таможенное дело» ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова», г. Москва  
**Фукина Ольга Витальевна**

доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Конструирование, технологии и дизайн», Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», г. Шахты Ростовской области  
**Черунова Ирина Викторовна**

доктор медицинских наук, профессор, руководитель НИИ гигиены и охраны здоровья детей и подростков ФГАУ «НМИЦ Здоровья детей» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва  
**Храмцов Петр Иванович**

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

Защита состоится 29 октября 2025 г. в 10.00 на заседании диссертационного совета 24.2.368.02, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» по адресу: 119071, г. Москва, ул. Малая Калужская, д. 1.

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

Автореферат разослан « \_\_\_\_\_ » 2025 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета 24.2.368.02

Мезенцева Татьяна Васильевна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** По данным рейтингового агентства Grand View Research, мировой рынок средств индивидуальной защиты (СИЗ) в 2024 году составил свыше 80 млрд. долларов, порядка 3% из которых приходится на долю российских производителей. Согласно аналитическим прогнозам на период до 2030 года ежегодный прирост производства СИЗ в среднем мировом исчислении составит 6,7%, а в России достигнет 13%.

Драйверами роста рынка СИЗ, к которым, относится и специальная обувь, являются повышенные требования к охране труда и безопасности на рабочих местах; внедрение новых материалов, в том числе, на основе химических волокон и полимерных связующих; технологические инновации в области обувного производства, связанные с увеличением рабочих скоростей оборудования для интенсификации технологических процессов; а также наличие конкурентной среды.

К особой категории специальной обуви в номенклатуре СИЗ, относится антистатическая обувь, не позволяющая накапливаться на теле человека электростатическим зарядам и предохраняющая его от воздействия электрического напряжения производственной частоты. Такая обувь находит широко применение в ряде отраслей промышленности, сопряжённых с образованием электростатического поля (ЭСП), например, нефте- и горнодобывающая, микроэлектроника, электроэнергетика, пожарная служба и др.

Обеспечение работников производств специальной антистатической обувью связано не только с вопросами здоровьесбережения, но и с экономической составляющей, в части стоимости производства продукции. Так, по данным Европейских промышленных экспертов из-за негативного проявления статического электричества ежегодная потеря денежных средств составляет до 8 млрд. долларов, а доля утраты изделий – от 8 до 33% от общего объема выпуска. На нефтегазоперерабатывающих предприятиях в 27% случаев причиной взрывов паровоздушных смесей является статическое электричество.

Основу производства обуви с антистатическим эффектом определяют теория статической электризации, понимание механизмов ее проявления, включая генерацию и нейтрализацию зарядов, влияние электростатических зарядов и полей на протекание технологических процессов, создание эффективных средств и методов устранения отрицательных проявлений статической электризации. Особая роль значительного прогресса в этой области принадлежит современной приборной технике: исследования и контроля электризации в технологических процессах, широкое внедрение в практику цифровых инструментов, компьютерных программ, вычислительных комплексов по оценке электростатических свойств материалов различного состава.

Все это в совокупности создает условия для перехода от преимущественно эмпирического подхода, к научно обоснованным методам оценки влияния электризации на систему «обувь – человек – окружающая среда», определения требований к электростатическим свойствам обувных конструкций и разработки технологии производства специальной обуви с антистатическими свойствами.

В такой постановке проблемы настоящая работа на тему «Научно-практические основы разработки специальной антистатической обуви и методов оценки ее свойств» представляется актуальной, отвечает Приоритетам и перспективам научно-технологического развития, обозначенным в Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (Указ Президента Российской Федерации от 28 февраля 2024 г. № 145), а также Приоритетным направлениям развития легкой промышленности (Сводная стратегия развития обрабатывающей промышленности Российской Федерации до 2024 года и на период до 2035 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 6 июня 2020 г. № 1512-р (в редакции от 21 октября 2024 г.).

**Степень научной разработанности проблемы.** Исследованием проблем электростатики в промышленности и на производстве занимались такие ученые как: *Кечиев Л.Н., Пожидаев Е.Д., Хорват Т., Берта И., Гефтер П.Л., Мазо Г., Погожев С.В., Максимов Б.К., Обух А.А., Черкасов В.Н., Имянитов А.М. и др.*

В области оценки влияния электростатического поля на живые организмы следует отметить работы таких ученых, как *Bean C., Bennett A., Gneno R., Azzar G., Got R., Habluetzel Ch., Sennhauser Th., Weidman U., Меркулова А.И., Кадников О.Г., Кабизский В.И., Товстяк В.В., Арируни Г.Г., Оганесян О.В., Ковальчук Е.В., Чихунова С.Д., Саргуне А.И., Межлулян Л.М., Саакян Р.А., Станкевич К.И., Шумова Л.З., Пирузян Л.А., Романов Г.В., Алехина С.М., Ершова Л.К., Антипов В.В., Добров Н.Н., Добрышев В.И., Зильфян А.В., Азгалдян Н.Р., Довлатян Р.А., Рапян Ю.А., Джингозян А.К., Тоноян Г.А., Протасов В.Р., Сердюк О.А., Каневская Ж.С., Добржанская А.К., Маркова Т.Ф., Кривова Т.И., Морозов Ю.А., Якубенко А.В. и др.* Изучению трибоэлектрических и антистатических свойств материалов посвящены исследования *Жихарева А.П., Краснова Б.Я., Кротковой Р.Д., Таточенко И.М., Станкевич К.И., Цендровской В.А., Василенок Ю.И., Изгородина А.К., Семикина А.П., Черуновой И.В., Меркуловой А.В., Горчакова В.В., Бринка И.Ю. и др.*

Вопросы развития, совершенствования, проектирования обуви, в т.ч. специальной освещены в работах *Зыбина Ю.П., Фукина В.А., Костылевой В.В., Никитина А.А., Татарчука И.Р., Ключниковой В.М., Савчука Н.П., Киселева С.Ю., Горбачика В.Е., Рыковой Е.С., Бекк Н.В., Карабанова П.С. и др.*

Несмотря на большое количество работ, посвященных обувной проблематике в контексте разработки специальной обуви и оценки ее свойств, среди них практически отсутствуют комплексные исследования электростатических свойств обувных материалов и конструкций. В связи с этим, в настоящее время не представляется возможным надежно прогнозировать показатели антистатических свойств обуви, характер поведения и стекания электростатических зарядов с тела человека, и в целом оценивать взаимодействие в системе «специальная обувь – человек – окружающая среда».

В условиях цифровизации отдельных производств и экономики в целом решение проблем оценки и прогнозирования состояния многокомпонентных систем, к которым относится система «специальная обувь – человек – окружающая среда», невозможно

без применения современных вычислительных программ и комплексов, позволяющих устанавливать причинно-следственные связи между количественными (функциональными) и качественными (клиентоориентированными) характеристиками проектируемых изделий.

Все вышесказанное составляет особенность настоящей диссертации, направленной на разработку научно обоснованных подходов к проектированию и производству специальной антистатической обуви, обоснованный выбор материалов; конструкций и технологических приемов обработки обувных заготовок; применение новых методик и методов оценки электростатических свойств материалов и обувных конструкций в целом, позволяющих производить анализ их электростатических показателей в различных условиях, приближенных к реальным; построение прогнозных моделей, включающих совокупность факторов, влияющих на качество проектируемого изделия.

**Область исследования.** Работа выполнена в соответствии с п. 3. «Технологии (в том числе, нанотехнологии) волокон, нитей, материалов и изделий текстильной и легкой промышленности (ИТЛП)»; п. 7. «Цифровое прогнозирование, математические методы, информационные технологии моделирования технологических процессов первичной обработки сырья, организации производства и изготовления волокон, нитей, материалов и изделий текстильной и легкой промышленности»; п. 14. «Аддитивные технологии. Автоматизация процессов построения и моделирования ИТЛП в виртуальной среде, в том числе с использованием технологий обратного инжиниринга»; п. 29. «Стандартизация, сертификация, организация производства и управление качеством материалов и ИТЛП» паспорта научной специальности 2.6.16. «Технология производства изделий текстильной и легкой промышленности».

**Объект исследования:** материалы и конструкции антистатической обуви, а также их электростатические свойства в контексте взаимодействия с окружающей средой и пользователями.

**Предмет исследования:** нормативная документация, регламентирующая уровни электростатических полей, технологические процессы производства обуви, конструкции специальной обуви, материалы деталей верха и низа обуви, потребительские свойства обуви, методы и приборы количественного определения показателей свойств в системе «обувь – человек – окружающая среда».

**Цель исследования.** Целью настоящей диссертации является разработка научно-практических основ проектирования и методов оценки электростатических свойств материалов и конструкций специальной обуви, как цифровой технической системы с соответствующими связями между ее характеристиками, позволяющими прогнозировать и расширять функционал изделий.

Для достижения поставленной цели в работе решены **следующие задачи:**

- **изучена и систематизирована** информация по вопросам влияния статического электричества на технологические процессы и производственный персонал;
- **проведен анализ**

- актуальной нормативной документации, регламентирующей уровни электростатических полей, процессы проектирования и сертификации специальной, в том числе антистатической обуви;
- современного рынка антистатической обуви, ассортимента и свойств продукции, конструктивных вариантов, и, как следствие, функциональных и эксплуатационных характеристик изделий;
  - дана экспертная оценка рынка рабочей обуви в различных отраслях производств для определения критериев ее выбора;
  - **разработаны**
- классификация диапазонов электрического сопротивления антистатической обуви на основе нормативно-технических документов, которая упрощает процесс выбора и заказа защитного изделия;
- классификация конструкций специальной обуви, которая допускает интеграцию в документы, устанавливающие нормы выдачи, и обеспечивает обоснованный подбор средств индивидуальной защиты работников;
- динамический метод и методика экспериментального исследования трибоэлектрических свойств обувных материалов, позволяющие исследовать динамику накопления и релаксации поверхностной плотности заряда при взаимодействии разнородных материалов;
- метод исследования трибоэлектрических свойств материалов обуви в интервале температур от  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+60^{\circ}\text{C}$ , с использованием камеры, включающей элементы Пельтье и камертонный датчик ЭСП;
- автоматизированная экспресс-методика измерения времени релаксации электростатического заряда, образующихся на обувных материалах;
- метод оценки в реальных условиях эксплуатации антистатических показателей в системе «обувь – человек – напольное покрытие» с использованием индикатора-регистратора ИРИ-04М на основе модели человеческого тела;
- математическая модель системы «обувь – человек – окружающая среда» с использованием универсального метода адаптивного случайного поиска;
- алгоритмы расчетной оценки электростатической безопасности (ЭСБ), по математическим моделям, генерирующим конкретные рекомендации по снижению электростатического риска, включая изменения в проектировании обуви, параметров окружающей среды и организации предметно-пространственной среды рабочего персонала;
- математическая модель электризации системы «обувь – человек – напольное покрытие», позволяющая фиксировать взаимосвязи накопления электростатических зарядов на теле человека от электрического потенциала, наличия обуви и одежды различной диэлектрической проницаемости;
- компьютерная модель протекания потока электрических зарядов сквозь диэлектрический материал, к которым относятся материалы низа обуви, учитывающая статическую неоднородность его электропроводности;

- интегрированная база данных антистатических свойств обуви, позволяющая прогнозировать характеристики новых комбинаций материалов на основе накопленного массива экспериментальной информации;

- **проведены**

- корреляционный и спектральный анализы динамики накопления электростатического заряда в системе «обувь – человек – окружающая среда»;

- статистический анализ динамики стекания заряда в системе «обувь – человек – окружающая среда»;

- **выявлены** корреляционные зависимости напряженности ЭСП от сопротивления обувных материалов;

- **предложены**

- методика оценки безопасности специальной обуви в системе «обувь – человек – окружающая среда», позволяющая проводить испытания с учетом температурных режимов эксплуатации;

- комплексная математическая модель показателей в системе «специальная обувь – человек – напольное покрытие» для оценки воздействия накоплений электростатического заряда на персонал и технологические системы;

- модель макроскопически неоднородной среды для создания участков различной местной проводимости путём повышения устойчивости материалов, применяемых при производстве обуви, к электрическим разрядам;

- **сформулирована** концепция и предложены научно обоснованные решения конструкций антистатической специальной обуви с заземляющими свойствами для производственных рабочих и инженерно-технических работников.

