

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 685.34.017

**БОРОЗНА  
ВИЛИЯ ДМИТРИЕВНА**

**ОЦЕНКА СВОЙСТВ ИСКУССТВЕННЫХ КОЖ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ И  
ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБУВИ**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук  
по специальности 05.19.01 – «Материаловедение производств текстильной и  
легкой промышленности (технические науки)»

Витебск, 2019

Научная работа выполнена в УО «Витебский государственный технологический университет»

Научный руководитель	<b>Буркин Александр Николаевич</b> , доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технического регулирования и товароведения учреждения образования «Витебский государственный технологический университет»;
Официальные оппоненты	<b>Шустов Юрий Степанович</b> , доктор технических наук, профессор, действительный член Российской и Международной инженерной академии, заведующий кафедрой материаловедения и товарной экспертизы Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)»;
Оппонирующая организация	<b>Ясинская Наталья Николаевна</b> , кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой экологии и химических технологий учреждения образования «Витебский государственный технологический университет».
	Научно-исследовательское республиканское унитарное предприятие «Центр научных исследований лёгкой промышленности», г. Минск, Республика Беларусь.

Защита состоится 22 октября 2019 г. в 10.00 на заседании совета по защите диссертаций К 02.11.01 в учреждении образования «Витебский государственный технологический университет» по адресу:  
210038, г. Витебск, Московский проспект, 72.  
E-mail: [vstu@vitebsk.by](mailto:vstu@vitebsk.by)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Витебский государственный технологический университет».  
Автореферат разослан 20 сентября 2019 г.

Ученый секретарь совета  
по защите диссертаций,  
кандидат технических наук, доцент

\_\_\_\_\_ Г. В. Казарновская

## ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе экономического развития, характеризующемся ростом требований потребителей и глобализацией рынков, первостепенное значение приобретает решение задач повышения качества и конкурентоспособности продукции. Одно из главных направлений государственной программы «Комплекс мер на 2016-2020 годы по стимулированию внедрения в экономику страны передовых методик и современных международных систем управления качеством» является совершенствование подходов к разработке и производству качественной и конкурентоспособной продукции. В соответствии со Стратегией «Наука и технологии 2018-2040», одобренной II Съездом ученых Республики Беларусь, перспективным направлением утверждено расширение производства композиционных материалов с заданными функциональными свойствами. Решение этих задач требует разработки научно-обоснованных требований и методик, позволяющих оценивать технологические и эксплуатационные свойства композиционных материалов, в том числе и искусственных кож (ИК) для верха обуви, как специфический класс слоистых композиционных материалов на основе природных и синтетических полимеров.

К 2020 г. в Республике Беларусь планируется увеличить объем обуви с верхом из ИК на 2–3 млн пар в год, что составит 15–20 % в общем объеме выпуска обуви. Однако выбор ИК для наружных деталей верха обуви продолжает оставаться сложной задачей даже для белорусских лидеров обувного производства (ООО «Управляющая компания холдинга «Белорусская кожевенно-обувная компания «Марко», СООО «Белвест» и др.), поскольку отечественная промышленность их не производит, а применение современных импортных материалов сдерживается недостатком научно верифицируемых сведений о технологии их изготовления (составляет ноу-хау), структуре, технологических и эксплуатационных свойствах. Кроме того, существующий подход к оценке свойств ИК на этапе входного контроля не учитывает конструктивные особенности производимой обуви, технологические и эксплуатационные воздействия, что к снижению качества выпускаемой продукции.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Связь работы с научными программами (проектами), темами.** Тема исследования соответствует Приоритетным направлениям научно-технической деятельности на 2011–2015 гг. «Производство продукции лёгкой промышленности» и Приоритетным направлениям научно-технической деятельности в Республике Беларусь на 2016–2020 годы по пункту 3 «Новые многофункциональные материалы, специальные материалы с заданными свойствами» (Указ Президента Республики Беларусь от 22 апреля 2015 г. № 166), а также Приоритетным направлениям научных исследований в Республике Беларусь по пункту 8 «Многофункциональные материалы и технологии» (Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 12 марта 2015 г. № 190).

Диссертационная работа выполнена в соответствии с темами научно-исследовательской работы кафедры «Техническое регулирование и товароведение» УО «ВГТУ» ВПД 078 «Оценка свойств материалов и изделий легкой и текстильной промышленности» (ГР № 20120313, 2013–2015 г.), ВПД 006 «Инновационные технологии применения современных материалов при изготовлении изделий легкой промышленности и методы оценки их эксплуатационных свойств» (ГР № 20172055, 2016 г. – по настоящее время), в рамках ГПНИ «Физическое материаловедение, новые материалы и технологии» по заданию 6.29 «Теоретические и экспериментальные методы оценки и прогнозирования свойств ИК» (ГР № 20163068, 03.01.2016 г. – 31.12.2018 г.), по студенческому гранту Министерства образования Республики Беларусь № 303 «Разработка устройства к разрывной машине для исследования формовочных свойств материалов» (ГР № 20130514, 03.01.2013 г. – 31.12.2013 г.) и аспирантскому гранту Министерства образования Республики Беларусь № 345 «Влияние низких температур на изменение структуры и свойств ИК при эксплуатации обуви» (ГР № 20180643, 01.01.2018 г. – 29.12.2018 г.)

**Цель и задачи исследования.** Целью диссертационной работы является совершенствование известных и разработка новых методов и средств оценки современных обувных ИК на основе исследования их структуры, технологических и эксплуатационных свойств.

В соответствии с указанной целью в работе решались следующие основные задачи:

- разработать методику исследования технологических свойств обувных ИК;
- разработать методику исследования эксплуатационных свойств ИК в широком диапазоне температур;
- исследовать структуру, сырьевой состав, физико-механические и эксплуатационные свойства обувных ИК;
- исследовать влияние эксплуатационных воздействий на структуру и свойства обувных ИК;
- провести прогнозирование эксплуатационных свойств ИК при носке обуви;
- разработать практические рекомендации по применению современных ИК с различной структурой для заготовок верха обуви с учетом их технологических и эксплуатационных свойств;
- апробировать результаты исследования на этапе подготовки производства обуви с верхом из ИК.

**Научная новизна** работы состоит в разработке нового подхода к оценке качества ИК для верха обуви при её производстве и носке, позволяющего оценить целесообразность их применения и прогнозировать эксплуатационные свойства материалов в изделии:

- предложена оценка технологических и эксплуатационных свойств обуви с верхом из ИК на основе метода последовательных уступок, состоящая в оценке

пригодности ИК с учетом технологических и эксплуатационных воздействий, позволяющая прогнозировать свойства материалов при её производстве и носке;

- разработана методика получения комплексного показателя технологических свойств ИК и средства, позволяющие оценить технологическую пригодность материалов на этапе входного контроля;

- разработана методика получения комплексного показателя эксплуатационных свойств ИК, позволяющая прогнозировать поведение материала при носке обуви в различных климатических условиях;

- рассчитаны напряжения, возникающие в материале при носке обуви, моделирование которых позволит приблизить лабораторные испытания на многоцикловое нагружение к реальным условиям их эксплуатации в изделии;

- получены математические зависимости формоустойчивости материалов от количества циклов нагружения, позволяющие прогнозировать их свойства в процессе носки обуви на основе проведения кратковременных испытаний с базой от 5 тыс. до 10 тыс. циклов.

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

- комплексный показатель технологической пригодности ИК, методика и средства его оценки при одноосном и двухосном растяжении, позволяющие повысить эффективность входного контроля качества материалов при постановке обуви на производство;

- комплексный показатель эксплуатационной пригодности, оценивающий эксплуатационные свойства обувных ИК в диапазоне температур от  $-40$  до  $+150$  °С и относительной влажности воздуха от 20 % до 98 %, методика и средства его оценки, позволяющие учитывать различные условия носки обуви за счет изменения интенсивности и параметров деформирования проб при испытаниях;

- методический подход к оценке целесообразности применения ИК для производства верха обуви, основанный на методе последовательных уступок, позволивший разработать рекомендации по практическому применению современных ИК с различной структурой с учетом технологической и эксплуатационной пригодности;

- математические зависимости формоустойчивости материалов от количества циклов нагружения, параметры которых определяются по результатам кратковременных испытаний с базой в 5000–10000 циклов, позволяющие прогнозировать эксплуатационные свойства обувных ИК в готовом изделии.