Исследования проводились на кафедре художественного моделирования, конструирования и технологии изделий из кожи, в рамках научно-исследовательских работ РГУ им. А.Н. Косыгина на 2019-23 гг., проблема 1 «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 диссертации** определяют результаты теоретических и экспериментальных исследований по разработке научно обоснованных технических и технологических решений в области проектирования, производства, моделирования и анализа свойств специальной антистатической обуви, соответствующей состоянию предметно-пространственной среды работников производств, повышающей электростатическую безопасность человека и технологических процессов.

При этом **впервые**:

- **разработан** динамический метод экспериментального исследования трибоэлектрических свойств обувных материалов, позволяющий проводить измерения и обеспечивать высокую точность и воспроизводимость данных динамики накопления и релаксации поверхностной плотности заряда при взаимодействии разнородных материалов в широком температурном интервале (получен патент);

- **создана** автоматизированная экспресс-методика измерения времени релаксации электростатического заряда с поверхности специальной обуви, обеспечивающая быструю и эффективную оценку электростатических характеристик отдельных материалов, пакетов материалов и в целом конструкции, в соответствии с критериями ЭСБ;

- **разработана** модель прогнозирования накопления электростатического потенциала на теле человека при эксплуатации типовых конструкций из различных обувных материалов, которая предоставляет возможность оценить риск, связанный с электростатическими разрядами, в том числе во взрывоопасной среде;

- **предложены**

- методика оценки антистатических показателей системы «обувь – человек – окружающая среда» на основе модели человеческого тела, по показателям напряженности ЭСП и электростатического потенциала в реальных условиях эксплуатации готового изделия;

- математическая модель корреляции между электростатическим полем и потенциалом тела человека в системе «обувь – человек – напольное покрытие»;

- модель имитации возникновения и развития электрического пробоя в пакетах конструкций средств индивидуальной защиты на основе энергетических представлений об образовании и разрастании разряда с учетом статистической неоднородности электропроводности материалов;

- **реализована** концепция и новые научно обоснованные решения конструкции антистатической специальной обуви с высокой устойчивостью показателей электрического сопротивления в условиях использования материалов и технологий, обеспечивающих надежный электрический контакт между телом человека и напольным покрытием, исключающих накопление статического электричества и минимизирующих риски его разрядов в производственной среде (получен патент).

**Теоретическая значимость** исследования обоснована решением научной проблемы по реализации нового подхода к определению антистатических показателей материалов, конструкций и свойств специальной обуви на основе систематизации знаний, включающей:

- закономерности накопления и релаксации трибоэлектрических зарядов на поверхности обувных материалов;

- температурные зависимости времени релаксации зарядов в диапазоне температур от  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+60^{\circ}\text{C}$ , подчиняющиеся закону Аррениуса, применительно к обувной промышленности;

- установленный механизм накопления зарядов при взаимодействии в системе «обувь – человек – напольное покрытие» для оценки ЭСБ персонала и технологических систем;

- температурные зависимости величин удельного сопротивления рассеивающих материалов низа обуви с учетом механизмов возникновения микрозарядов и статической неоднородности электропроводности материалов.

Созданы научные основы проектирования конструкций защитной антистатической обуви по показателям комплексной оценки и моделирования механизмов образования и стекания зарядов статического электричества, обеспечивающие минимизацию их негативных проявлений в системе «обувь – человек – окружающая среда».

**Практическая значимость** заключается в разработке комплексного подхода к созданию конструкции и технологии изготовления антистатической обуви с учетом влияния различных факторов окружающей среды (влажность, температура) в зависимости от условий эксплуатации и требований нормативных документов.

**Предложены:**

- пакеты обувных материалов, обеспечивающие оптимальные характеристики ЭСБ;
- метод экспериментального исследования трибоэлектрических свойств обувных материалов для измерения динамики накопления и релаксации поверхностной плотности заряда при взаимодействии разнородных материалов в температурном диапазоне от  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+60^{\circ}\text{C}$ ;
- автоматизированный экспресс-метод определения времени релаксации электростатического заряда с обувных материалов;
- модели человеческого тела и методика оценки антистатических характеристик системы «обувь – человек – окружающая среда» по показателям напряженности ЭСП и электростатического потенциала на теле человека в реальных условиях эксплуатации обуви;
- открытая интегрированная база данных антистатических свойств обуви, позволяющая прогнозировать характеристики новых комбинаций материалов на основе накапливаемого массива экспериментальных данных;
- концепция разработки антистатической обуви, которая предполагает реализацию этапов от предпроектного анализа и создания прототипов до их тестирования и подготовки к массовому производству.

Отдельные результаты работы использованы при выполнении х/т № 1911-Х АО «ПТК «Модерам» (г. Санкт-Петербург) «Разработка научно-практических основ кастомизации специальной обуви в условиях массового производства», апробированы (Приложение Ж) на АО «Егорьевск-обувь» (Московская область, г. Егорьевск); ЗАО МОФ «Парижская коммуна» (г. Москва), ООО «НТМ-Защита» (г. Москва), ООО ТД «Яхтинг» (Чувашская республика, г. Чебоксары), которые свидетельствуют о состоятельности предлагаемых в диссертации решений, и находят применение в виде монографий и учебных пособий в учебном процессе ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина» бакалавров, магистров, аспирантов по направлениям подготовки кафедры художественного моделирования, конструирования и технологии изделий из кожи.

**Методология исследования** базируется на общенаучных подходах системного и концептуального анализа, группировки, сравнения, агрегатирования и комбинаторики, научной абстракции и прогнозирования. Полученные результаты основаны на теоретических и научно-практических положениях материаловедения,

технологии и конструирования изделий из кожи с использованием методов интеллектуального анализа данных, визуализации информации, конструирования и моделирования геометрических объектов, прототипирования, экспертных оценок, а также современных методов хранения и манипуляции данными, компьютерных и информационных технологий. Экспериментальные исследования проводились в лабораторных и производственных условиях. В работе использованы программные продукты Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint), Matlab, COMSOL Multiphysics; прикладные графические программы CorelDRAW, Autodesk AutoCAD, включая CAD-системы и системы 3D-моделирования: Blender, SolidWorks, КОМПАС-3D.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

- динамический метод и методика экспериментального исследования трибоэлектрических свойств обувных материалов, позволяющий исследовать динамику накопления и релаксации поверхностной плотности заряда при взаимодействии разнородных материалов в диапазоне температур от  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+60^{\circ}\text{C}$ ;
- автоматизированная экспресс-методика измерения времени релаксации электростатического заряда, образующихся на обувных материалах;
- метод оценки в реальных условиях эксплуатации антистатических показателей системы «обувь – человек – напольное покрытие» с использованием индикатора-регистратора ИРИ-04М;
- математическая модель электризации системы «обувь – человек – напольное покрытие», позволяющая фиксировать взаимосвязи накопления электростатических зарядов на теле человека от электрического потенциала, наличия обуви и одежды различной диэлектрической проницаемости;
- алгоритм расчетной оценки ЭСБ по математическим моделям, генерирующим конкретные рекомендации по снижению электростатического риска, включая изменения в проектировании обуви, уровня влажности окружающей среды и организации предметно-пространственной среды рабочего персонала;
- концепция и новые научно обоснованные решения конструкции специальной обуви с заземляющими свойствами для производственных рабочих и инженерно-технических работников;
- интегрированная база данных антистатических свойств обуви, позволяющая прогнозировать характеристики новых комбинаций материалов на основе накопленного массива экспериментальных данных.

**Достоверность результатов** проведенных исследований подтверждается согласованностью аналитических и экспериментальных данных, применением современных методов и средств исследования, апробацией основных положений диссертации в научной периодической печати и на конференциях, а также полученными патентами, актами внедрения и производственной апробации.

**Личный вклад** соискателя состоит в общей постановке задачи, выборе методов и направления исследования, разработке математических моделей, проведении научных и вычислительных экспериментов, обработке, анализе и интерпретации экспериментальных результатов. При непосредственном участии соискателя и/или под

его руководством выполнены все исследования в лабораторных и промышленных условиях, по результатам которых подготовлены научные публикации и материалы для использования в образовательном процессе.

**Апробация и внедрение результатов исследования.** Теоретические положения, практические рекомендации и выводы представлялись, обсуждались в 2013-2024 гг. 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); заседаниях кафедры технологии кожи и меха Российского государственного университета имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство); международных и всероссийских научных конференциях: «Факторы, влияющие на качество одежды и обуви» (Radom, Politechniki Radomskiej, март 2004), «Инновационные проекты» (Москва, МИФИ, январь 2006), «Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности» (Москва, РГУ им. А.Н. Косыгина, 2014-2024), «Перспективы развития науки и образования» (Москва, «АР-Консалт», 29 ноября 2013 г.), «Академическая наука – проблемы и достижения» (Южная Каролина, США, 20-21 июня 2016 г.), «Кожа и мех в XXI веке: технология, качество, экология, образование» (Улан-Удэ, ВСГУТУ, 5-9 сентября 2016 г.), «Фундаментальные и прикладные научные исследования в области инклюзивного дизайна и технологий: опыт, практика и перспективы» (Москва, РГУ им. А.Н. Косыгина, 2016-2024), «О вопросах защиты интеллектуальной собственности и развития инноваций» (Крым, Алушта, 9 декабря 2016 г.), «Техническое регулирование: базовая основа качества материалов, изделий и услуг» (г. Шахты, ИСОиП (филиал) ДГТУ, 23-24 марта 2017 г.), «Международный Косыгинский форум» (Москва, РГУ им. А.Н. Косыгина, 2017-2024), «Прогрессивные технологии и оборудование: текстиль, одежда, обувь» (Витебск, УО «ВГТУ», 3 ноября 2020 г.), «Концепции в современном дизайне» (Москва, РГУ им. А.Н. Косыгина, 3-12 декабря 2020 г.), «Актуальные проблемы экспертизы, технического регулирования и подтверждения соответствия продукции текстильной и легкой промышленности» (Москва, РГУ им. А.Н. Косыгина, 28 октября 2021 г.), «Современные инновационные технологии в легкой промышленности: проблемы и решения» (Бухара, «БухМТИ», 19-20 ноября 2021 г.), «Инновации в текстиле, одежде, обуви (ICSTAI-2023)» (Витебск, УО «ВГТУ», 9-10 ноября 2023 г.), «Инновационные технологии: кожа, мех, химические материалы, производство», (Москва, РГУ им. А.Н. Косыгина, 2023-2024), «Инновационные методы анализа функциональности изделий и материалов легкой промышленности» (Санкт-Петербург, СПбГУПТД, 19 ноября 2024 г.), Международной мультидисциплинарной конференции по промышленному инжинирингу и современным технологиям «FarEastCon» (Владивосток, остров Русский, 2020-2021) и других, в материалах которых опубликованы научные статьи и доклады.

Диссертация обобщает результаты исследований, которые проведены под руководством и/или при непосредственном участии автора на кафедре художественного моделирования, конструирования и технологии изделий из кожи ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина». Материалы диссертации используются в

учебном процессе ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина» бакалаврами и магистрами по направлениям подготовки 29.03.05/29.04.05 «Конструирование изделий легкой промышленности» и 29.03.01/29.04.01 «Технология изделий легкой промышленности», аспирантами научной специальности 2.6.16. Технология производства изделий текстильной и легкой промышленности.

**Публикации.** Основные теоретические и прикладные результаты диссертационного исследования опубликованы в 128 печатных работах, в том числе 28 статей в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК, 10 – в научных изданиях, индексируемых в международной базе данных Scopus, 8 – в других научных журналах, в 3 монографиях, 2 патентах на изобретения и полезные модели, 71 – в материалах конференций и 6 учебных пособиях.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, 5 глав, выводов по главам и заключения, библиографического списка и приложений. Работа изложена на 425 страницах машинописного текста без учета приложений, содержит 205 рисунков и 54 таблицы. Список литературы включает 430 библиографических и электронных источников. Приложения представлены на 88 страницах.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обосновывается актуальность темы диссертации, направленной на формирование научно-практических основ разработки специальной антистатической обуви и методов оценки ее свойств. Сформулирована и обоснована цель, определены основные вопросы, решение которых необходимо для ее достижения, научная новизна и практическая ценность результатов исследований.

**В первой главе** показано, что антистатической специальной обуви отведена ключевая роль в системе защиты работников, особенно в условиях, где электростатические разряды могут представлять серьезную опасность. Поэтому стратегический подход к выбору и производству такой обуви, основанный на современных стандартах и научных исследованиях, является залогом безопасности на производстве и защиты здоровья работников. На основе анализа действующих стандартов и регламентов, определяющих уровень антистатических характеристик, предложена классификация диапазонов электрического сопротивления обуви (рис. 1). Отмечены системные противоречия. Выявлено, что нормативные значения уровня антистатических показателей устанавливаются с использованием различных методов и типов испытательного оборудования. Несходные единицы измерений – отдельные стандарты регламентируют параметры напряженности ЭСП, другие – электрического сопротивления, существенно усложняют оценку и сравнение безопасности изделий по антистатическим характеристикам, что свидетельствует об отсутствии единой системы.

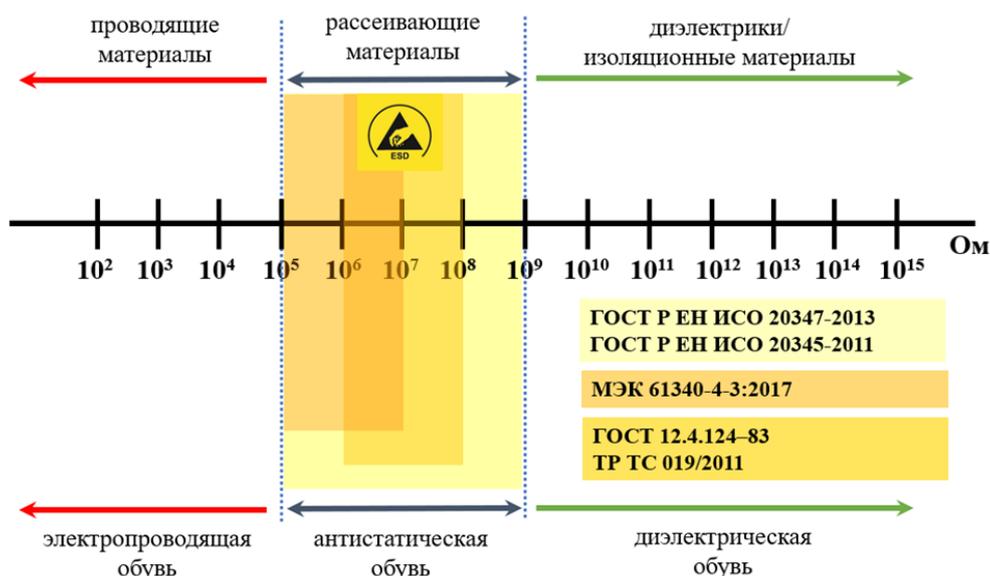


Рис. 1. Классификация обуви по диапазонам электрического сопротивления

Выявлено, что действующие нормы выдачи специальной обуви не учитывают деградацию антистатических свойств в зависимости от времени и интенсивности носки, существенно снижающие безопасность производственной деятельности персонала. Предложена классификация типовых конструкций специальной обуви по отраслям производств на основе анализа требований и типовых норм ее выдачи, которая рационализирует информацию об изделиях и может быть использована при их закупке работникам сквозных профессий. Установлены критерии выбора рабочей обуви в металлургической, машиностроительной, горнодобывающей, энергетической и нефтегазохимической отраслях производств, которыми можно манипулировать для актуализации отдельных положений действующей нормативно-технической документации в части типовых норм выдачи бесплатных СИЗ. Разработана обобщенная структура деталей специальной обуви, обеспечивающих различные защитные свойства, составляющая основу для формирования базы данных как материалов, так и конструкций изделий, что отвечает современным задачам цифровизации производства. Отсутствие единой систематизированной базы знаний не позволяет на этапе конструирования спрогнозировать параметры антистатической обуви и гарантировать ее работоспособность в конкретных условиях. Поэтому особую актуальность приобретают экспериментальные методы оценки параметров в реальных условиях эксплуатации. Таким образом, для совершенствования технологий производства и создания безопасной и надежной специальной обуви для разных условий работы необходимы комплексные исследования электростатических свойств как ее отдельных материалов, так и конструкций в целом.

**Во второй главе** выявлены основные физические явления, которые обуславливают уровень ЭСБ в различных технологических процессах. Систематизированы виды информации по природе возникновения электростатических зарядов и формированию трибоэлектрических эффектов. Выделены основные физические характеристики, которые необходимо учитывать для контроля ЭСБ и

предотвращения нежелательных последствий в различных технологических процессах.

Установлено, что для исключения формирования воспламеняющих разрядов с человека нужно обеспечить быструю утечку зарядов путем регулирования сопротивления материалов низа обуви и напольных покрытий. Выявлено, что данные о влиянии ЭСП на здоровье человека противоречивы и зависят от многих факторов, таких как напряженность ЭСП, длительность его воздействия и характеристики условий экспериментов. Показано, что возможности использования имеющихся методов исследования трибоэлектрических свойств обувных материалов ограничены: отсутствует компенсация неоднородности ЭСП и техническая способность непрерывной регистрации динамики изменения ЭСП на поверхности образца, а также возможность изучения трибоэлектрических свойств материалов в различных климатических условиях.

В связи с этим разработаны динамический метод (рис. 2) и методика измерения трибоэлектрических свойств обувных материалов, которые позволяют экспериментально оценивать накопление и релаксацию электростатического заряда, интенсивно возникающего в результате трения.

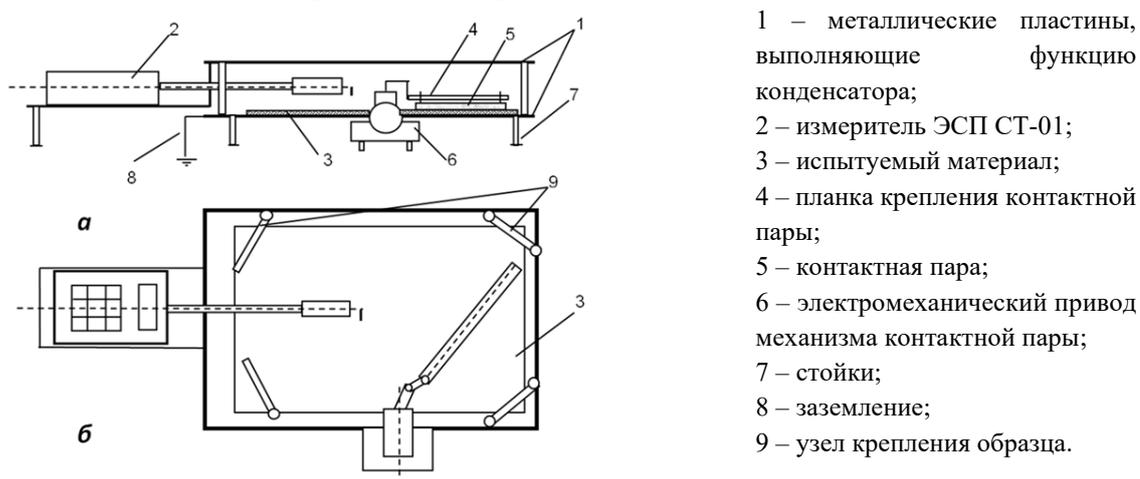


Рис. 2. Схема динамического метода исследования трибоэлектрических свойств обувных материалов: а – вид спереди; б – вид сверху, без верхней пластины конденсатора

Сущность испытаний (циклов) сводится к измерениям в фазах насыщения электростатического заряда (при включенной контактной паре) и спада заряда (при выключенной контактной паре). Критерием завершения первой фазы является отсутствие роста напряженности ЭСП в пределах погрешности измерений – 15%. Заряд, накапливаемый материалами, можно определить из условия его увеличения за счет натирания и релаксации (стекания):

$$dQ/dt|_{\text{общ}} = dQ/dt|_{\text{вх}} + dQ/dt|_{\text{релакс.}} \quad (1);$$

где  $Q$  – величина заряда, Кл;  $t$  – время стекания заряда, с.

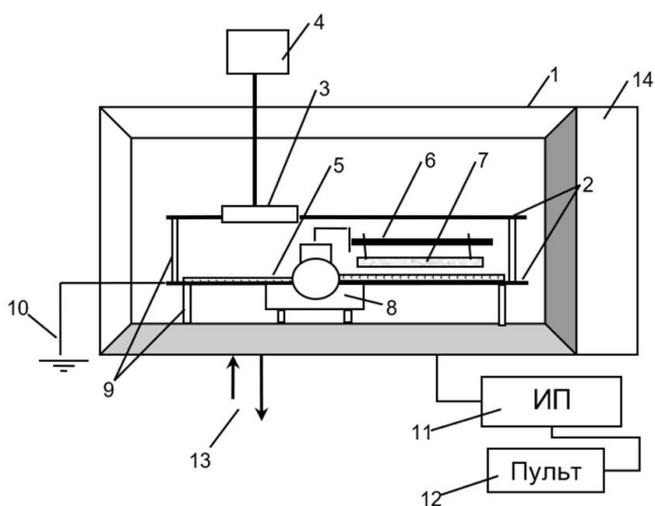
По результатам измерения зависимости спада заряда от времени можно оценить величину постоянной времени релаксации заряда из соотношения:

$$\tau = (t_1 - t_2) / \ln(Q(t_1) / Q(t_2)), \quad (2);$$

где  $\tau$  – постоянная времени релаксации заряда, с;  $Q(t_1)$ ,  $Q(t_2)$  – величины заряда на поверхности образца для значений времени  $t_1$  и  $t_2$ , Кл.