#### **Личный вклад соискателя учёной степени.**

Соискателем лично:

- выполнен анализ методов и средств оценки технологических и эксплуатационных свойств ИК обувного назначения [8, 9, 20, 21];

- получены данные о структуре, показателях физико-механических и эксплуатационных свойств современных обувных ИК [1, 3, 14, 15, 17, 26, 29];

- предложен критерий пригодности ИК для изготовления и последующей эксплуатации готового изделия из них [2, 16, 28, 30];

- разработана методика получения комплексного показателя технологических свойств ИК и средства, позволяющие оценить технологическую пригодность материалов на этапе входного контроля [5, 24];

– разработана методика получения комплексного показателя эксплуатационных свойств ИК в широком диапазоне температур и относительной влажности воздуха, позволяющая прогнозировать поведение материала при носке обуви в различных климатических условиях [4, 23, 27, 31];

– получена комплексная оценка технологических и эксплуатационных свойств ИК по разработанным методикам и проведен анализ экспериментальных результатов [6, 10–12, 18];

– выполнены оценка и прогнозирование циклической формоустойчивости ИК по результатам кратковременных испытаний.

В соавторстве с А.Н. Буркиным, О.А. Петровой-Буркиной, А.П. Дмитриевым, Ю.М. Кукушкиной, В.А. Окуневич разработано и запатентовано устройство к разрывной машине для испытания на растяжение образца материала верха обуви [33]. Совместно с Е.В. Бондаревой, Д.К. Панкевич, Ю.М. Кукушкиной, А.Н. Буркиным разработано и запатентовано приспособление для крепления образцов ИК в процессе исследования эксплуатационных характеристик [32]. Также совместно с А.Н. Буркиным, О.А. Петровой-Буркиной, А.Н. Молочко разработано и запатентовано устройство к разрывной машине для оценки свойств материалов верха обуви сферическим растяжением [34].

Вклад соавторов совместных публикаций по теме диссертации состоял в обсуждении полученных результатов. Автор принимала непосредственное участие в интерпретации экспериментальных данных и подготовке научных публикаций, патентовании разработок.

**Апробация результатов диссертации и информация об использовании её результатов.** Основные результаты диссертационной работы доложены и опубликованы в материалах и тезисах докладов международных и республиканских научно-технических и научно-практических конференций и форумов: «Теоретические знания – в практические дела» (Омск, 2012); «Новые функциональные материалы, современные технологии и методы исследования» (Гомель, 2012, 2016, 2018); «Поликомтриб» (Гомель, 2013, 2015, 2017); «Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности (Прогресс – 2013)» (Иваново, 2013); «Perspektywiczne pracobniansa nauka I technikami – 2013» (Przemysl, 2013); «Памяти В.А. Фукина посвящается» (Москва, 2014); «Техническое регулирование: базовая основа качества материалов, товаров и услуг» (Шахты, 2014); «Education and science in the XXI century» (Витебск, 2016, 2017); XXI международный научно-практический форум «Smartex» (Иваново, 2018); на заседаниях кафедры «Техническое регулирование и товароведение» УО «ВГТУ» и МНТК преподавателей и студентов УО «ВГТУ» (Витебск, 2012 – 2018).

Основные результаты исследования, изложенные и обобщенные в публикациях, используются в производстве обуви на предприятии ОАО «Красный Октябрь» (г. Витебск), а также в учебном процессе УО «ВГТУ» при изучении дисциплин «Материаловедение», «Материаловедение и технология непродовольственных товаров», «Технология производств легкой промышленности» и выполнении курсовых и дипломных работ студентами, изучающими данные дисциплины.

**Опубликование результатов диссертации.** По материалам диссертации опубликовано 34 работы, в том числе 8 статей в научных рецензируемых журналах в соответствии с перечнем ВАК РБ и ВАК РФ (из них 4 статьи по заявленной специальности), 4 статьи в сборниках научных трудов, 11 – в материалах конференций (Беларусь, Россия, Польша), 9 – в сборниках тезисов докладов конференций, 1 патент Республики Беларусь на изобретение, 2 патента Республики Беларусь на полезную модель. Общий объём опубликованных материалов составляет 7,84 авторских листов; в том числе объём публикаций, соответствующих п. 18 Положения о присуждении учёных степеней и присвоении учёных званий в Республике Беларусь, составляет 3,70 авторских листа.

**Структура и объём диссертации.** Диссертация содержит введение, общую характеристику работы, четыре главы, заключение, библиографический список и приложения. Работа изложена на 217 страницах, включает 46 рисунков, 26 таблиц, 27 формул и 12 приложений (70 страниц). В работе использовано 119 библиографических источников.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

**Во введении** обоснована актуальность диссертационной работы, приведена общая характеристика работы, сформулированы цель и задачи исследования, отражена научная новизна и положения, которые выносятся на защиту.

**В первой главе** проведен аналитический обзор публикаций по вопросам ассортимента, свойств, методов и средств оценки ИК, применяемых для производства обуви.

Анализ литературных источников показал, что большинство научных работ в области материаловедения посвящены исследованию физико-механических свойств ИК и лишь небольшое количество работ связаны с совершенствованием методов и средств оценки технологических свойств ИК. Установлено, что имеющиеся методики и средства оценки технологических свойств не позволяют получить полноценные оценочные суждения пригодности ИК в технологическом процессе. Проведённые испытания не учитывают воздействия, возникающих при носке обуви, а значит не позволяют прогнозировать поведение ИК в процессе эксплуатации обувных изделий [8]. На основе проведенного анализа определены основные направления, цель и задачи диссертационной работы.

**Вторая глава** посвящена разработке методического подхода к оценке технологических и эксплуатационных свойств ИК при входном контроле на предприятии, а также средств его реализации.

Автором разработана методика и средства исследования технологических свойств ИК при одноосном и двухосном растяжении, позволяющие оценить технологическую пригодность ИК, а также разработана методика и испытательный комплекс для исследования эксплуатационных свойств ИК. Данные методики направлены на получение комплексного показателя оценки технологических и эксплуатационных свойств ИК по последовательно применяемым критериям. Схема оценки свойств ИК на этапе входного контроля представлена на рисунке 1.