Сравнивая разработанный метод с известными методами оценки электростатических свойств материалов, можно отметить, что они, как правило, не предоставляют возможности измерения электростатических показателей в динамике, что существенно сказывается на точности и полноте анализа.

На разработанном стенде проведены динамические испытания наиболее распространенных материалов верха и низа обуви. Так как обувные конструкции применяются в различных условиях эксплуатации, то исследования только в лабораториях не отражают их поведение в реальных ситуациях. В свете вышеизложенного, очевидно, что изучение электризуемости материалов в разнообразных климатических условиях является важным и необходимым. Для этих целей разработан метод исследования трибоэлектрических свойств обувных материалов в широком диапазоне температур, включающий использование камеры с элементами Пельтье и камертонного датчика ЭСП (рис. 3).



- 1 – термоэлектрическая камера тепла-холода ТЭК 50/60 на базе элементов Пельтье;
- 2 – пластины конденсатора;
- 3 – камертонный датчик ЭСП;
- 4 – считывающее устройство камертонного датчика;
- 5 – испытуемый материал;
- 6 – планка крепления контактной пары;
- 7 – контактная пара;
- 8 – электрический привод механизма контактной пары;
- 9 – стойки из непроводящего материала;
- 10 – заземление;
- 11 – лабораторный источник питания ИПР-800;
- 12 – пульт управления механизмом контактной пары;
- 13 – контур водяного охлаждения;
- 14 – блок управления камерой ТЭК 50/60;

Рис. 3. Схема установки для измерения трибоэлектрических свойств обувных материалов в широком диапазоне температур

Результаты испытаний наиболее часто применяемых обувных материалов наглядно продемонстрировали, что в условиях низких температур время релаксации зарядов статического электричества на их поверхности и напряженность ЭСП многократно увеличивается. Это свидетельствует, что механизм накопления и релаксации трибоэлектрического заряда существенно зависит от пленки влаги, которая всегда находится на поверхности материала. Снижение температуры при испытаниях образцов приводит к удалению влаги из воздухопроницаемой толщины материалов и, следовательно, к снижению электропроводности и увеличению времени стекания заряда с поверхности. Полученные температурные зависимости времени релаксации зарядов в диапазоне температур от  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+60^{\circ}\text{C}$  подчиняются закону Аррениуса, что позволяет прогнозировать механизмы, определяющие поведение материалов в различных условиях.

Исследования показали, что постоянная времени релаксации электростатических зарядов для различных обувных материалов изменяется в широком диапазоне и иногда трудноуловима. Исходя из этого разработан автоматизированный экспресс-метод измерения времени релаксации электростатического заряда для оценки трибоэлектрических свойств материалов. Установка с камертонным датчиками допускает измерение минимального времени релаксации в 2 секунды с погрешностью 15-20%. Разработанный экспресс-метод измерения времени релаксации электростатического заряда рекомендуется к использованию для верификации составов тканей.

**В третьей главе** для определения влияния изменения температуры окружающей среды на электрическое сопротивление проведены исследования нескольких многослойных, тканых и нетканых материалов обуви. Показано, что синтетические материалы демонстрируют увеличение электрического сопротивления от температуры в выбранном диапазоне, а материалы с карбоновым волокном достаточно стабильны. Это позволяет предсказывать изменения их свойств при варьировании температуры, что имеет существенное значение для создания эксплуатируемой в различных условиях обуви. Установлены корреляционные зависимости антистатических показателей материалов для производства специальной обуви, которые демонстрируют, что оценка электростатической безопасности связана с химическим составом используемых материалов.

Впервые проведены измерения электрического сопротивления следующих систем: «специальная обувь – человек – точка заземления», «специальная обувь – человек – напольное покрытие», «специальная обувь – человек – антистатическое напольное покрытие». Разработан алгоритм расчетной оценки ЭСБ (рис. 4), основанный на математических моделях, который позволяет создавать обоснованные рекомендации по снижению электростатического риска, включая изменения в проектировании обуви, параметрах окружающей и предметно-пространственной среды рабочего.



Рис. 4 Алгоритм расчетной оценки ЭСБ

По алгоритму методом конечных элементов в ПО COMSOL Multiphysics проведено моделирование накопления электростатических зарядов на теле человека в зависимости от электрического потенциала, наличия обуви и одежды различной диэлектрической проницаемости. Показано, как с возрастанием потенциала на теле человека увеличивается напряженность ЭСП. Выявлено, что ЭСП максимально концентрируется в нижней части геометрии тела, т.е. в районе обуви, что еще раз подтверждает решающую роль обуви в обеспечении ЭСБ человека.

Исходя из того, что практически все материалы, используемые для изготовления обуви, являются диэлектриками, разработана компьютерная модель протекания потока электрических зарядов сквозь диэлектрический материал. Действенность модели подтверждена результатами натуральных экспериментов по пробое защитных материалов одежды и обуви, что доказывает состоятельность исследований влияния особенностей структуры и свойств материала на его сопротивление электрическому пробое. Для понимания изменения траектория прохождения зарядов в среде диэлектрика применена теория перколяции. Установлена перколяционная граница вероятности пробоя в зависимости от потенциала внешнего ЭСП. Показано, что апаранс пробоя, т.е. доля зарядов, достигающих противоположной стороны образца, изменяется скачкообразно при изменении уровня пробойного потенциала в пределах от 0,43 до 0,47 приложенного внешнего потенциала.

Так как структура обувных материалов, особенно низа обуви, качественно влияет на динамику процессов, то разработана модель макроскопически неоднородной среды, которая показывает, что создание участков с различной местной проводимостью может быть реализовано при повышении устойчивости материалов к электрическим разрядам.

**В четвертой главе** показано, что при моделировании накопления электростатических зарядов на теле человека необходимо основываться на модели человеческого тела (рис. 5). Разработан метод оценки антистатических показателей системы «обувь – человек – напольное покрытие» с использованием индикатора-регистратора ИРИ-04М, который позволяет проводить испытания в реальных условиях эксплуатации. Разработан алгоритм методики исследования антистатических показателей системы «обувь – человек – напольное покрытие» – испытуемый передвигается по напольному покрытию для накопления на теле электростатического заряда, как только напряжение ЭСП возрастает, испытуемый останавливается в точке заземления для регистрации спада напряжения ЭСП с одежды и обуви. В процессе испытания хорошо визуализируются циклы нарастания и спада заряда с человека (рис. 6).

Разработана математическая модель на основе универсального метода адаптивного случайного поиска, который используется в задачах нелинейной регрессии, и позволяет эффективно исследовать динамику накопления-стекания заряда, а также автоматически определять границу между ключевыми этапами эксперимента (рис. 7). Аналитическая форма модели:

$$a(1) = tc$$

$$Yp(t) = \begin{cases} a(2), & \text{если } t < tc \\ a(3) + a(4) \cdot \exp(-a(5) \cdot (t - tc)), & \text{если } t > tc \end{cases} \quad (3);$$

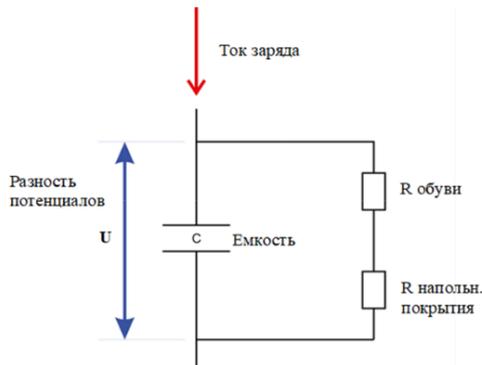


Рис. 5. Электрическая модель человеческого тела

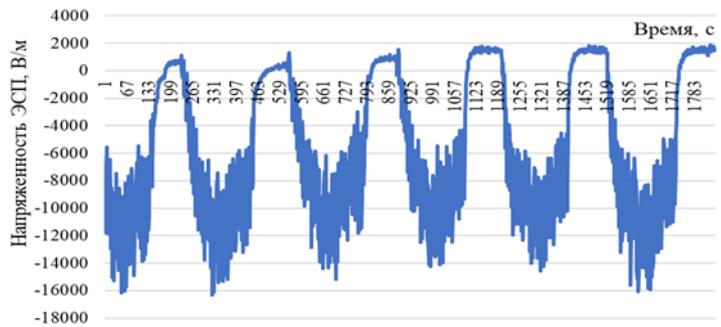


Рис. 6. Пример распределения напряженности ЭСП во времени при испытаниях обуви

Для установления закономерностей в стационарных временных рядах первого этапа эксперимента (накопления заряда) проведена оценка их нормированных автокорреляционных функций (АКФ). Выявлено, что в потоке данных в разные моменты времени имеется значимая корреляция между значениями, т.е. АКФ наглядно показывает колебания ЭСП, связанные с ходьбой человека (рис. 8). Для подтверждения этого вывода выполнен спектральный гармонический анализ с применением быстрого преобразования Фурье, позволивший получить оценки спектральной плотности дисперсии (СПД) потоков данных каждого из опытов (рис. 9). Исследование показало пики на низких и высоких частотах практически на всех спектрах, что позволило построить математическую модель динамики накопления заряда на поверхности человека при его движении по покрытию пола.

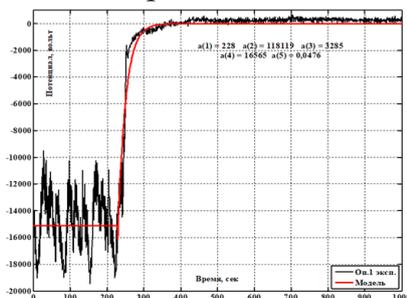


Рис. 7 Пример экспериментальных и модельных результатов опытов

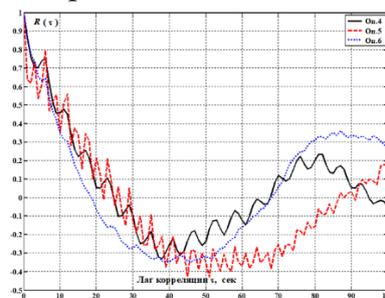


Рис. 8 Пример нормированной АКФ динамики накопления заряда

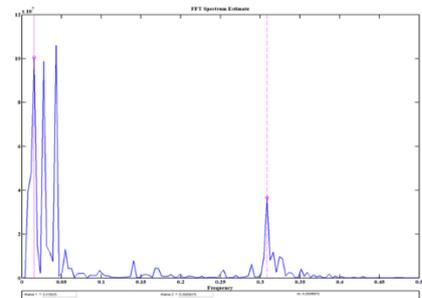


Рис. 9 Пример СПД динамики накопления заряда

Проведена статистическая обработка данных, включая анализ коэффициентов регрессии и оценку их значимости, которая продемонстрировала высокую степень корреляции между экспериментальными данными и моделью. Выявлено влияние варьируемого фактора на скорость стекания заряда. Результаты вычислений коэффициентов регрессий и коэффициентов достоверности  $Q_2$  (0,941–0,986) подтвердили высокую валидность моделей.

**В пятой главе** показано, что необходимость соблюдения стандартов безопасности, улучшение организации предметно-пространственной среды рабочих мест, использование современных технологий и материалов являются ключевыми аспектами для обеспечения здоровья и безопасности работников на нефтегазовых предприятиях, условия труда которых представляют собой сложную комбинацию климатических и производственных факторов.

В связи с этим предложена концепция конструкции антистатической обуви с заземляющими свойствами для повышения безопасности и эффективности работы в нефтегазоперерабатывающей отрасли и других чувствительных к статическому электричеству областях (рис. 10). Технологическое решение конструкции позволяет задавать электрическое сопротивление в диапазоне от  $10^5$  Ом до  $10^9$  Ом в зависимости от условий эксплуатации. Испытания показали, что загрязнение обуви (глина, снег) может значительно ухудшить ее антистатические свойства и вызывает необходимость разработок, обеспечивающих устойчивость к загрязнению материалов и конструкций изделий.

Спроектирован и реализован инструментами аддитивных технологий токопроводящий элемент подошвы обуви (рис. 11). Результаты испытаний подтверждают соответствие конструкции антистатической обуви нормативным требованиям и позволяют утверждать о состоятельности разработанной модели для эксплуатации в реальных условиях, открывая новые возможности для совершенствования техники безопасности, повышения эффективности производства и персонализации изделий с использованием аддитивных технологий.



Рис. 10. Общий вид устройства антистатической обуви с заземляющими свойствами: 1 – электропроводный слой подошвы; 5 – задний наружный ремень; 8 – карман; 9 – кнопка; 11 – эластичный браслет, в состав которого входят токопроводящие нити

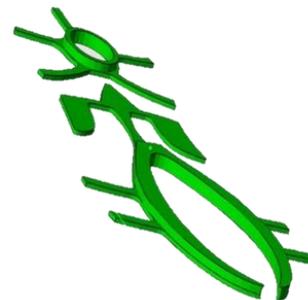


Рис. 11. 3D-модель вставки токопроводящего слоя

Разработана методика проектирования и изготовления эксцесс-форм, включающая три этапа: создание 3D-модели подошвы, проектирование 3D-модели эксцесс-формы и ее изготовление. Методика обеспечивает быстрое и эффективное генерирование технологической оснастки для производства формованных подошв.

Разработана открытая интегрированная база данных антистатических свойств обуви, позволяющая прогнозировать характеристики новых комбинаций материалов на основе накапливаемого массива экспериментальных результатов.

Проведенный в рамках диссертации комплекс исследований представлен в виде стадий жизненного цикла инновационной конструкции антистатической обуви,

которые включают: предпроектный анализ, «сервейинг» и формирование инноваций, инжиниринг концепции, реализацию и внедрение в производство. Проведенный комплекс работ и предложенные на его основе решения определяют успешность коммерциализации антистатической обуви.

## **ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ**

1. Решена комплексная задача, заключающаяся в изучении и систематизации информации о влиянии статического электричества на технологические процессы и производственный персонал, проведении анализа актуальной нормативной документации, регулирующей уровни электростатических полей, а также осуществлении процессов проектирования и сертификации специальной обуви, включая антистатическую.

2. Проанализирован современный рынок антистатической обуви, охватывающий ассортимент и свойства продукции, ее конструктивные варианты, функциональные и эксплуатационные характеристики. Представлена экспертная оценка рынка рабочей обуви в различных отраслях, позволяющая определять критерии ее выбора в зависимости от условий эксплуатации.

3. Разработана классификация диапазонов электрического сопротивления обуви на основе анализа действующих стандартов и регламентов, определяющих уровень антистатических характеристик материалов. Выявлено, что отсутствие единой системы в оценке антистатических характеристик обуви затрудняет их сравнение и интерпретацию. Разнообразие подходов к измерению электрического сопротивления и, как следствие, различия в значениях показателей, нормируемых стандартами, приводит к коллизиям в области обеспечения безопасности и вызывают необходимость гармонизации нормативной документации на основе повышения эффективности оценки антистатических свойств.

4. Предложена классификация типовых конструкций специальной обуви по отраслям производств на основе анализа требований и принятых норм ее выдачи, которая рационализирует информацию об изделиях и может быть использована при их закупке работникам сквозных профессий. Выделены детали обобщенной конструкции специальной обуви, обеспечивающей различные уровни защитных свойств, которая может служить основой для разработки базы данных как материалов, так и «архитектоники» изделий, что отвечает современным задачам цифровизации производства.

5. Разработан динамический метод (патент на изобретение № 2307366) и методика измерения электростатических свойств обувных материалов, которые позволяют экспериментально оценивать накопление и релаксацию электростатического заряда. Метод допускает в процессе трибоэлектризации непрерывное накопление на поверхности испытуемого материала электростатического заряда, регистрацию динамики изменения однородного ЭСП.

6. Реализован метод исследования электростатических свойств материалов в широком диапазоне температур с использованием камеры на основе элементов

Пельтье и камертонного датчика ЭСП. Выявлено, что закономерности изменений трибоэлектрических свойств образцов в различных климатических условиях подчиняются закону Аррениуса. Установленные взаимосвязи между указанными процессами могут служить основой для углубленного изучения механизмов трибоэлектрических свойств и их практического применения при создании новых материалов с заданными антистатическими свойствами.

7. Разработан автоматизированный экспресс-метод измерения времени релаксации электростатического заряда для оценки трибоэлектрических свойств материалов с погрешностью 15-20%. Метод можно рекомендовать для верификации составов тканей.

8. Предложена и реализована методика измерения удельного объемного и поверхностного сопротивления обувных материалов. Установлены корреляционные зависимости антистатических показателей материалов для производства специальной обуви, которые демонстрируют связь оценки ЭСБ с химическим составом используемых материалов.

9. Разработан алгоритм расчетной оценки ЭСБ, основанный на математических моделях, который позволяет формулировать обоснованные рекомендации по снижению электростатического риска, включая изменения в проектировании обуви, параметров окружающей и предметно-пространственной среды рабочего. Алгоритм составляет основу математической модели электризации в системе «человек - обувь - напольное покрытие», которая демонстрирует взаимосвязи уровня накопления электростатических зарядов на теле человека от электрического потенциала, наличия обуви и одежды различной диэлектрической проницаемости.

10. Предложена компьютерная модель протекания потока электрических зарядов сквозь диэлектрический материал. Установлена перколяционная граница вероятности пробоя в зависимости от потенциала внешнего электростатического поля. Разработанная модель макроскопически неоднородной среды показывает, что создание участков с различной местной проводимостью может быть реализовано при повышении устойчивости материалов к электрическим разрядам.

11. Реализованы метод и алгоритм методики оценки антистатических показателей системы «обувь – человек – напольное покрытие» с использованием индикатора-регистратора ИРИ-04М, который в реальных условиях эксплуатации позволяет анализировать уровни ЭСП и их влияние на безопасность и комфорт человека в процессе его взаимодействия с предметно-пространственной средой; оценить риски, связанные с электризацией, а на основе накопленной статистики предусматривать потенциально опасные ситуации искрообразования. В перспективе метод может быть адаптирован и усовершенствован с использованием таких современных технологий, как IoT-устройства и система больших данных. Это позволит аккумулировать информацию в режиме реального времени и проводить ее более глубокий анализ, результаты которого имеют большое прикладное значение не только для управления рисками, но и оптимизации процессов производства.

12. Построена математическая модель на основе универсального метода адаптивного случайного поиска, которая позволяет эффективно исследовать динамику накопления и стекания заряда при движении человека, а также автоматически определять границу между ключевыми этапами эксперимента. Проведен корреляционный и спектральный анализы динамики накопления заряда. Исследованиями автокорреляционных функций и спектральной плотности дисперсии практически на всех спектрах выявлены пики на низких и высоких частотах. Проведена оценка скорости стекания заряда с использованием регрессионных моделей. Показано, что убывание электростатического потенциала подчиняется экспоненциальному закону. Полученные закономерности позволили построить математическую модель динамики накопления заряда на поверхности человека при его движении.

13. На основе проведенного моделирования разработана методика «накопления-стекания» электростатических зарядов в системе «обувь – человек – окружающая среда», которая позволяет не только минимизировать количество необходимых для исследования натуральных опытов, но и глубже понять физику процессов трибоэлектричества и токов утечки. Модель отображает зависимость потенциала и тока от времени в условиях трибоэлектрического эффекта.

14. Предложена концепция конструкции антистатической обуви с заземляющими свойствами (патент на полезную модель № 204433) для повышения безопасности и эффективности работы в нефтегазоперерабатывающей отрасли и других чувствительных к статическому электричеству областях. Технологическое решение обуви позволяет изменять электрическое сопротивление в зависимости от условий эксплуатации. Для апробации идеи спроектирован и реализован с использованием аддитивных технологий токопроводящий элемент подошвы обуви. Результаты демонстрируют соответствие спроектированной обуви нормативным требованиям и позволяют утверждать о состоятельности разработанной модели для эксплуатации в реальных условиях, чувствительных к статическому электричеству областях.

15. Разработана открытая интегрированная база данных антистатических свойств обуви, позволяющая наращивать массив эмпирики и на его основе прогнозировать особенности новых комбинаций материалов. Показано, что интеграция совокупности сведений о характеристиках материалов, конструкциях обуви и взаимодействии с окружающей средой с программой «1С:Предприятие» позволяет получать прогнозные и контрольные свойства антистатической обуви, пригодные для эффективного управления ресурсами.

16. Разработаны стадии жизненного цикла создания научно обоснованной инновационной конструкции антистатической обуви. В результате системных научно-технических исследований установлены аксиоматические принципы создания продукта, который отвечает требованиям безопасности и комфорта для пользователей в сложных производственных условиях. Проведенный комплекс работ и полученные на его основе результаты заключают в себе высокие потенциальные возможности успешной коммерциализации.

17. Результаты выполненных исследований позволят получить экономический эффект за счет совершенствования структуры ассортимента предприятий, изготавливающих специальную обувь, интеллектуализации труда работников на стадии предпроектных исследований, снижающей их продолжительность и трудоемкость. Социальный эффект выполненных исследований выражается в обеспечении персонала различных производств отечественной здоровьесберегающей обувью с высокими защитными свойствами, что снижает издержки предприятий на компенсационные выплаты, число случаев выхода на пенсию по инвалидности вследствие травматизма или профессиональной заболеваемости, количество опасных инцидентов, текучесть кадров из-за неудовлетворительных условий труда и положительно отражается на общей культуре безопасности.

18. Сформулированы перспективы дальнейшей разработки темы, которые сводятся к следующему: развитие базы данных об электростатических свойствах материалов и конструкций обуви для расширения функционала системы; внедрение современных методов анализа данных, включая возможности машинного обучения для прогнозирования характеристик новых комбинаций материалов и конструкций изделий. Предлагаемые решения могут быть использованы для создания общей базы данных как ядра с доступом к ней всех модулей САПР-К, САПР-ТП и САМ-систем при построении актуальных производственной и информационной инфраструктур; реализации архитектуры системы прогнозирования трибоэлектрических свойств материалов и обуви под воздействием различных факторов, создания конструкций с заданным функционалом в условиях надежности, многопользовательского доступа к ресурсам, минимального времени отклика и восстановления данных при отказах.