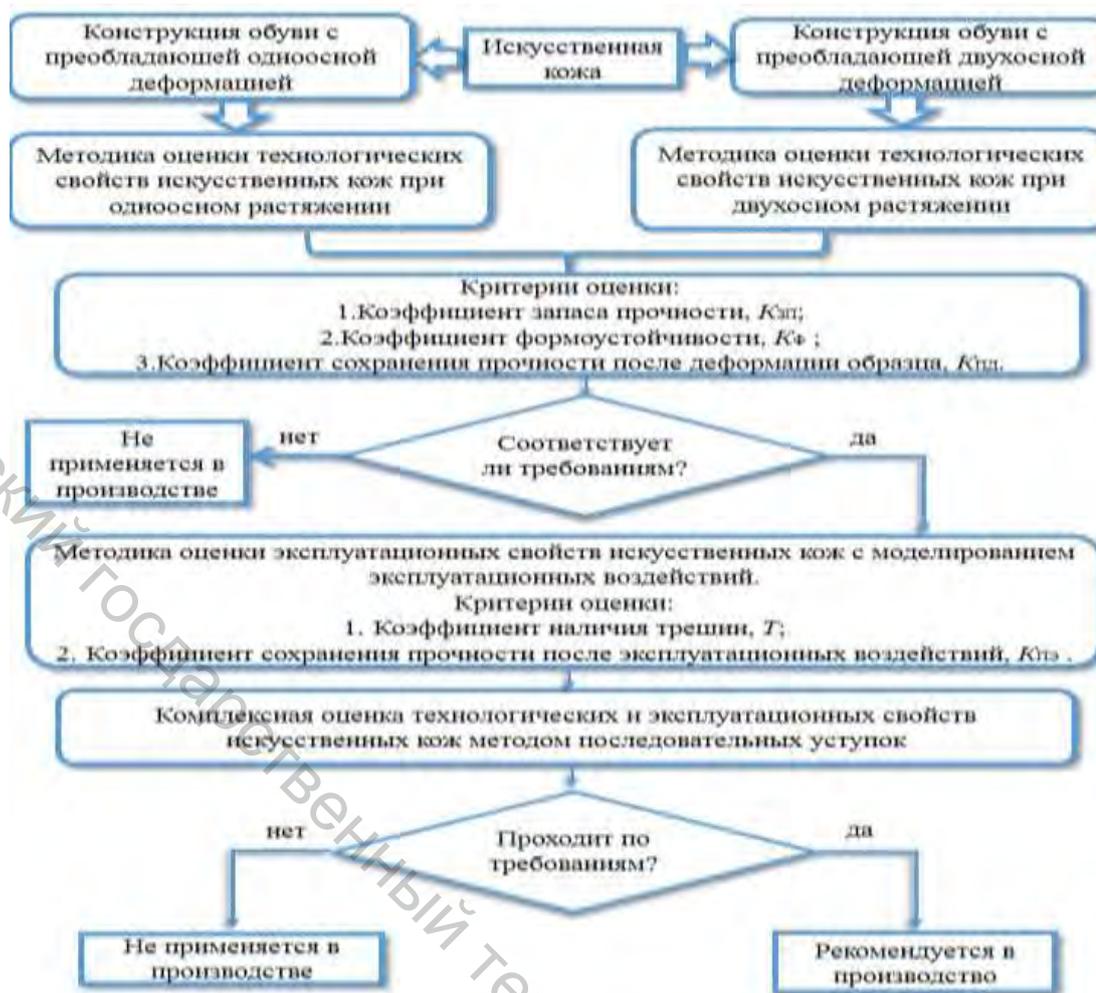


Рисунок 1 – Схема оценки свойств ИК на этапе входного контроля

Выполнение показанных на схеме этапов методического подхода к оценке технологических и эксплуатационных свойств обувных ИК начинают с определения конструкции и способа формования заготовки верха обуви. При формовании заготовки верха в ней преобладает или одноосная, или двухосная деформация. Исходя из вида преобладающей деформации, выбирают методику оценки технологических свойств материалов одноосным либо двухосным растяжением.

Для определения способности материалов к формованию рассчитывают коэффициенты запаса прочности и формоустойчивости, а также коэффициент сохранения прочности после деформации образца:  $K_{зп} \geq 1,5 \cdot \varepsilon_p$ ;  $K_{ф} = \varepsilon_{ост} / \varepsilon_{общ}$ ;  $K_{пд} = P / P_k$ , где  $\varepsilon_p$  – относительное удлинение при разрыве (%),  $\varepsilon_{общ}$  – заданная относительная деформация при формовании (%),  $\varepsilon_{ост}$  – относительная остаточная деформация (%),  $P$  – разрывная нагрузка образца после его предварительного деформирования на заданную величину (Н);  $P_k$  – разрывная нагрузка контрольного образца, не подверженного предварительному деформированию (Н).

Коэффициент  $K'_{зп}$  принимает значение равное 1 или 0 исходя из следующих соображений: при формовании заготовки верха деформация должна

быть в 1,5–2 раза больше, чем требуется для посадки заготовки на колодку обуви. Поэтому за минимальное значение деформации материала должно составлять 23% для обуви внутреннего способа формования. В связи с этим коэффициент  $K_{зп}$  принимает значение равное 1, если  $K_{зп} \geq 23 \%$  или 0, если  $K_{зп} < 23 \%$  [1, 6].

Коэффициент запаса прочности позволит на стадии подготовки производства оценить способность материала выдерживать предельную величину деформирования в процессе формования без разрушения материала. Коэффициент формоустойчивости позволяет установить способность выбранного материала сохранять приданную форму в изделии. Коэффициент сохранения прочности характеризует степень изменения прочностных свойств материалов после формования.

Определение коэффициента сохранения прочности при двухосном растяжении проводят на запатентованных устройствах. Универсальное устройство к разрывной машине для оценки деформационных свойств материалов при двухосном растяжении разработано в целях исследования релаксационных процессов в материалах, а устройство к разрывной машине для оценки свойств материалов верха обуви сферическим растяжением разработано для проведения исследований на предприятиях [33, 34].

Указанные коэффициенты позволяют определить способность материалов при деформировании принимать и сохранять заданную форму без потери прочности могут быть интерпретированы как критерии оценки их технологических свойств.

Комплексный показатель технологической пригодности  $K_T$  материалов рассчитывается как среднее геометрическое значений коэффициентов:

$$K_T = \sqrt[3]{K'_{зп} \circ K'_ф \circ K'_{пд}} \quad (1)$$

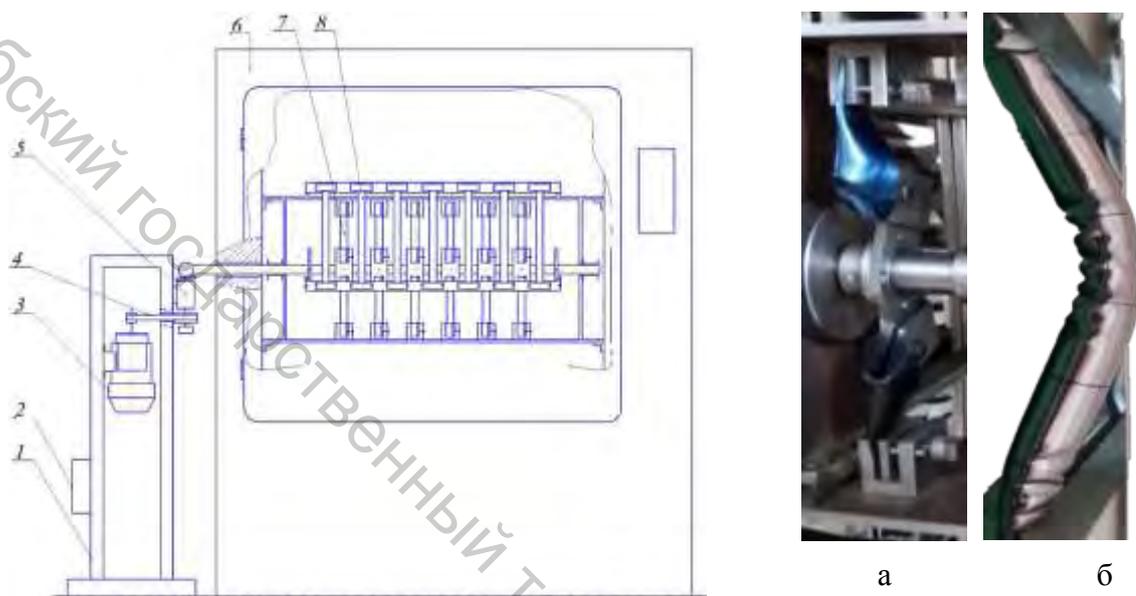
Для анализа результатов полученные значения комплексного показателя технологической пригодности сопоставляем с безразмерной шкалой оценки: 0,00–0,63 – «плохо»; 0,63–0,80 – «удовлетворительно» и 0,80–1,00 – «хорошо», основываясь на данных, опубликованных ранее в работах А.Н. Буркина.

Для оценки эксплуатационных свойств ИК разработана методика исследования их образцов в диапазоне температур от  $-40$  °С до  $+150$  °С и относительной влажности воздуха от 20 % до 98 %. Режимы испытания выбираются в соответствии с нормативной документацией на материал или в зависимости от цели исследований (например, температурный режим в том или ином регионе). Для реализации методики спроектирован и изготовлен испытательный комплекс, включающий два флексометра, привод и климатическую камеру УТН-408-40-1Р. Схема испытательного комплекса представлена на рисунке 2.

Интенсивность нагружения образцов ИК выбирают в зависимости от механических воздействий стопы на материалы верха обуви.

Методика исследования эксплуатационных свойств обувных ИК позволяет:

- проводить длительные исследования материалов при заданной температуре и влажности, что обеспечивает моделирование температурно-влажностных воздействий окружающей среды;
- уменьшить время проведения испытаний за счет изменения интенсивности нагружения, а также моделировать механические воздействия на материал обуви (например, ходьба или бег);
- изменять угол нагружения и тем самым моделировать различные механические нагрузки, возникающие при эксплуатации обуви.