### Публикации, отражающие основное содержание диссертации

*Статьи в журналах из перечня ВАК при Минобрнауки России и индексируемые в международной базе цитирования Scopus*

1. Зарицкий Б.П., Леденева И.Н., **Белицкая О.А.** Оценка электростатических свойств обуви с верхом из войлока с подкладкой из мембранных материалов // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности, том 29, № 3. – СПб.: 2015. – с. 113-116.
2. **Белицкая О.А.** Особенности метода измерения электрического сопротивления материалов низа обуви // Дизайн и технологии, научный журнал, № 45(87). - Москва: МГУДТ 2015. - 128 с., с. 15-18.
3. Симачёв Д. Н., Леденева И. Н., **Белицкая О.А.** Оценка безопасности обуви из валяльно-войлочных материалов // Дизайн и технологии, научный журнал, № 47 (89). - Москва: МГУДТ 2015. - 128 с., с. 36-40.
4. Конарева Ю.С., Царицына О.А., **Белицкая О.А.** Трансформационный подход к разработке современных аксессуаров // Дизайн и технологии, научный журнал, № 46 (88). - Москва: МГУДТ 2015. - 127 с., с. 29-32.
5. Сироткина О.В., **Белицкая О.А.**, Конарева Ю.С. Классификация кож экзотических животных, применяемых для производства обуви и кожгалантереи // Дизайн и технологии, научный журнал, № 53(95). – Москва: МГУДТ 2016. - 117 с., с. 71-81.
6. **Белицкая О.А.**, Гасанов М.Э., Ерохина Е.А., Карпухин А.А. Оценка электростатических свойств материалов низа обуви // Дизайн и технологии, научный журнал, № 62(104). – Москва: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2017. - 128 с., с. 35-40.
7. **Белицкая О.А.**, Костылева В.В. Концептуальный дизайн обуви под девизом «Автомобили» // Дизайн и технологии, научный журнал, № 57(99). – Москва: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2017. - 135 с., с. 14-21.

8. **Белицкая О.А.** Оценка электростатических свойств стелечных материалов // Дизайн и технологии, научный журнал, № 59 (101). – Москва: РГУ 2017. - 127 с., с. 36-42.
9. **Минец В.В., Белицкая О.А.** Применение аддитивных технологий при создании коллекций обуви и аксессуаров // Дизайн и технологии, научный журнал, № 63 (105). – Москва: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2018, с. 31-36.
10. **Белицкая О.А.,** Сироткина О.В. Разработка методики оценки безопасности специальной обуви под влиянием внешних факторов // Дизайн и технологии, научный журнал, № 74 (116). – Москва: РГУ 2019. - с. 31-38.
11. **Белицкая О.А.,** Сироткина О.В. Оценка динамики накопления электростатического потенциала бытовой и специальной антистатической обуви на различных напольных покрытиях // Дизайн и технологии, научный журнал, № 70 (112). – Москва: РГУ 2019. - 141 с., с. 28-33.
12. **Белицкая О.А.,** Сироткина О.В. Экспериментальное определение взаимосвязи напряженности электростатического поля и электростатического потенциала обувных конструкций // Дизайн и технологии, научный журнал, № 72 (114). – Москва: РГУ 2019. - с. 29-33.
13. Евтеева Н.Г., Дормидонтова О.В., Чурсин В.И., **Белицкая О.А.** Применение релаксационной спектроскопии для оптимизации процесса зольения с использованием электроактивированных растворов // Дизайн и технологии, научный журнал. – 2021. – № 85-86(127-128). – с. 96-103.
14. **Белицкая О.А.,** Фокина А.А., Рыкова Е.С., Максимова И.А., Конарева Ю.С. Влияние климатических параметров на трибоэлектрические свойства материалов специальной обуви // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2021. – № 5(395). – с. 48-53. – DOI 10.47367/0021-3497\_2021\_5\_48.
15. Коновалова О.Б., **Минец В.В.,** Бокова Е.С., Костылева В.В., **Белицкая О.А.** Полимерные материалы для 3D-печати и возможность их применения в обувном производстве: ассортимент пластмасс инновационной функциональности // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2021. – № 5(395). – с. 262-267. – DOI 10.47367/0021-3497\_2021\_5\_262.
16. **Минец В.В.,** Татарчук И.Р., **Белицкая О.А.,** Литвин Е.В. Применение 3D-технологий быстрого прототипирования при изготовлении оснастки обувного производства и апробация формальной модели экспресс-формы для литьевого агрегата // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2022. – № 2(398). – с. 329-333. – DOI 10.47367/0021-3497\_2022\_2\_329.
17. Коновалова О.Б., **Минец В.В.,** Бокова Е.С., Костылева В.В., **Белицкая О.А.** Полимерные материалы для 3D-печати и возможность их применения в обувном производстве: группа крупнотоннажных полимеров // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2022. – № 2(398). – с. 304-311. – DOI 10.47367/0021-3497\_2022\_2\_304.
18. Евтеева Н.Г., Дормидонтова О.В., Окутин А.С., **Белицкая О.А.** Применение электрохимически активированных растворов в технологических процессах производства кожи и меха // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2022. – № 1(397). – с. 206-211. – DOI 10.47367/0021-3497\_2022\_1\_206.
19. Игнатова К.Л., Конарева Ю.С., **Белицкая О.А.** Формирование требований к качеству и разработка номенклатуры показателей качества обуви для детей школьного возраста // Костюмология, Journal of Clothing Science, 2022, № 2, Том 7 - URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/12TLKL222.pdf>.
20. **Belitskaya O.A.,** Fokina A.A., Belgorodskiy V.S., Sokolovsky A.R., Panferova E.G. Integral Assessment of Antistatic Properties of Materials Used in Individual Safety Gear // Materials Science Forum. – 2023. – Vol. 1085. – p. 101-106. – DOI 10.4028/p-jt439u.
21. **Белицкая О.А.,** Костылева В.В., Фокина А.А., Рыкова Е.С., Соколовский А.Р. Материалы шумопоглощающих устройств каблуков обуви // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2023. – № 3(405). – с. 243-249. – DOI 10.47367/0021-3497\_2023\_3\_243.
22. **Белицкая О.А.** Совершенствование антистатической обуви с применением аддитивных технологий // Костюмология. — 2023. — Т 8. — №4. — URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/09TLKL423.pdf>.
23. **Белицкая О.А.,** Игнатова К.Л., Костылева В.В., Фокина А.А., Рыкова Е.С. Оценка трибоэлектрических свойств системы «обувь - опорная поверхность» // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2024. – № 5(413). – с. 64-70. – DOI 10.47367/0021-3497\_2024\_5\_64.
24. Рыкова Е.С., Федосеева Е.В., **Белицкая О.А.,** Костылева В.В., Фокина А.А. Концепция адресного проектирования изделий для женщин элегантного возраста // Известия высших учебных

заведений. Технология текстильной промышленности. – 2024. – № 4(412). – с. 157-166. – DOI 10.47367/0021-3497\_2024\_4\_157.

25. **Belitskaya O.A.**, Arestov S.O., Mavlyutov A.A. An Installation for Studying the Triboelectric Properties of Materials in a Wide Temperature Range // Polymer Science, Series D. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – p. 771-775. – DOI 10.1134/S1995421224701338.

26. **Белицкая О.А.** Исследование электрического сопротивления и постоянной времени релаксации электростатического заряда специальной обуви // Костюмология. — 2024. — Т 9. — №3. — URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/05TLKL324.pdf>

27. **Белицкая О.А.**, Севостьянов П.А., Самойлова Т.А. Компьютерная имитация электропроводных свойств материала для средств индивидуальной защиты // Технологии и качество. – 2024. - № 3 (65). – с. 5-10.

28. **Белицкая О.А.**, Севостьянов П.А. Математическое моделирование динамики накопления и релаксации электростатических зарядов на поверхности тела человека в зависимости от типа обуви // Костюмология. — 2024. — Т 9. — №4. — URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/15TLKL424.pdf>

29. Ивахников А.М., **Белицкая О.А.** Разработка интегрированной базы данных антистатических свойств обуви // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. – 2024. – Т. 69, № 5. – с. 89-93. – DOI 10.46418/0021-3489\_2024\_69\_05\_15.

#### Патенты, свидетельства

30. Патент на полезную модель № 204433 U1 Российская Федерация, МПК А43В 13/12. Антистатическая обувь с заземляющими свойствами: № 2020123851: заявл. 17.07.2020: опубл. 24.05.2021 / **Белицкая О.А.**, Сироткина О.В.; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина».

31. Патент № 2307366 С1 Российская Федерация, МПК G01R 29/12. устройство для измерения поверхностной плотности электростатического заряда при трении: № 2006112283/28: заявл. 14.04.2006: опубл. 27.09.2007 / **Белицкая О.А.**, Леденева И.Н.; заявитель Московский государственный университет дизайна и технологии (МГУДТ).

#### Монографии

32. **Белицкая О.А.**, Леденева И.Н. Основы моделирования трибоэлектрических свойств материалов для обуви: Монография. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет дизайна и технологии», 2014. – 91 с. – ISBN 978-5-87055-207-1.

33. Леденева И.Н., Леденев М.О., Разин И.Б., Литвин Е.В., **Белицкая О.А.** Проектирование технологических процессов производства обуви с применением информационных технологий – М.: ФГБОУ ВПО «МГУДТ», 2015. – 131 с.

34. **Белицкая О.А.** Антистатическая обувь: состояние производства и его перспективы: монография. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2022. – 189 с.

#### Статьи в зарубежных изданиях

35. **Белицкая О.А.**, Леденева И.Н. Метод оценки времени релаксации электростатического заряда на обувных материалах // Сборник статей «Факторы, влияющие на качество одежды и обуви» под ред. Павловой М. – Радом, 2004. – с. 191-194.

36. **Белицкая О.А.** Оценка электростатических свойств обуви с помощью индивидуального регистратора искробезопасности // Материалы докладов международной научно-технической конференции «Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности», 26-27 ноября 2014 г. / УО «ВГТУ». - Витебск, 2014. - с. 422-424.

37. Самсонова А.А., **Белицкая О.А.** Предпосылки развития антистатической обуви на российском рынке // Материалы X Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные науки сегодня», том 1 - North Charleston, SC, USA, 2016. – 175 с., с. 90-92.

38. Минец В.В., **Белицкая О.А.** Инновационные 3D-технологии в создании коллекции обуви и аксессуаров // Материалы IX Международной научно-практической конференции «Академическая наука – проблемы и достижения» - North Charleston, SC, USA, 2016. – 180 с., с. 75-77.

39. **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.

40. **Белицкая О.А.** 3D-технологии в коллекциях обуви и аксессуаров // Сборник материалов докладов 53-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов (апрель 2020 г.), Том 2. – Витебск: УО «ВГТУ», 2020. – 351 с., с. 137-139.

41. Минец В.В., **Белицкая О.А.** Экономическая эффективность применения 3D-печати в лёгкой промышленности // Сборник материалов докладов 54-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов (апрель 2021 г.), Том 2. – Витебск: УО «ВГТУ», 2021. – 351 с., с. 138-140.

42. **Белицкая О.А.** Разработка антистатической обуви с расширенной функциональностью // Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Современные инновационные технологии в легкой промышленности: проблемы и решения», 19-20 ноября 2021 года. – Бухоро.: «БухМТИ», 187 стр. [Часть 1], с. 10-15.

43. Игнатова К.Л., Конарева Ю.С., **Белицкая О.А.** Использование принципа Парето в оценке измерений показателей электростатического поля // Сборник материалов докладов 55-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов (27 апреля 2022 г.) – Витебск: УО «ВГТУ», 2022. – 441 с., с. 277-281.

44. **Белицкая О.А.** Моделирование электростатических полей вокруг человека с применением кроссплатформенного программного обеспечения // Сборник материалов докладов 55-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов (27 апреля 2022 г.) – Витебск: УО «ВГТУ», 2022. – 441 с., с. 49-52.

45. Игнатова К.Л., **Белицкая О.А.** Оценка накопления ЭСП на теле человека в зависимости от влажности воздуха, конструкций обуви и материалов напольного покрытия // Сборник материалов докладов 56-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов (19 апреля 2023 г.) – Витебск: УО «ВГТУ», 2023. – 517 с., с. 232-235.

46. Рыкова Е.С., Фокина А.А., **Белицкая О.А.**, Медведева О.А. Альтернативные материалы в производстве обуви и аксессуаров // Материалы докладов международной научно-технической конференции «Инновации в текстиле, одежде, обуви (ICTAI—2023)» (9–10 ноября 2023), Витебск, 2024. – 150 с., с. 59-72.

47. **Белицкая О.А.** Моделирование электростатических полей вокруг человека в обуви и одежде с различной диэлектрической проницаемостью // Вестник Витебского государственного технологического университета. 2024. № 1 (47)., с. 44-52.

#### Статьи в материалах конференций и других научных изданиях

48. Бирюкова М.Ф., Леденева И.Н., **Белицкая О.А.** Метод динамической оценки электризуемости обувных материалов // Вестник Московского государственного университета дизайна и технологии. Выпуск №1 (43). – М.: ИИЦ МГУДТ, 2003. – с. 117-120.

49. Бирюкова М.Ф., Леденева И.Н., Костригина Ю.А., **Белицкая О.А.** Оценка электростатических свойств обувных материалов динамическим методом измерения // Кожевенно-обувная промышленность. – 2004. – № 2. – с. 46-47.

50. **Белицкая О.А.**, Бирюкова М.Ф., Леденева И.Н. Исследование трибоэлектрических свойств обувных материалов // Вестник Московского государственного университета дизайна и технологии. Выпуск №2 (44). – М.: ИИЦ МГУДТ, 2004. – с. 181-185.

51. **Белицкая О.А.**, Леденева И.Н. Специальная обувь для нефтяников, работающих в условиях Крайнего Севера // Кожевенно-обувная промышленность. – 2006. – № 3. – с. 50-51.

52. **Белицкая О.А.**, Леденева И.Н. Исследования электростатических обувных войлоков // Кожевенно-обувная промышленность. – 2006. - № 4. - с. 38-39.

53. **Белицкая О.А.**, Леденева И.Н. Проектирование обуви пригодной для эксплуатации в нефтегазовом комплексе в условиях Крайнего севера // Научная сессия МИФИ-2006. Сборник научных трудов. В 16 томах. Т.11. Инновационные проекты, студенческие идеи, проекты, предложения. – М.: МИФИ, 2006. – с. 72-73.

54. **Белицкая О.А.** Проблемы совершенствования системы антистатической безопасности обуви на предприятиях нефтегазодобычи // Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции «Перспективы развития науки и образования». В 7 частях. Часть IV. Мин-во обр. и науки – М.: «АР-Консалт», 2013 г. - 172 с., с. 30-31.

55. **Белицкая О.А.** О влиянии отрицательных температур на электростатические параметры специальных изделий // Сборник научных статей и воспоминаний «Памяти В.А. Фукина посвящается». Часть 1. – М.: МГУДТ, 2014. – 219 с., с. 81-84.

56. **Белицкая О.А.**, Максимова И.А. Особенности применения кожи рыб при производстве обуви // Сборник научных статей и воспоминаний «Памяти В.А. Фукина посвящается». Часть 1. – М.: МГУДТ, 2014. – 219 с., с. 107-111.
57. Самсонова А.А., **Белицкая О.А.** Оценка влияния расположения регистратора электростатического поля на теле экспериментатора на уровень напряженности электростатического поля // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2015): сборник материалов Международной научно-технической конференции. Часть 1. – М.: ФГБОУ ВПО «МГУДТ», 2015. – 223 с., с. 152-154.
58. Сироткина О.В., **Белицкая О.А.**, Калинин М.В. Влияние видов экзотических животных на микроструктуру их кожного покрова // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2016): сборник материалов Международной научно-технической конференции. Часть 1. – М.: ФГБОУ ВПО «МГУДТ», 2016. – 311 с., с. 237-239.
59. **Белицкая О.А.** Антистатическая обувь, как элемент защиты от электростатических разрядов // Кожа и мех в XXI веке: технология, качество, экология, образование: Материалы XII Международной научно-практической конференции. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГУТУ, 2016. – 464 с., с. 356-361.
60. **Белицкая О.А.** Интегральный метод оценки антистатических свойств обуви // Современные задачи инженерных наук: сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума «Современные инженерные проблемы промышленности товаров народного потребления» Международного научно-технического Форума «Первые международные Косыгинские чтения» (11-12 октября 2017 года). Том 1. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2017. – 353 с., с. 118-121.
61. **Белицкая О.А.**, Карпухин А.А. Техническое регулирование как базовая основа качества материалов в области электростатической безопасности человека // Техническое регулирование: базовая основа качества материалов, товаров и услуг: Сборник научных трудов. – Шахты: ИСОиП (филиал) ДГТУ в г. Шахты, 2017. – с. 450-455.
62. Сироткина О.В., **Белицкая О.А.** Сравнительный анализ динамики накопления электростатического заряда бытовой и специальной антистатической обуви // Технологии, дизайн, наука, образование в контексте инклюзии: Сборник научных трудов. Часть 2. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2018. – 244 с., с. 174-178.
63. Леденева И.Н., Сергеева Ю.М., **Белицкая О.А.** Предпосылки разработки метода 3d-принтирования для повышения эксплуатационных характеристик войлочной обуви // Технологии, дизайн, наука, образование в контексте инклюзии: Сборник научных трудов. Часть 1. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2018. – 253 с., с. 84-87.
64. Карасева А.И., **Белицкая О.А.** Рыбьи кожи. Невостребованная экзотика российской кожевенной промышленности // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2018): сборник материалов Международной научно-технической конференции. Часть 1. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2018. – 257 с., с.171-175.
65. **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.
66. **Белицкая О.А.**, Сироткина О.В. Особенности параметров ESD-защиты антистатической обуви согласно нормативно-технической документации // Сборник статей «Современные тенденции развития науки, образования»: М.: Импульс, 2018. – 375 с., с. 257-261.
67. Зелинская В.А., **Белицкая О.А.** Анализ конструкций и технологий изготовления рабочей обуви различного назначения // Технологии, дизайн, наука, образование в контексте инклюзии: Сборник научных трудов. Часть 1. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2018. – 253 с., с. 141-145.
68. Портянко Г.В., **Белицкая О.А.** Исследование современного рынка материалов, используемых для обуви специального назначения // Технологии, дизайн, наука, образование в контексте инклюзии: Сборник научных трудов. Часть 2. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2018. – 244 с., с. 107-112.
69. Куричина А.С., **Белицкая О.А.** Анализ альтернатив и выбор стратегии создания интерактивного пособия «Ассортимент экзотических кож в производстве обуви и кожгалантерейных изделий» // Технологии, дизайн, наука, образование в контексте инклюзии: Сборник научных трудов. Часть 1. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2018. – 253 с., с. 126-132.
70. **Белицкая О.А.**, Карасева А.И. Шкуры млекопитающих – как экзотический вид кожи // Сборник научных трудов «Эргодизайн как инновационная технология проектирования изделий и

предметно-пространственной среды: инклюзивный аспект», Часть 1. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2019. – 167 с., с. 109-112.

71. Синева О.В., Костылева В.В., **Белицкая О.А.** О рациональной детской обуви для правильного развития стопы // Сборник научных трудов «Эргодизайн как инновационная технология проектирования изделий и предметно-пространственной среды: инклюзивный аспект», Часть 1. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2019. – 167 с., с. 131-136.

72. Никитин Е.А., Конарева Ю.С., **Белицкая О.А.** Анализ потребительских свойств пушно- мехового полуфабриката для производства изделий легкой промышленности // Сборник научных трудов «Эргодизайн как инновационная технология проектирования изделий и предметно-пространственной среды: инклюзивный аспект», Часть 1. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2019. – 167 с., с. 163-166.

73. Ильясова А.В., **Белицкая О.А.** Анализ видов, конструкций и параметров женских каблуков // 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. 135-137.

74. Орлова О.С., **Белицкая О.А.** Анализ принципов бережливого производства и применения их в различных отраслях легкой промышленности // 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. 148-152.

75. **Белицкая О.А.** Анализ перспективности разработки обуви со специальными защитными свойствами // Сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума «Современные инженерные проблемы в производстве товаров народного потребления» Международного Косыгинского Форума «Современные задачи инженерных наук» (29-30 октября 2019 г.). – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2019. Часть 1. – 223 с., с. 25-29.

76. Косенкова А.В., **Белицкая О.А.** Анализ отличий восточного менталитета в проекции на бизнес-отношения // Сборник научных трудов «Эргодизайн как инновационная технология проектирования изделий и предметно-пространственной среды: инклюзивный аспект», Часть 1. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2019. – 167 с., с. 53-56.

77. 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.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2019. – 169 с. – с. 31-35.

78. 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.

79. **Белицкая О.А.** Сироткина О.В. Антистатическая обувь – как залог безопасности производства // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2020): сборник материалов Международной научно-технической конференции. Часть 1. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2020. – 271 с., с. 154-158.

80. Поленкова П.С., **Белицкая О.А.** Нормативная документация как базовая основа качества материалов при изготовлении обуви, предназначенной для детей и подростков // Концепции, теория, методики фундаментальных и прикладных научных исследований в области инклюзивного дизайна и технологий: сборник научных трудов по итогам Международной научно-практической заочной конференции (25-27 марта 2020 г.). Часть 2. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2020. – 168 с., с. 37-41.

81. Фокина А.А., Соколовский А.Р., Рыкова Е.С., **Белицкая О.А.** Оценка показателей качества обуви специального назначения // Оригинальные исследования. – 2020. – Т. 10. – №. 9. – с. 62-77.

82. Минец В.В., **Белицкая О.А.** Анализ современных методик проектирования пресс-форм в обувной промышленности // Концепции, теория, методики фундаментальных и прикладных научных исследований в области инклюзивного дизайна и технологий: сборник научных трудов по итогам Международной научно-практической заочной конференции (25-27 марта 2020 г.). Часть 3. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2020. – 170 с., с. 133-137.

83. Минец В.В., **Белицкая О.А.** Исследования свойств материалов для изготовления экспресс-форм в легкой промышленности // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2020): сборник материалов Международной научно-технической конференции. Часть 1. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2020. – 271 с., с. 200-203.