1 – корпус привода; 2 – блок управления; 3 – электродвигатель; 4 – клиноременная передача; 5 – редуктор; 6 – климатическая камера УТН-408-40-1Р; 7 – образец «бегущая складка»; 8 – образец «трубочка»; а – фото образца «бегущая складка» в зажимах флексометра; б – фото образца «трубочка»

**Рисунок 2 – Схема испытательного комплекса и фото образцов**

Для моделирования условий носки по методике, разработанной совместно с А.Н. Буркиным, были рассчитаны напряжения, возникающие в начальный период эксплуатации изделия, связанные с приформовыванием верха и последующей ноской. Расчетные значения напряжений для исследуемых материалов находятся в пределах от 1,7 МПа до 3,3 МПа. Моделирование напряжения позволит исследовать эксплуатационные характеристики, основываясь на имитации напряжений в материале эквивалентных тем, которые возникают при носке обуви, а не на биомеханическом принципе нагружения, отличающемся большей неточностью и длительностью испытаний.

Комплексный показатель эксплуатационной пригодности ( $K_3$ ) рассчитывается по формуле

$$K_3 = \sqrt{T \circ K_{ПЭ}}, \quad (2)$$

где  $T$  – коэффициент наличия трещин;  $T = q/q_{баз}$ ;  $q_{баз}$  – значение показателя наличия трещин контрольного образца, принимаемое равным 4, как наилучшее

значение;  $q$  – значение показателя наличия трещин образца;  $K_{ПЭ}$  – коэффициент сохранения прочности после эксплуатационных воздействий,  $K_{ПЭ} = P/P_k$ ,  $P$  – разрывная нагрузка образца после многоциклового нагружения, Н;  $P_k$  – разрывная нагрузка контрольных образцов, Н.

Методика оценки эксплуатационных свойств ИК в широком диапазоне температур позволяет исследовать любые материалы для верха обуви и тем самым способствует улучшению качества производимой продукции [4, 23, 26].

При оценке свойств ИК могут возникнуть трудности с определением их пригодности для использования в производстве и эксплуатации, которые предлагается решать методом последовательных уступок. Задачу оценки пригодности материалов к использованию в производстве можно отнести к лексикографическим задачам оптимизации. Данный класс задач характеризуется набором строго ранжированных по важности параметров оптимизации. Параметры оптимизации равнозначные и безразмерные, но упорядоченность их определяется в эволюционном плане: сначала оценка технологической пригодности, а затем оценка эксплуатационной пригодности. Задача оценки пригодности материала к производству представлена путем оптимизации функции вида:

$$K = f(K_T, K_Э), \quad (3)$$

где  $K$  – критерий пригодности материала в производстве и эксплуатации изделия;  $K_T$  – комплексный показатель технологической пригодности материала;  $K_Э$  – комплексный показатель эксплуатационной пригодности материала.

Критерий  $K$  принимает оптимальное значение, если оба комплексных показателя будут не менее 0,8, однако чаще всего комплексные показатели для ИК имеют меньшие значения. Поэтому для оптимизации критерия предложено сделать уступку в отношении комплексного показателя технологической пригодности материала  $K_T$ , который должен быть не ниже 0,63. Указанный показатель можно повысить в процессе изготовления обуви за счет оптимизации технологических операций формования заготовки верха.

Метод последовательных уступок позволяет судить о технологической и эксплуатационной пригодности материалов в производстве обуви уже на этапе входного контроля.

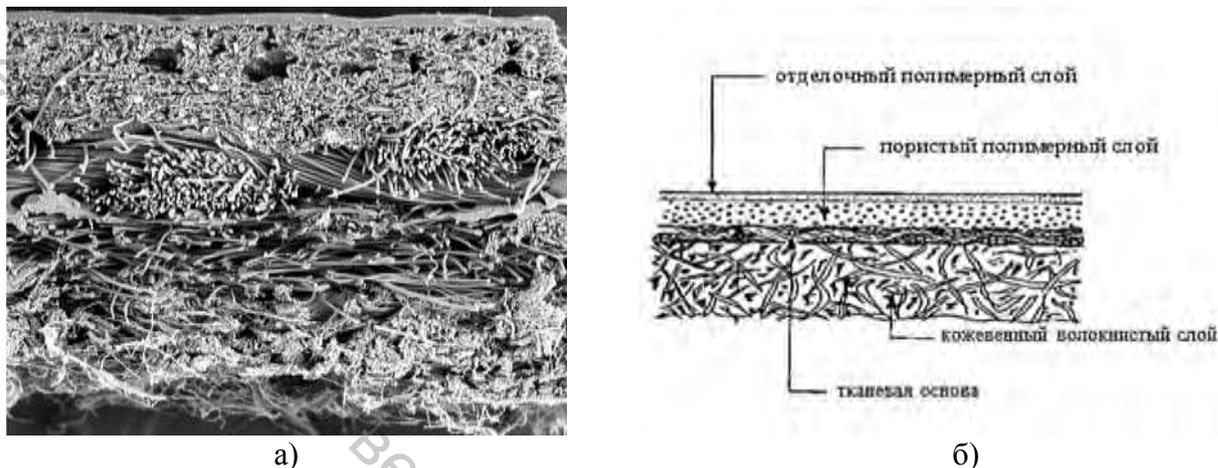
**В третьей главе** проведены исследования структуры ИК, физико-механических и эксплуатационных свойств ИК по стандартным методам испытания и при воздействии низких температур.

Объектом исследования являлись образцы ИК китайского, турецкого и немецкого производства с различными текстильными основами, которые были использованы отечественными обувными предприятиями для изготовления различных видов обуви.

Исследование структуры образцов ИК проводили с помощью сканирующей электронной микроскопии на микроскопе VEGA II LSH с системой энергодисперсионного микроанализа INCA ENERGY 250 ADD с программным обеспечением. Сырьевой состав определяли методом инфракрасной

спектроскопии на приборе Nexus 5700 с Фурье преобразованием и с программным обеспечением OMNIC 7.1.

Исследование структуры и сырьевого состава обувных ИК показал, что материалы имеют различную структуру. Большинство обувных ИК имеют полиуретановое полимерное покрытие с текстильной основой из полиэфирных волокон. На рисунке 3 представлено схематическое изображение и СЭМ-изображение среза ИК «Эко-кожа».



а) СЭМ-изображения среза образца ИК «Эко-кожа»; б) схематическое изображение среза ИК «Эко-кожа».

### Рисунок 3 – Структура искусственной кожи

Толщина всех исследуемых материалов варьируется от 1300 мкм до 1500 мкм, кроме ИК «Эко-кожи», толщина которой составляет 1800 мкм. Пористый слой ИК макропористый с диаметром пор от 20 мкм до 90 мкм с губчатой и корпускулярной структурой. Толщина пористого слоя варьируется в узком диапазоне от 470 мкм до 570 мкм, кроме ИК «Эко-кожа», у которой толщина пористого покрытия составляет 390 мкм [3]. Толщина текстильной основы всех ИК колеблется в пределах от 300 мкм до 460 мкм. Фаза строения тканевой основы ИК изменяется от 4 до 5, что говорит о равномерном распределении нитей основы и утка по опорной поверхности материала.

Исследование физико-механических свойств ИК проводили по ГОСТ 17316-71 «Кожа мягкая искусственная. Метод определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве» с определением дополнительных показателей: поверхностная плотность, предел прочности при растяжении, относительное остаточное удлинение, относительное удлинение при 10 МПа, равномерность по удлинению. В таблице представлены физико-механические свойства обувных ИК полученные одноосным растяжением.

Так как обувные ИК используются в заготовках верха обуви как заменители натуральной кожи, то для анализа физико-механических свойств выбран ГОСТ 939-94 «Кожа для верха обуви. Технические условия». По всем перечисленным выше показателям физико-механических свойств ни одна из исследованных ИК не соответствует полностью требованиям указанного ГОСТа [1].

Таблица – Физико-механические свойства обувных ИК

Артикул ИК	Толщина, мм	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Разрывная нагрузка R, Н		Предел прочности $\sigma$ , МПа		Относительное удлинение при разрыве $\epsilon_r$ , %		Равномерность по удлинению, %	Относительное удлинение при 10 МПа, $\epsilon_1$ , %	
			В	П	В	П	В	П		В	П
NUBUK 231	1,4	624	321	444	11,6	16,1	25	32	72	21	18
NUBUK-517	1,4	603	503	334	18,2	12,2	35	26	66	16	20
NUBUK-605	1,4	559	372	406	13,2	14,5	25	28	92	19	18
Met lack, бордо	1,0	568	279	341	13,3	16,2	30	43	70	104	76
Met lack, т-синий	1,0	465	334	254	16,7	12,7	47	24	51	32	17
Эко-кожа	1,8	784	232	284	6,4	8,0	38	28	82	20	27
Однослойная ИК коричневая, арт. M1042-36	1,6	546	386	372	12,1	11,6	98	137	96	78	97
Однослойная ИК серая, арт. M1042-26	1,6	553	414	436	12,9	13,6	135	114	95	104	76
Двухслойная ИК, арт. Hongxin 11022-16	0,9	435	235	135	13,0	7,5	71	140	57	51	-
Нормируемые значения по ГОСТ 939-94	0,90–1,63 мм	-	-	-	не менее 13–18 МПа		-		не менее 70%	в пределах 20–40 %	

Примечание: растяжение образцов проводилось вдоль (В) и поперёк (П) рулона.

Проведенный анализ структуры и свойств ИК после многоцикловых воздействий при нормальных условиях и при низких температурах позволил сделать следующие выводы:

– при нормальных условиях окружающей среды и при низких температурах (–17 °С) происходит незначительное уменьшение прочностных свойств образцов на 5–11 %;

– относительная меридиональная деформация образцов с полиуретановым покрытием уменьшилась на 3–11 %.

При воздействии многоцикловых нагрузок и низких температур полимерный материал становится более хрупким и менее прочным. Из-за этого при носке обуви с верхом из ИК в зимний период увеличивается вероятность появления трещин или отслаивание полимерного слоя от текстильной основы. Однако это более характерно для ИК с поливинилхлоридным покрытием, чем с полиуретановым. Многоцикловое воздействие на текстильную основу приводит к её разрыхлению и в некоторых случаях к разрушению, что также снижает прочностные свойства материала и уменьшает его меридиональную деформацию.

**Четвертая глава** посвящена исследованию технологической и эксплуатационной пригодности обувных ИК по разработанным методикам, проведено прогнозирование эксплуатационных характеристик материалов.

Анализ полученных значений комплексного показателя  $K$  для исследуемых образцов ИК в продольном направлении при одноосном растяжении показал:

– трехслойные ИК «NUBUK 231», «NUBUK 517» и «NUBUK 605» обладают удовлетворительными технологическими свойствами и недостаточными эксплуатационными свойствами;

– трехслойная ИК «Met lack бордо» имеет более высокие значения показателей технологической и эксплуатационной пригодности, чем ИК «Met lack т-синий», что связано с более высокой степенью проникновения полимерного слоя в текстильную структуру;

– «Однослойная ИК коричневая, арт. М1042-36» и «Однослойная ИК серая, арт. М1042-26», имеющие одинаковую структуру, попадают в градацию качества «удовлетворительно» и могут быть предложены для производства обуви с уточнёнными режимами формования;

– значение коэффициента технологической пригодности ИК «Эко-кожа» и «Двухслойная ИК арт. Hongxin 11022-16» попадает в градацию качества неудовлетворительно, однако данные материалы имеют высокие значения показателя эксплуатационной пригодности и их целесообразно применять в производстве обуви, но требуется уточнение режимов формования верха.

Исследуемые ИК имеют более высокие значения комплексного показателя  $K$ , полученного двухосным растяжением, чем при одноосном растяжении. Это связано с упрочнением структуры ИК при двухосном деформировании. Исследуемые ИК, кроме «NUBUK 517», можно использовать в производстве обуви для заготовок верха с преобладающей двухосной деформацией [6].

Прогнозирование эксплуатационных свойств ИК проводили в зависимости от изменения циклической формоустойчивости, то есть от интенсивности потери формы образцов по суммарной высоте складок. На основании результатов экспериментальных исследований произведена численная оценка параметров эмпирической математической модели для пяти ИК в продольном направлении: «Однослойная ИК коричневая, арт. М1042-36», «Однослойная ИК серая, арт. М1042-26», «Двухслойная ИК арт. Hongxin 11022-16», «Met lack т-синий» и «Эко-кожа». Общий вид математической модели циклической формоустойчивости имеет следующий вид:

$$\Phi_d = \frac{n}{a_0 + a_1 \circ n}, \quad (5)$$

где  $a_0, a_1$  – параметры модели;  $n$  – число циклов нагружения.

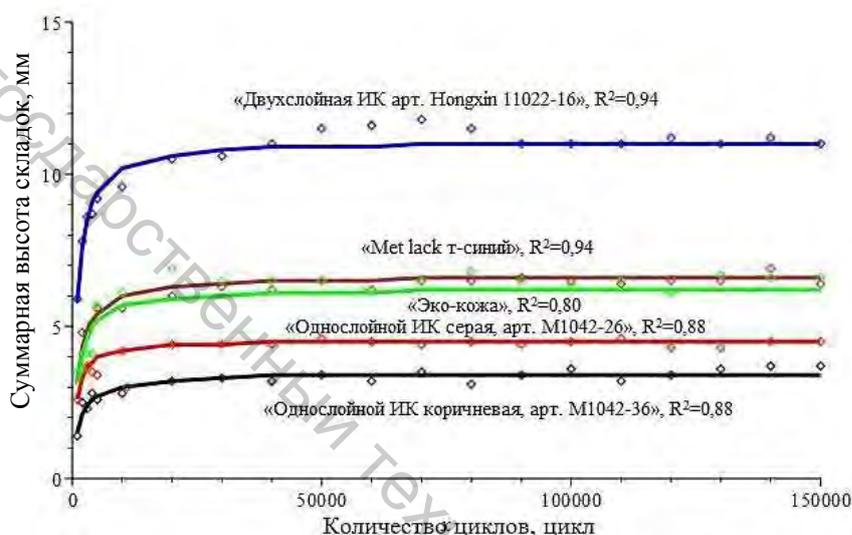
Параметры модели:

$$a_0 = \frac{n_1}{\Phi_1}, a_1 = \frac{1}{\Phi_{кр}}. \quad (6)$$

где  $\Phi_1$  – суммарная высота складок, равная при первом фиксированном числе циклов нагружения, мм;  $\Phi_{кр}$  – критическое значение суммарной высоты складок, мм;  $n_1$  – первое фиксированное число циклов нагружения ( $n=1000$  циклам).

Математические зависимости имеют следующие параметры модели: «Однослойная ИК коричневая, арт. М1042-36»  $a_0 = 389,93$ ,  $a_1 = 0,29$ ; «Однослойная ИК серая, арт. М1042-26»  $a_0 = 160,32$ ,  $a_1 = 0,22$ ; «Двухслойная ИК арт. Hongxin 11022-16»  $a_0 = 81,57$ ,  $a_1 = 0,09$ ; «Met lack т-синий»  $a_0 = 167,74$ ,  $a_1 = 0,15$ ; «Эко-кожа»  $a_0 = 167,78$ ,  $a_1 = 0,16$ .

На рисунке 4 представлены зависимости циклической формоустойчивости от числа циклов нагружения образцов. Проверка адекватности моделей производилась с помощью критерия Фишера при уровне значимости 5 %. Для всех моделей наблюдаемое значение критерия Фишера меньше критического, что указывает на адекватность построенной математической модели результатам эксперимента с доверительной вероятностью 0,95.



**Рисунок 4 – Зависимость циклической формоустойчивости от числа циклов нагружения образцов**

В результате проведенных исследований обоснована возможность прогнозирования циклической формоустойчивости ИК по результатам кратковременных испытаний. В зависимости от структуры ИК необходимо различное количество циклов нагружения. Для ИК, имеющих замшевидную поверхность, достаточно определять циклическую формоустойчивость при 5 тыс. циклов, а с гладкой лицевой поверхностью – 10 тыс. циклов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### Основные научные результаты диссертации

1. Разработаны методики оценки технологических свойств ИК на этапе постановки продукции на производство и запатентованы средства, отличающиеся от известных дополненными показателями качества, позволяющими оценить технологическую пригодность, и проводить исследования с учетом требований существующих технических нормативных правовых актов на имеющемся оборудовании обувных предприятий Республики Беларусь [2, 5, 9, 11, 12, 13, 16, 18, 24, 25, 28, 33, 34].

2. Разработаны методики и изготовлен испытательный комплекс для оценки эксплуатационных свойств ИК, отличающиеся от известных тем, что позволяют

учитывать различные условия носки обуви за счет моделирования биомеханических воздействий стопы на материал, тем самым повышая объективность оценки свойств ИК для заготовок верха обуви [4, 10, 23, 26, 32].

3. Предложен новый методический подход к оценке качества ИК для верха обуви при её производстве и носке, позволяющий оценить целесообразность их применения и прогнозировать эксплуатационные свойства материалов в изделиях [1, 3, 6, 7, 8, 14, 15, 17, 19, 20, 21, 22, 27, 29, 30].

4. Получены экспериментальные данные и математические зависимости, характеризующие влияние свойств ИК на циклическую формоустойчивость, позволяющие прогнозировать поведение исследуемых материалов в процессе носки обуви на основе проведения кратковременных испытаний [4, 31].

#### **Рекомендации по практическому использованию результатов**

1. Практическое использование результатов диссертационной работы реализуется на основании рекомендаций по выбору ИК для повседневной обуви: удлинение при разрыве должно быть не менее 23 % для обуви внутреннего способа формования, коэффициент формоустойчивости должен быть не менее 0,8, коэффициент сохранения прочности должен быть не менее 0,9.

2. В результате проведенных исследований обоснована возможность прогнозирования циклической формоустойчивости ИК по результатам кратковременных испытаний. В зависимости от структуры ИК необходимо различное количество циклов нагружения. Для ИК, имеющих замшевидную поверхность, достаточно определять циклическую формоустойчивость при 5 тыс. циклов, а с гладкой лицевой поверхностью – 10 тыс. циклов.

3. Проведена производственная апробация разработанных методик на ОАО «Красный Октябрь» (г. Витебск), включая ожидаемые эффекты в ценах на 20.02.2019 г. в размере 528,00 бел. руб. за счет снижения возврата женских сапог модели 811089, в ценах на 30.05.2017 г. в размере 212,15 бел. руб. за счет снижения возврата женских туфель модели 833018, в ценах на 17.06.2016 г. в размере 4 028 500 бел. руб. за счет снижения возврата женских полусапожек модели 836008, в ценах на 24.12.2015 г. в размере 2 473 500 бел. руб. за счет снижения возврата мужских полуботинок модели 847001, в ценах на 24.06.2014 г. в размере 2 851 800 бел. руб. за счет снижения возврата обуви широкого ассортимента.

4. Результаты диссертационного исследования использованы в учебном процессе УО «Витебский государственный технологический университет» при изучении дисциплин «Материаловедение», «Материаловедение и технология непродовольственных товаров», «Технология производств легкой промышленности» и выполнении курсовых и дипломных работ студентами, изучающими данные дисциплины.

В перспективе разработанные методы и средства оценки технологических и эксплуатационных свойств ИК могут послужить основанием для совершенствования нормативной и приборной базы оценки свойств ИК. Использование разработанных методов и средств позволит получить социальный эффект за счет выпуска качественной, надежной в эксплуатации обуви.

## СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### *Статьи в научных рецензируемых журналах по специальности диссертационной работы*

1. Борозна, В. Д. Физико-механические свойства искусственной кожи NUBUK, применяемой в заготовках верха обуви / **В.Д. Борозна**, А. П. Дмитриев, А.Н. Буркин // Изв. выс. учебных заведений. Технология легкой промышленности. – 2013. – № 4 (2013). – С. 57–60.
2. Борозна, В. Д. Комплексная оценка свойств искусственных кож / **В. Д. Борозна**, А. Н. Радюк // Дизайн и технологии. – 2015. – № 50 (2015). – С. 47–51.
3. Буркин, А. Н. Структура и свойства искусственных кож для верха обуви / А.Н. Буркин, **В. Д. Борозна**, В. А. Гольдаде, С. В. Зотов, К. В. Овчинников, М. А. Коваленко // Полимерные материалы и технологии. – 2017. – № 2 (2017). – С. 80–84.
4. Борозна, В. Д. Разработка методики исследования эксплуатационных свойств искусственных кож / **В. Д. Борозна**, А. Н. Буркин // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2018. – № 2 (35). – С. 7–17.

### *Статьи в научных рецензируемых журналах*

5. Буркин, А. Н. Разработка универсальной методики и устройства для исследования прочности материалов сферическим растяжением / А. Н. Буркин, **В. Д. Борозна**, О. А. Буркина-Петрова // Метрология и приборостроение. – 2012. – № 4. – С. 33–37.
6. Борозна, В. Д. Оценка свойств искусственных кож NUBUK / **В. Д. Борозна**, А. П. Дмитриев, А. Н. Буркин // Потребительская кооперация. – 2014. – № 2 (45). – С. 62–67.
7. Борозна, В. Д. Повышение показателей эргономических свойств и надежности обуви с верхом из искусственной кожи в процессе входного контроля качества материала / **В. Д. Борозна**, А. Н. Буркин // Вестник Белорусского государственного экономического университета. – 2014. – № 6 (107). – С. 52–57.
8. Буркин, А. Н. Анализ технологической пригодности материалов к производству обуви / А. Н. Буркин, **В. Д. Борозна** // Стандартизация. – 2016. – № 1 (2016). – С. 52–56; № 2 (2016). – С. 48–51.

### *Статьи в сборниках научных трудов*

9. Борозна, В. Д. Методы оценки деформационных свойств материалов при двухосном растяжении / **В. Д. Борозна**, О. А. Петрова-Буркина, А. Н. Буркин // Памяти В.А. Фукина посвящается: сб. ст. / МГУТД; ред.: Белгородский В. С. [и др.]. – Москва, 2014. – С. 51–60.
10. Кукушкина, Ю. М. Исследование устойчивости ИК NUBUK к многократному изгибу / Ю. М. Кукушкина, **В. Д. Борозна**, А. Н. Буркин // Памяти В.А. Фукина посвящается: сб. ст. / МГУТД; ред.: Белгородский В.С. [и др.]. – Москва, 2014. – С. 95–100.
11. Борозна, В. Д. Комплексная оценка качества ИК NUBUK / **В. Д. Борозна**, А. Н. Буркин // Техническое регулирование: базовая основа качества материалов, товаров и услуг: сб. тр. / Ин-т сферы обслуж. и предпринимательства

(филиал) федер. гос. бюджет. образоват. учреждения высш. проф. образования «Донской гос. техн. ун-т» в г. Шахты Рост. обл. (ИСО и П (филиал) ДГТУ); редкол.: В. Т. Прохоров [и др.]. – Шахты, 2014. – С. 27–30.

12. Борозна, В. Д. Формовочные свойства ИК для обуви / **В. Д. Борозна**, А. Н. Буркин // НИРС 2014: сб. ст. / редкол.: А. И. Жук [и др.]. – Минск, 2014. – С. 93–97.

### *Материалы конференций*

13. Борозна, В. Д. Определение величин деформаций обувных материалов при формировании поверхностями тел вращения / **В. Д. Борозна**, А. П. Дмитриев // Теоретические знания в практические дела: материалы XIII Международная научно-инновационная конференция аспирантов, студентов и молодых исследователей, Омск, 16–21 апреля 2012 г. / Филиал ФГБОУ ВПО «МГУТУ имени К. Г. Разумовского»; редкол.: З. В. Власова, Ю. В. Герасимов, Г. А. Домашенко, С. Е. Заславская, Е. В. Скрипкина, Т. И. Соснова, А. В. Солдаткин, Е. А. Стрижак, А. Ю. Шонин, И. А. Жук. – Омск, 2012. – С. 180–183.

14. Борозна, В. Д. Искусственный нубук и его физико-механические свойства / **В. Д. Борозна**, А. Н. Буркин // 46 Республиканской научно-технической конференции преподавателей и студентов: материалы 46 Республиканской науч.-техн. конф., Витебск, 23 апреля 2013 / УО «ВГТУ»; ред.: Е. В. Ванкевич [и др.]. – Витебск, 2013. – С. 247–248.

15. Борозна, В. Д. Исследование деформационных свойств современных ИК / **В. Д. Борозна**, А. Н. Буркин // Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности (Прогресс – 2013): материалы междунар. науч.-техн. конф., Иваново, 27–29 мая 2013 г.: в 2 ч. / Текстильный институт ИВГПУ; редкол.: Г. И. Чистобородов [и др.]. – Иваново, 2013. – Т. 1. – С. 384–386.

16. Борозна, В. Д. Критерии пригодности материалов для верха обуви к формированию растяжением / **В. Д. Борозна**, А. Н. Буркин // Perspektywiczne pracowniastwa nauka i technikami–2013: Materialy IX Miedzynarodowej naukowipraktycznej konferencji, Przemysl, 07–15 сентября 2014 г.: Vol. 31 / Nauka i studia; ред. Slawomir Gorniak. – Przemysl, 2013. – Vol. 31. – С. 3–9.

17. Борозна, В. Д. Деформационные свойства ИК NUBUK / **В. Д. Борозна**, А. П. Дмитриев // 47 Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов: материалы 47 междунар. науч.-техн. конф. преподавателей и студентов, Витебск, 23 апреля 2014 / УО «ВГТУ»; ред.: Е. В. Ванкевич [и др.]. – Витебск, 2014. – С. 366–368.

18. Борозна, В. Д. Оценка качества материалов для заготовок верха обуви внутреннего способа формования / **В. Д. Борозна**, А. П. Дмитриев, А. Н. Буркин // 48 Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, посвященной 50-летию университета: материалы 48 междунар. науч.-техн. конф. преподавателей и студентов, Витебск, 29 апреля 2015: в 2 т. / УО «ВГТУ»; ред.: Е. В. Ванкевич [и др.]. – Витебск, 2015. – Т. 2. – С. 276–278.

19. Борозна, В. Д. Определение рациональных режимов формования объемных заготовок из искусственных кож / **В. Д. Борозна**, А. Н. Радюк, А. Н. Буркин // Новое в технике и технологии в текстильной и легкой промышленности:

материалы междунароуд. науч.-техн. конф., Витебск, 25 – 26 ноября 2015 г. / УО «ВГТУ»; ред.: Е. В. Ванкевич [и др.]. – Витебск, 2015. – С. 134–136.

20. Borozna, V. The structure and properties of ECO-leather / **V. Borozna, A. Byrkin**// Education and science in the XXI century: Articles of the International Scientific and Practical Conference, Vitebsk, 27 October 2016 / EI "VSTU"; rev. A. Vankevich, D. Ryklin, A. Bugaev. – Vitebsk, 2016. – P. 15–17.

21. Borozna, V. The structure and properties of artificial leather / **V. Borozna** // Education and science in the XXI century: Articles of the International Scientific and Practical Conference, Vitebsk, 31 October 2017 / EI "VSTU"; rev. A. Vankevich, D. Ryklin, A. Bugaev. – Vitebsk, 2017. – P. 14 – 17.

22. Борозна, В. Д. Изучение возможности использования тканей производства ОАО «Барановичское производственное хлопчатобумажное объединение» в качестве основ искусственных кож / **В. Д. Борозна, А. О. Алференок** // Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности: материалы междунароуд. науч.-техн. конф., Витебск, 21–22 ноября 2017 г. / УО «ВГТУ»; редкол. Е. В. Ванкевич [и др.]. – Витебск, 2017. – С. 242–245.

23. Борозна, В. Д. Методика исследования эксплуатационных свойств ИК / **В. Д. Борозна** // 51 Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов: материалы 51 междунароуд. науч.-техн. конф. преподавателей и студентов, Витебск, 25 апреля 2018г. : в 2 т. / УО «ВГТУ»; ред.: Е. В. Ванкевич [и др.]. – Витебск, 2018. – Т. 2. – С. 200–202.

#### **Тезисы докладов**

24. Борозна, В. Д. Методика оценки свойств материалов верха обуви сферическим растяжением // 45 Республиканской научно-технической конференции преподавателей и студентов: республиканская науч.-техн. конф., Витебск, 24 апреля 2012 г.: тез. докл. / УО «ВГТУ»; редкол. Е. В. Ванкевич [и др.]. – Витебск, 2012. – С. 267.

25. Борозна, В. Д. Деструкция материалов верха обуви при двухосном растяжении / Новые функциональные материалы, современные технологии и методы исследования: материалы II Республиканской научно-технической конференции молодых ученых, Гомель, 2 – 4 октября 2012 г. / ИММС НАН Беларуси, редкол.: В. Н. Адериha [и др.]. – Гомель, 2012. – С. 15–17.

26. Борозна, В. Д. Анализ структуры искусственных кож / **В. Д. Борозна, Е. М. Лобацкая** // 46 Республиканская научно-техническая конференции преподавателей и студентов: респуб. науч.-техн. конф., Витебск, 24 апреля 2013 г. : тез. докл. / УО «ВГТУ»; редкол.: Е. В. Ванкевич. – Витебск, 2013. – С. 110.

27. Борозна, В. Д. Метод определения долговечности материалов для изделий легкой промышленности / **В. Д. Борозна, Ю. М. Кукушкина, А. Н. Буркин**// ПОЛИКОМТРИБ – 2013: междунароуд. науч.-техн. конф., Гомель, 24–27 июня 2013 г. : тез. докл. / ИММС НАН Беларуси; редкол.: В. Н. Адериha [и др.]. – Гомель, 2013. – С. 215.

28. Борозна, В. Д. Совершенствование методов контроля качества искусственных кож / **В. Д. Борозна, А. Н. Буркин** // ПОЛИКОМТРИБ – 2015: междунароуд. науч.-техн. конф., Гомель, 23 – 26 июня 2015 г. : тез. докл. / ИММС НАНБ; редкол.: В. Н. Адериha [и др.]. – Гомель, 2015. – С. 272.

29. Борозна, В. Д. Исследование структуры и физико-механических свойств искусственных кож / **В. Д. Борозна**, А. Н. Буркин, С. В. Зотов, В. А. Гольдаде // ПОЛИКОМТРИБ – 2017: междунар. науч.-техн. конф., Гомель, 27–30 июня 2017 г. : тез. докл. / ИММС НАН Беларуси; редкол.: В. Н. Адриха [и др.]. — Гомель, 2017. — С. 14.

30. Борозна, В. Д. Методологический подход к оценке свойств искусственных кож / **В. Д. Борозна** // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых, Гомель, 25–26 октября 2018 г.: тез. докл. / Белорус.-Рос. ун-т. – Могилев, 2018. – С.159.

31. Борозна, В. Д. Влияние многоцикловых нагрузжений на изменение структуры искусственных кож / **В. Д. Борозна** // Новые функциональные материалы, современные технологии и методы исследования: V Респуб. науч.-техн. конф. молодых ученых, Гомель, 12–14 ноября 2018 г.: тез. докл. / ИММС НАН Беларуси; редкол.: В. Н. Адриха [и др.]. – Гомель, 2018. – С.37–39.

***Патенты на изобретение и полезные модели***

32. Приспособление для крепления образцов в процессе исследования: полез. модель ВУ 10791 / Е. В. Бондарева, Д. К. Панкевич, Ю. М. Кукушкина, В. Д. Борозна, А. Н. Буркин. – Оpub. 23.07.2014.

33. Универсальное устройство к разрывной машине для испытания на растяжение образца материала верха обуви: пат. ВУ 20437 / А. Н. Буркин, О. А. Петрова-Буркина, В. Д. Борозна, А. П. Дмитриев, Ю. М. Кукушкина, В. А. Окуневич. – Оpub. 08.06.2016.

34. Устройство к разрывной машине для оценки свойств материалов верха обуви сферическим растяжением: полез. модель ВУ11705 / А. Н. Буркин, О. А. Петрова-Буркина, В. Д. Борозна, А. Н. Молочко. – Оpub. 01.03.2018.

**РЭЗІЮМЭ**

Баразна Вілія Дзмітрыеўна

**Ацэнка ўласцівасцяў штучных скур пры вырабе і эксплуатацыі абутку**

**Ключавыя словы:** тэхналагічныя ўласцівасці, эксплуатацыйныя ўласцівасці, метады і сродкі ацэнкі, структура, штучная скура, абутак.

**Мэта работы:** удасканаленне вядомых і распрацоўка новых метадаў і сродкаў ацэнкі сучасных абутковых штучных скур на аснове даследавання іх структуры, тэхналагічных і эксплуатацыйных уласцівасцяў.

**Метады даследавання і выкарыстаная апаратура:** структура штучных скур даследавана метадам электроннай мікраскапіі з дапамогай сканіруючай электроннай мікраскапіі на электронным мікраскопе VEGA II LSH з сістэмай энергадысперсійнага мікрааналізу INCA ENERGY 250 ADD з праграмным забеспячэннем; сыравіннай склад доследных матэрыялаў вызначаўся метадам інфрачырвонай спектраскапіі ўзораў на ВК-спектрафатометры з Фур'е пераўтварэннем Nexus 5700 з праграмным забеспячэннем OMNIC 7.1; для даследавання фізіка-механічных уласцівасцяў былі выкарыстаны: электронныя вагі Radwag AS 220 / C / 2; разрыўная машына ПП 5158–5; прыбор для вызначэння ўстойлівасці да шматразовага выгібу ППК–2М. Выкарыстаныя метады аналізу і класіфікацыі, матэматычнай статыстыкі, комплекснай ацэнкі ўзроўню якасці, а таксама распрацаваныя аўтарам метады даследавання тэхналагічных і эксплуатацыйных уласцівасцяў штучных скур.

**Атрыманыя вынікі і іх навізна:** распрацаваны новы комплексны падыход да ацэнкі якасці штучных скур для верху абутку пры яе вытворчасці і носцы, які дазваляе ацаніць мэтазгоднасць іх ужывання і прагназаваць эксплуатацыйныя ўласцівасці матэрыялаў у вырабе. Ён уключае: метадыкі ацэнкі тэхналагічных уласцівасцяў штучных скур перад пастановай прадукцыі на вытворчасць і запатэнтаваныя сродкі для іх рэалізацыі; метадыку ацэнкі эксплуатацыйных уласцівасцяў штучных скур у шырокім дыяпазоне тэмператур і ўстаноўку для яе ажыццяўлення. Атрыманы матэматычныя залежнасці і эксперыментальныя дадзеныя, якія характэрызуюць уплыў структуры і ўласцівасцяў штучных скур на цыклічную формаўстойлівасць і дазваляюць прагназаваць паводзіны доследных матэрыялаў у працэсе нашэння абутку на выснове правядзення кароткачасовых выпрабаванняў.

**Рэкамендацыі па выкарыстанні:** распрацаваныя прыборы і метадыкі могуць быць выкарыстаны ў выпрабавальных цэнтрах, навукова-даследчых лабараторыях для даследавання матэрыялаў, рэкамендацыі па выбары матэрыялаў могуць быць выкарыстаны абутковымі прадпрыемствамі пры ўваходным кантролі.

**Сфера ужывання:** атрыманыя вынікі могуць быць рэалізаваны ў абутковай прамысловасці для даследавання ўласцівасцяў і ацэнкі тэхналагічнай і эксплуатацыйнай прыдатнасці штучных скур.

## РЕЗЮМЕ

**Борозна Вилия Дмитриевна**

**Оценка свойств искусственных кож при изготовлении и эксплуатации обуви**

**Ключевые слова:** технологические свойства, эксплуатационные свойства, методы и средства оценки, структура, искусственная кожа, обувь.

**Цель работы:** совершенствование известных и разработка новых методов и средств оценки современных обувных ИК на основе исследования их структуры, технологических и эксплуатационных свойств.

**Методы исследования и использованная аппаратура:** структура ИК исследована методом электронной микроскопии с помощью сканирующей электронной микроскопии на электронном микроскопе VEGA II LSH с системой энергодисперсионного микроанализа INCA ENERGY 250 ADD с программным обеспечением; сырьевой состав исследуемых материалов определялся методом инфракрасной спектроскопии образцов на ИК-спектрофотометре с Фурье преобразованием Nexus 5700 с программным обеспечением OMNIC 7.1; для исследования физико-механических свойств были использованы: электронные весы Radwag AS 220/C/2; разрывная машина ИП 5158–5; прибор для определения устойчивости к многократному изгибу ИПК–2М. Используются методы анализа и классификации, математической статистики, комплексной оценки уровня качества, а также новые разработанные автором методы исследования технологических и эксплуатационных свойств ИК.

**Полученные результаты и их новизна:** разработан новый комплексный подход к оценке качества ИК для верха обуви при её производстве и носке, позволяющий оценить целесообразность их применения и прогнозировать эксплуатационные свойства материалов в изделии. Он включает: методики оценки технологических свойств ИК перед постановкой продукции на производство и запатентованные средства для их реализации; методику оценки эксплуатационных свойств ИК в широком диапазоне температур и установку для её осуществления. Получены математические зависимости и экспериментальные данные, характеризующие влияние структуры и свойств ИК на циклическую формоустойчивость и позволяющие прогнозировать поведение исследуемых материалов в процессе носки обуви на основе проведения кратковременных испытаний.

**Рекомендации по использованию:** разработанные средства и методики могут быть использованы в испытательных центрах, научно-исследовательских лабораториях для исследования материалов, рекомендации по выбору материалов могут быть использованы обувными предприятиями при входном контроле.

**Область применения:** полученные результаты могут быть реализованы в обувной промышленности для исследования свойств и оценки технологической и эксплуатационной пригодности ИК.

## SUMMARY

Vilia Borozna

### **Assessment of the properties of artificial leather in the manufacture and operation of shoes**

**Keywords:** technological properties, performance properties, methods and means forevaluation, structure, artificial leather, shoes.

**Purpose of research:** new and improvement of the known methods and means of evaluating modern artificial leather on the base of research of their structure, technological and operational properties.

**Research methods and equipment used:** the structure of artificial leather was studied by electron microscopic methods using VEGA II LSH scanning electron microscopy with an electron dispersive microanalysis system INCA ENERGY 250 ADD with software; the raw material composition of the studied materials was determined by the method of infrared spectroscopy of samples on an infrared spectrophotometer with a Fourier transform of the Nexus 5700 with the software OMNIC 7.1. for the research of physical and mechanical properties were used: electronic scales Radwag AS 220 / C / 2; explosive machine ИП 5158-5; the device for determining resistance to repeated bending ИПК-2М. Methods of analysis and classification, mathematical statistics, the comprehensive assessment of the level of quality, and methods developed by author of studying the technological and operational properties of artificial leather were used.

**The obtained results and their novelty:** a new integrated approach has been developed to assess the quality of artificial leather for the upper of the shoe during its manufacture and wear, allowing to evaluate the feasibility of their use and predict the performance properties of the materials in the product. It includes: methods for assessing the technological properties of artificial leather before setting products into production and the patented tools for their implementation; a method for assessing the operational properties of artificial leather in a wide range of temperatures and the installation for its implementation. Mathematical dependences and experimental data were obtained that characterize the influence of the structure and properties of artificial leather on cyclic dimensional stability, and allow predicting the behavior of the materials under study in the process of wearing shoes on the basis of short-term tests.

**Recommendations for use:** the developed devices and techniques can be used in test centers, research laboratories for the study of materials, recommendations for the choice of materials can be used by shoe enterprises at the entrance control.

**Fields of application:** The results can be implemented in the shoe industry to study the properties and assess the technological and operational suitability of artificial leather.

**БОРОЗНА  
ВИЛИЯ ДМИТРИЕВНА**

**ОЦЕНКА СВОЙСТВ ИСКУССТВЕННЫХ КОЖ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ И  
ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБУВИ**

Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук

Витебский государственный технологический университет