84. Минец В.В., **Белицкая О.А.** 3D-технологии и проектирование экспресс-форм в современном дизайне обуви // Концепции в современном дизайне: Сборник материалов II Всероссийской научной онлайн-конференции с международным участием. Выпуск 2. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2020. – 330 с., с. 167-171.
85. Ильясова А.В., **Белицкая О.А.** Исследование современного рынка пластиков, используемых для 3D-печати // Концепции, теория, методики фундаментальных и прикладных научных исследований в области инклюзивного дизайна и технологий: сборник научных трудов по итогам Международной научно-практической заочной конференции (25-27 марта 2020 г.). Часть 1. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2020. – 170 с., с. 36-41.
86. **Белицкая О.А.** Фокина А.А. Изучение трибоэлектрических свойств материалов для верха специальной обуви // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2020): сборник материалов Международной научно-технической конференции. Часть 1. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2020. – 271 с., с. 126-129.
87. Сироткина О.В., **Белицкая О.А.** Разработка методики оценки антистатической безопасности специальной обуви // Конкурс научно-исследовательских работ, Москва, 08-11 декабря 2020 года. – Москва: Ассоциация разработчиков, изготовителей и поставщиков средств индивидуальной защиты, 2020. – с. 107-109.
88. **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.
89. Орлова О.С., **Белицкая О.А.** Анализ и создание матричной базы ассортимента обувного предприятия // Концепции, теория, методики фундаментальных и прикладных научных исследований в области инклюзивного дизайна и технологий: сборник научных трудов по итогам Международной научно-практической заочной конференции (25-27 марта 2020 г.). Часть 2. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2020. – 168 с., с. 85-90.
90. Косенкова А.В., **Белицкая О.А.** Анализ возможных рисков при размещении заказов в странах Юго-Восточной Азии // Концепции, теория, методики фундаментальных и прикладных научных исследований в области инклюзивного дизайна и технологий: сборник научных трудов по итогам Международной научно-практической заочной конференции (25-27 марта 2020 г.). Часть 3. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2020. – 170 с., с. 66-70.
91. **Belitskaya O.A.**, Fokina A.A., Rykova E.S., Panferova E.G. Testing the Electrical Resistance of Materials for Protective Footwear Production // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: International Science and Technology Conference (FarEastCon 2020) 6th-9th October 2020, Russky Island, Russia, Vladivostok, 28 января 2021 года. Vol. 1079. – Vladivostok: IOP Publishing, 2021. – P. 052-067. – DOI 10.1088/1757-899X/1079/5/052067.
92. Мендалиева Ф.А., **Белицкая О.А.** Анализ современных способов графической интерпретации результатов исследований // Анализ современных способов графической интерпретации результатов исследований // Фундаментальные и прикладные научные исследования в области инклюзивного дизайна и технологий: опыт, практика и перспективы / Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции (24 – 26 марта 2021 г.). Часть 2. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2021. – 215 с., с. 150-155.
93. Мендалиева Ф.А., **Белицкая О.А.** Применение программного продукта ORIGIN для графической визуализации результатов исследований в обувной промышленности // Инновационное развитие техники и технологий в промышленности: сборник материалов Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием. Часть 1. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2021. – 328 с., с. 183-185.
94. Конарева Ю.С., Максимова И.А., **Белицкая О.А.** О применении технологий 3D-печати в сумках // Сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума «Современные инженерные проблемы в производстве товаров народного потребления» III Международного Косыгинского Форума «Современные задачи инженерных наук» (20-21 октября 2021 года). - М.: «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2021. – 327 с., с. 129-133.
95. Рыкова Е.С., Фокина А.А., **Белицкая О.А.**, Созинова У.С. Анализ дефектов и оценка качества специальной обуви //Актуальные проблемы экспертизы, технического регулирования и подтверждения соответствия продукции текстильной и легкой промышленности: Сборник трудов по итогам работы Круглого стола с международным участием. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2021. – 115 с., с. 79-83.

96. Поленкова П.С., **Белицкая О.А.** Апробация методики измерения напряженности электростатического поля по ГОСТ 32995-2014 на примере материалов, используемых для заготовки верха обуви // *Фундаментальные и прикладные научные исследования в области инклюзивного дизайна и технологий: опыт, практика и перспективы / Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции (24 – 26 марта 2021 г.). Часть 2.* – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2021. – 215 с., с. 178-182.

97. Липилина В.А., Конарева Ю.С., **Белицкая О.А.** Фигурные вырезы как способ декорирования изделий из кожи // В сборнике: *Инновации и технологии к развитию теории современной моды, «Мода (Материалы. Одежда. Дизайн. Аксессуары)», посвящённая Фёдору Максимовичу Пармону.* Сборник материалов II Международной научно-практической конференции. Москва, 2022., с. 439-442.

98. **Белицкая О.А.**, Костылева В.В. Установление корреляционных зависимостей антистатических показателей материалов для производства обуви специального назначения // *Промышленные процессы и технологии.* – 2022. – Т. 2, № 3. – С. 47-56. – DOI 10.37816/2713-0789-2022-2-3(5)-47-56.

99. Мендалиева Ф.А., **Белицкая О.А.** Практическое применение программного пакета ORIGIN для представления результатов исследования антистатических показателей обуви // *Фундаментальные и прикладные научные исследования в области инклюзивного дизайна и технологий: опыт, практика и перспективы / Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции (23 – 25 марта 2022 г.). Часть 2.* – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2022. – 239 с., с. 180-185.

100. **Белицкая О.А.**, Хамов И.В. Практическое применение программного комплекса ANSYS для моделирования электростатических полей вокруг человека // *Фундаментальные и прикладные научные исследования в области инклюзивного дизайна и технологий: опыт, практика и перспективы / Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции (23 – 25 марта 2022 г.). Часть 2.* – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2022. – 239 с., с. 91-96.

101. Курпитко К.Е., Конарева Ю.С., **Белицкая О.А.** Фермуары и их возвращение в моду // *Фундаментальные и прикладные научные исследования в области инклюзивного дизайна и технологий: опыт, практика и перспективы / Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции (23 – 25 марта 2022 г.). Часть 2.* – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2022. – 239 с., с. 99-104.

102. Игнатова К.Л., **Белицкая О.А.** Биологическое воздействия электростатических полей на здоровье человека // *Фундаментальные и прикладные научные исследования в области инклюзивного дизайна и технологий: опыт, практика и перспективы / Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции (23 – 25 марта 2022 г.). Часть 1.* – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2022. – 244 с., с. 193-197.

103. Кудинкина И.К., **Белицкая О.А.** Применение технологии 3D-печати multi jet modeling при изготовлении фурнитуры коллекции кожаных сумок и аксессуаров // *Мотивы культурных традиций и народных промыслов в коллекциях современной одежды, обуви и аксессуаров / Сборник научных трудов I Международной научно-практической конференции (7 ноября 2023 г.).* – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2023. – 217 с., с. 75-80.

104. **Белицкая О.А.**, Кочетков Н.С., Фокина А.А. Применение металлизированной каракульчи при разработке коллекции обуви // *Инновационные технологии: кожа, мех, химические материалы, производство / Сборник научных трудов I Международной научно-практической конференции, посвященной памяти выдающегося советского ученого Чернова Н.В. (25 – 27 ноября 2023 г.).* – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2023. – 156 с., с. 42-47.

105. **Белицкая О.А.**, Хамов И.В. Целесообразность применения модели «антистатическая обувь-антистатический пол» на предприятиях и нормативно-правовое регулирование антистатических напольных покрытий в РФ // *Фундаментальные и прикладные научные исследования в области инклюзивного дизайна и технологий: опыт, практика и перспективы / Сборник научных трудов IX Международной научно-практической конференции (25 – 27 марта 2023 г.). Часть 2.* – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2023. – 321 с., с. 146-151.

106. Игнатова К.Л., **Белицкая О.А.** Исследование показателей напряженности ЭСП системы «человек – обувь – напольное покрытие» в зависимости от материалов обуви и вида напольного покрытия // *Фундаментальные и прикладные научные исследования в области инклюзивного дизайна и технологий: опыт, практика и перспективы / Сборник научных трудов IX Международной научно-практической конференции (25 – 27 марта 2023 г.). Часть 2.* – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2023. – 321 с., с. 53-58.

107. Игнатова К.Л., **Белицкая О.А.**, Фокина А.А. Исследование антистатических свойств повседневной обуви на различных напольных покрытиях // Инновационные технологии: кожа, мех, химические материалы, производство / Сборник научных трудов I Международной научно-практической конференции, посвященной памяти выдающегося советского ученого Чернова Н.В. (25 – 27 ноября 2023 г.). – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2023. – 156 с., с. 48-51.
108. **Белицкая О.А.** Роль антистатической обуви при контроле статического электричества на производстве электроники // Исследования ВКР – в практику профессиональной жизни: Сборник материалов III Международной научно-практической межвузовской конференции. Часть 1. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2023. – 244 с., с. 23-26.
109. Ивахников А.М., **Белицкая О.А.** Анализ рынка антистатической обуви // Фундаментальные и прикладные научные исследования в области инклюзивного дизайна и технологий: опыт, практика и перспективы / Сборник научных трудов IX Международной научно-практической конференции (25 – 27 марта 2023 г.). Часть 1. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2023. – 316 с., с. 224-228.
110. Ивахников А.М. **Белицкая О.А.** Разработка базы данных антистатических свойств обуви и интеграция в 1С: актуальность и основные принципы // Фундаментальные и прикладные научные исследования в области инклюзивного дизайна и технологий: опыт, практика и перспективы / Сборник научных трудов X Международной научно-практической конференции (25 – 27 марта 2024 г.). Часть 2. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2024. – 391 с., с. 67-70.
111. Игнатова К.Л., **Белицкая О.А.** О возможности разработки конструкции антистатической обуви с ионизирующим эффектом // Фундаментальные и прикладные научные исследования в области инклюзивного дизайна и технологий: опыт, практика и перспективы / Сборник научных трудов X Международной научно-практической конференции (25 – 27 марта 2024 г.). Часть 1. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2024. – 393 с., с. 219-223.
112. **Белицкая О.А.**, Шестакова А.В. Возможности применения ТПУ-пластика при 3D-печати деталей обуви // Сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума «Современные инженерные проблемы в производстве товаров народного потребления» IV Международного Косыгинского Форума «Проблемы инженерных наук: формирование технологического суверенитета», часть 1 (20-22 февраля 2024 года). - М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2024. – 302 с., с. 98-101.
113. **Белицкая О.А.**, Фокина А.А. Международная правовая система электростатической безопасности на производстве: антистатическая обувь и напольные покрытия // Сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума «Современные инженерные проблемы в производстве товаров народного потребления» IV Международного Косыгинского Форума «Проблемы инженерных наук: формирование технологического суверенитета», часть 1 (20-22 февраля 2024 года). - М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2024. – 302 с., с. 165-170.

#### Учебники, учебные пособия

114. **Белицкая О.А.**, Сироткина О.В. Современные представления о материалах, конструкциях и технологиях изготовления специальной обуви различного назначения: Учебное пособие – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2020. – 152 с.
115. Минец В.В., **Белицкая О.А.** Совершенствование технологии разработки пресс-форм для производства изделий из кожи: Учебное пособие. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2021. – 96 с.
116. **Белицкая О.А.** Независимый цикл получения изделий с помощью 3D-печати: Учебное пособие – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2024. – 3,9 МБ
117. **Белицкая О.А.** Международные системы качества и безопасности товаров: Учебное пособие – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2024. – 161 с.
118. Конарева Ю.С., **Белицкая О.А.** Теоретические основы управления качеством изделий легкой промышленности: Учебное пособие – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2018 – 96 с.
119. Леденева И.Н., **Белицкая О.А.** Технологии 3D-печати: принципы, возможности, перспективы: Учебное пособие – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2019. – 161 с.

БЕЛИЦКАЯ ОЛЬГА АЛЕКСАНДРОВНА

АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени  
доктора технических наук

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ СПЕЦИАЛЬНОЙ  
АНТИСТАТИЧЕСКОЙ ОБУВИ И МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ЕЕ СВОЙСТВ

Усл.-печ. 2 п.л. Тираж 100 экз. Заказ №

Редакционно-издательский отдел  
ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина»  
119071, г. Москва, ул. Малая Калужская, д. 1.  
Отпечатано в РИО ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина»