

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 685.34.036:685.34.073.22

ДОЛГАН
МАРИЯ ИВАНОВНА

**ОЦЕНКА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ И
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ
ПОЛИМЕРНЫХ ПОДОШВЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук
по специальности 05.19.08 – товароведение, экспертиза и безопасность
непродовольственных товаров и сырьевых материалов
(технические науки)

Витебск, 2021

Научная работа выполнена в УО «Белорусский государственный экономический университет» и УО «Витебский государственный технологический университет»

Научный руководитель	Буркин Александр Николаевич , доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технического регулирования и товароведения учреждения образования «Витебский государственный технологический университет»
Официальные оппоненты	Шустов Юрий Степанович , 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	Борисова Татьяна Михайловна , кандидат технических наук, доцент кафедры конструирования и технологии одежды и обуви учреждения образования «Витебский государственный технологический университет» Учреждение образования «Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации», г. Гомель, Республика Беларусь

Защита состоится «22» апреля 2021 г. в 10.00 на заседании совета по защите диссертаций К 02.11.01 при УО «Витебский государственный технологический университет» по адресу:
210038, г. Витебск, пр. Московский, 72.
E-mail: vstu@vitebsk.by

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Витебский государственный технологический университет».
Автореферат разослан «11» марта 2021 года.

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

Г. В. Казарновская

ВВЕДЕНИЕ

Обувь относится к предметам первой необходимости и является товаром сложного ассортимента. Она выступает важным элементом современного художественно-организованного, гармоничного ансамбля одежды. В настоящее время обувная промышленность в мире продолжает развиваться и выпуск обуви во всем мире увеличивается ежегодно. В Республике Беларусь по данным официальной статистики ежегодно производят в среднем около 10 миллионов пар обуви. Почти половина всей обуви выпускается в Витебской области, где расположены крупные обувные предприятия: ООО «Управляющая компания холдинга «Белорусская кожевенно-обувная компания «Марко» и СООО «Белвест». Необходимыми элементами управления обувным производством являются экспертиза качества изделий. Однако не все дефекты обуви можно выявить в процессе ее производства, и некачественная обувь попадает в розничную сеть. Многие дефекты проявляются в процессе непосредственной носки обуви, значительная часть из которых относится к подошвам обуви. Для снижения уровня дефектности в обувном производстве существуют несколько этапов контроля материалов, которые позволяют снизить риски выпуска некачественной обуви. Одним из наиболее ответственных этапов контроля качества является входной контроль, цель которого – оценка сырья и материалов, которые будут использованы при производстве обуви. В качестве основных материалов для производства обуви используют натуральные и искусственные кожи для верха обуви, а также полимерные материалы для подошв обуви. На предприятиях Республики Беларусь традиционно используют такие полимерные материалы для подошв обуви, как полиуретаны, поливинилхлорид, термоэластопласты, различные виды резин, свойства которых постоянно совершенствуются и изменяются. Тем не менее, они также нуждаются в контроле качества, и особенно в оценке эксплуатационных свойств. Под этим понимают способность подошвенных материалов соответствовать характеристикам физико-механических показателей, напрямую влияющих на эксплуатационные свойства подошв обуви. Существующая в настоящее время система контроля качества материалов для подошв не располагает методиками, позволяющими адекватно оценить их эксплуатационные свойства и, в частности, их износостойкость. Таким образом, существует необходимость разработки нового способа испытаний полимерных подошвенных материалов и установки для испытаний, которые были бы приближены к тем процессам, которые материалы испытывают во время эксплуатации.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами (проектами), темами. Тема диссертационного исследования соответствует целям и задачам, сформулированным в комплексной программе развития легкой промышленности Республики Беларусь на 2011–2015 годы с перспективой до

2020 года (протокол № 9 от 1 марта 2011 г. заседания Президиума Совета Министров Республики Беларусь). Одним из главных направлений программы являются научные исследования в области производства кожи, изделий из кожи и производства обуви. В дополнении к этому, в соответствии со Стратегией «Наука и технологии 2018–2040», одобренной II Съездом ученых Республики Беларусь, в качестве перспективных направлений утверждено – «Индустриальные технологии разработки ... новых приборов и средств измерений ...».

Проведение исследований выполнялось в рамках научно-исследовательской работы кафедры «Техническое регулирование и товароведение» УО «Витебский государственный технологический университет» ВПД 078 «Оценка свойств материалов и изделий легкой и текстильной промышленности» (ГР № 20120313, 2011–2015 гг.); НИР №250 «Диагностика свойств полимерных подошвенных материалов с использованием современных средств измерений» на 2015 г. № ГР20150194; а также ГБ НИР № 844/01/70 ОНТП «Новые материалы в легкой промышленности» по заданию «Разработать и внедрить технологию производства новых полимерных материалов с заданными свойствами и деталей низа обуви на их основе» (№ ГР 20164061, 2010–2017 гг.).

Цель и задачи исследования. Целью диссертационной работы является разработка нового подхода к оценке потребительских свойств подошвенных материалов до постановки их на производство, позволяющего обеспечить сохранение их качества в процессе эксплуатации обуви.

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**:

- изучить процесс износа при эксплуатации полимерных подошвенных материалов, а также проанализировать существующие методы и приборы, применяемые для оценки физико-механических и эксплуатационных свойств подошвенных материалов;
- разработать экспериментальную установку для исследования износоусталостных свойств подошвенных материалов, позволяющую осуществлять нагружение в условиях, приближенных к реальной носке обуви;
- разработать методику проведения испытаний на установке для исследования износоусталостных свойств подошвенных материалов;
- оценить износоусталостные свойства на установке для исследования подошвенных материалов согласно разработанной методике;
- разработать методику прогнозирования ресурса подошв при эксплуатации обуви;
- усовершенствовать номенклатуру эксплуатационных показателей полимерных подошвенных материалов путем включения показателя, характеризующего их устойчивость к износоусталостному повреждению.

Объекты исследования – полимерные подошвенные материалы, используемые в настоящее время в производстве обуви; предмет исследования – эксплуатационные свойства полимерных подошвенных материалов, характеризующие износоусталостное повреждение в условиях, приближенных к реальной носке обуви. Выбор объекта исследования обусловлен широким

применением полимерных материалов для подошв на обувных предприятиях Республики Беларусь.

Научная новизна. Научная новизна работы заключается в разработке нового подхода к оценке потребительских свойств подошвенных материалов, основанного на механизме контактного взаимодействия системы «подошва – опорная поверхность» и состоящего из следующих факторов: изгиб, растяжение – сжатие, трение, механические повреждения, включающего: комплекс исследований физико-механических свойств полимерных подошвенных материалов и влияние на них временных факторов старения; разработке способа проведения испытаний на установке для исследования износоусталостных свойств подошвенных материалов, моделирующего нагружение подошв обуви при ходьбе; разработке установки для исследования износоусталостных свойств полимерных подошвенных материалов, позволяющей осуществлять их нагружение в условиях, приближенных к реальной носке обуви; разработке методики определения устойчивости к износоусталостному повреждению современных подошвенных материалов и способа расчетного прогнозирования ресурса подошв обуви на основании экспериментальных данных; в усовершенствовании номенклатуры потребительских свойств полимерных подошвенных материалов, включающей показатель, характеризующий устойчивость материалов к износоусталостному повреждению.

Положения, выносимые на защиту.

1. Новые представления о характере износа полимерных подошвенных материалов, основанные на механизме усталостного разрушения в результате комплексного физико-механического воздействия потребителя и опорной поверхности, включающего факторы: изгиб, сжатие, трение, механические повреждения, а также происходящего естественного старения обуви при хранении.

2. Установка для исследования износоусталостных свойств полимерных подошвенных материалов, позволяющая осуществлять нагружение в условиях, приближенных к реальной носке обуви.

3. Методика определения устойчивости к износоусталостному повреждению подошвенных материалов и способ расчетного прогнозирования ресурса подошв обуви, позволяющая оценивать качество полимерных подошвенных материалов на стадии подготовки к производству.

4. Номенклатура эксплуатационных показателей полимерных подошвенных материалов, дополненная показателем «устойчивость к износоусталостному повреждению», позволяющая повысить объективность оценки их эксплуатационных свойств.

Личный вклад соискателя.

Соискателем лично:

– проведен анализ методов и средств оценки износостойкости полимерных подошвенных материалов и исследованы их физико-механические свойства;

- разработаны способ, проект методики для исследования износоусталостных свойств полимерных подошвенных материалов;
- разработана методика прогнозирования износоусталостных свойств полимерных подошвенных материалов при эксплуатации обуви;
- проведен анализ и совершенствование номенклатуры показателей качества полимерных подошвенных материалов.

В соавторстве с А.Н. Буркиным и В.Д. Борозной разработана и запатентована установка для исследования износоусталостных свойств подошвенных материалов [41].

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

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов. Основные результаты работы представлены и получили положительную оценку на международных, республиканских и межвузовских научно-технических и научно-практических конференциях: Новое в технике и технологии текстильной и легкой промышленности (Витебск, 2011, 2013, 2015, 2017), Новые функциональные материалы, современные технологии и методы исследования (Гомель, 2012, 2014), Экономический рост Республики Беларусь: Глобализация, инновационность, устойчивость (Минск, 2012, 2013, 2014, 2015), Молодые ученые – развитию текстильной и легкой промышленности (Иваново, 2012), Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности (Иваново, 2012), 45 МНТК (Витебск, 2012), Теоретические знания – в практические дела (Омск, 2012), Качество товаров: теория и практика (Витебск, 2012), I МНПК студентов и магистрантов (Витебск, 2013), 46 РНТК (Витебск, 2013), Věda a technologie: krok do budoucnosti – 2014 (Прага, 2014), 47 МНТК (Витебск, 2014), Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности (Витебск, 2014, 2017), Инновационные технологии развития текстильной и легкой промышленности (Москва, 2014), Сучасний стан легкої і текстильної промисловості: інновації, ефективність, екологічність (Херсон, 2015, 2016), 48 МНТК (Витебск, 2015), 49 МНТК (Витебск, 2016), 50 МНТК (Витебск, 2017), The International Scientific and Practical Conference «Education and science in the 21st century» (Vitebsk, 2017, 2018).

Основные результаты исследования изложены в обобщенном виде в публикациях и используются в производстве на предприятиях: ОАО «Красный Октябрь» (г. Витебск), ООО «Пластан» (г. Минск), ЧПУП «Обувное ремесло» (г. Витебск); а также в учебном процессе УО «Витебский государственный технологический университет» при изучении дисциплин «Материаловедение», «Методы и средства контроля качества продукции».

Опубликование результатов диссертации. По материалам диссертации опубликовано 40 работ, в том числе 5 статей в научных рецензируемых журналах в соответствии с перечнем ВАК РБ и ВАК РФ, 7 статей в журналах и сборниках научных трудов, 21 – в материалах конференций (Беларусь, Россия,

Чехия), 7 – в сборниках тезисов докладов конференций, 1 патент Республики Беларусь на полезную модель. Общий объем опубликованных материалов составляет 6,4 авторских листов; в том числе объем публикаций, соответствующих п. 18 Положения о присуждении учёных степеней и присвоении учёных званий в Республике Беларусь, составляет 2,1 авторских листа.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, четырех глав, заключения, библиографического списка и приложений. Работа изложена на 158 страницах, включает 43 рисунка (9 страниц), 25 таблиц (6 страниц), 36 формул (2 страницы), 14 приложений (48 страниц), 111 библиографических источников.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследования, приведена общая характеристика работы, а также отражена научная новизна и положения, выносимые на защиту.

В **первой главе** дана характеристика ассортимента материалов для подошв обуви, которые в настоящее время применяются в обувной промышленности Республики Беларусь. При производстве подошв обуви в настоящее время применяют полимерные материалы, и самыми распространенными из них являются термоэластопласт (ТЭП), пенополиуретан (ППУ) и кожволон. Для обувных предприятий, которые закупают подошвы для производства, зачастую известны лишь типовые рецептуры подошвенных материалов и значения физико-механических показателей, которые гарантирует производитель. Чтобы снизить выпуск некачественной продукции обувными предприятиями, обеспечивается входной контроль сырья и материалов, частью которого являются методы и средства оценки показателей качества. Также в этой главе проведен анализ методов и средств для исследования свойств полимерных подошвенных материалов и готовых подошв, дана характеристика приборов и методик для исследования износостойкости полимерных подошвенных материалов. Именно износостойкость обеспечивает долговечность подошв и является ведущей характеристикой для них.

Существующая приборная база для определения износостойкости полимерных подошвенных материалов по сути проводимых испытаний обеспечивает абразивное изнашивание образцов. Исходя из современных представлений об износе полимерных подошвенных материалов, можно заключить, что приборы и установки для определения показателей износостойкости, а также используемые методики исследования, не в полной мере отражают процессы, которые протекают в подошвах непосредственно при их эксплуатации. Таким образом, существует необходимость разработки испытательной установки, которая обеспечит испытание подошвенных материалов в условиях, приближенных к эксплуатационным.

На основании анализа литературных источников разработана схема взаимодействия подошвы с опорой при ходьбе как в силовой системе, которая представлена на рисунке 1. В такой силовой системе под действием постоянного давления F , которое оказывает вес человека на стопу, подошва в зоне изгиба под плюснефаланговым сочленением стопы одновременно испытывает продольное растяжение – сжатие, поперечное сжатие. В зоне контакта с опорной поверхностью возникает трение качения и трение скольжения. Все эти виды механических нагрузок носят циклический характер.

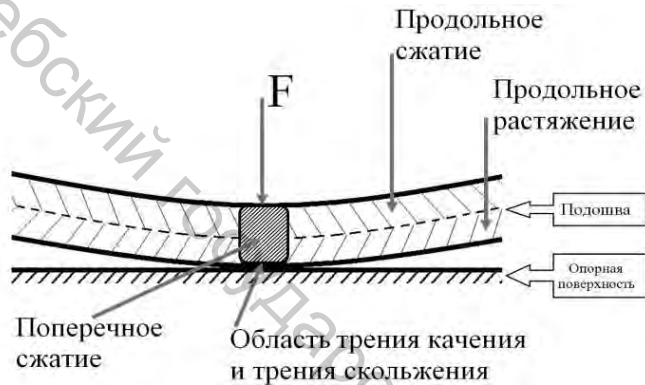


Рисунок 1. – Схема взаимодействия подошвы с опорой при ходьбе

Такой вид нагружения приводит одновременно к абразивному износу поверхности и разрушениям усталостного характера в структуре материала подошвы. Способность материала подошвы противостоять указанным нагрузкам характеризуется сопротивлением износоусталостным повреждениям (D). Таким образом, при носке обуви в любой момент времени на

подошвы постоянно воздействуют три основных вида нагрузки: изгиб, растяжение – сжатие и трение. Существует еще четвертый фактор – механическое повреждение, которое может носить постоянный характер из-за повреждения о подвижный абразив (песок) или случайный характер, как повреждение об острые предметы. Механическое повреждение приводит к разрушению и выкрашиванию микрофрагментов подошвы. Названные четыре фактора дополняются процессом естественного старения полимерных подошв. Этот комплекс нагрузок полимерных подошв обуви предложено называть составляющими износоусталостного повреждения, а процесс нагружения – износоусталостным.

Во **второй главе** приведены характеристики объектов и методов исследования полимерных подошв обуви. Объектами исследования выделены полимерные подошвы и подошвенные материалы, используемые для производства обуви: полиуретан (пенополиуретан), термоэластопласт, кожволон. Также для определения обоснованности гипотезы о взаимосвязи приведенных выше составляющих износоусталостного повреждения полимерных подошв был использован анализ размерности. Итак, функцию D для проведения анализа размерностей можно представить в следующем виде:

$$D = f(A, \omega, P, W, S, F, t), \quad (1)$$

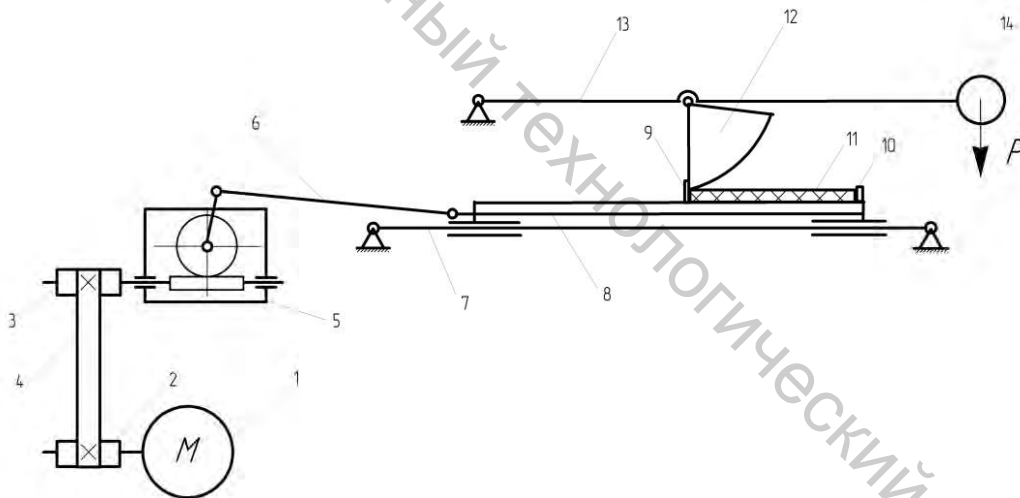
где A – циклическое отклонение подошвы от исходного плоского состояния, являющееся мерой деформации изгиба подошвы в процессе ходьбы; ω – частота циклических деформаций изгиба подошвы в процессе ходьбы; P – давление на подошву, оказываемое в процессе эксплуатации; W – износ; S – вы-

крашивание; F – пластичность; t – время пребывания в эксплуатационном состоянии.

При последующем решении выделено пять комбинаций исходных величин, которые оказались безразмерными, что означает, что группа исходных величин является полной и правая часть формулы (1) содержит именно те факторы, которые связаны с износоусталостными свойствами полимерных подошвенных материалов.

В область исследований были включены показатели: твердость, плотность, относительное удлинение при разрыве, относительное остаточное удлинение, сопротивление истиранию, потеря объёма при истирании, как позволяющие оценить износостойкость подошв. При исследованиях физико-механических характеристик современных полимерных подошвенных материалов и готовых подошв были использованы инструментальные методы с применением поверенного оборудования. Подготовка и испытания образцов подошвенных материалов и подошв происходили согласно ТНПА на методы испытаний.

Разработана установка, обеспечивающая истирание с проскальзыванием, позволяющая исследовать износоусталостные свойства подошвенных материалов. Схема разработанной установки представлена на рисунке 2.



1 – электродвигатель, 2 – ведущий шкив, 3 – ведомый шкив, 4 – ремень, 5 – червячный редуктор, 6 – кривошипно-ползунный механизм, 7 – направляющие, 8 – площадка с абразивом, 9, 10 – зажимы для образца, 11 – образец, 12 – сегмент, 13 – штанга, 14 – груз

Рисунок 2. – Кинематическая схема установки для исследования износоусталостных свойств подошвенных материалов

На установку для исследования износоусталостных свойств получен патент на полезную модель. Также для названной установки разработана методика оценки износоусталостных свойств полимерных подошвенных материалов. Установка работает от электродвигателя 1, который через ременную передачу (2, 3 и 4) и червячный редуктор 5 приводит в движение кривошипно-ползунный механизм 6, обеспечивающий возвратно-поступательные движения площадки с абразивом 8 по направляющим 7.

Образец 11 крепится в зажиме 10 площадки и зажиме 9 сегмента 12 (радиус 10 см), который шарнирно закреплен на штанге 13. На штанге расположен груз 14, обеспечивающий нагрузку на образец в 250 Н.

Проведение испытаний на разработанной установке позволяет:

- моделировать перекал стопы человека, а, следовательно, и подошвы обуви при ходьбе;
- испытывать образцы материалов, подошвы целиком, фрагменты подошв и узлы низа обуви;
- осуществлять воздействие на образцы заданной сжимающей нагрузкой с одновременным изгибом и трением качения с проскальзыванием об опорную поверхность;
- испытывать любые материалы, применяемые для изготовления подошв обуви;
- испытывать образцы на различных видах опорных поверхностей: абразивное полотно, асфальтовое покрытие, тротуарная плитка, напольные покрытия.

За результат проведенных испытаний принимают устойчивость к износоусталостным нагрузкам образца, характеризуемую потерей толщины (мм) образца за время (ч) испытания. Устойчивость к износоусталостному повреждению I_{Π} , мм/ч, вычисляют по формуле:

$$I_{\Pi} = \frac{\Delta h}{T}, \quad (2)$$

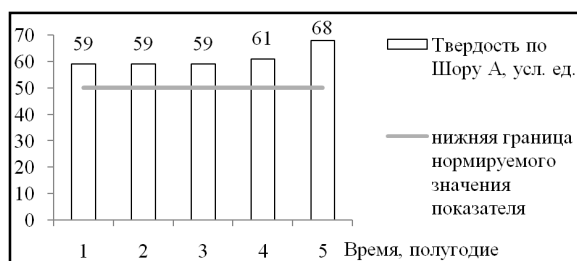
где Δh – разница между толщиной образца до испытания и после, мм;
 T – время истирания, ч.

Для проведения испытания на разработанной установке для исследования износоусталостных свойств подошвенных материалов разработана методика проведения испытаний. Для валидации разработанных установки и методики подготовлен проект методики аттестации установки, а также проект руководства по эксплуатации установки для исследования износоусталостных свойств подошвенных материалов.

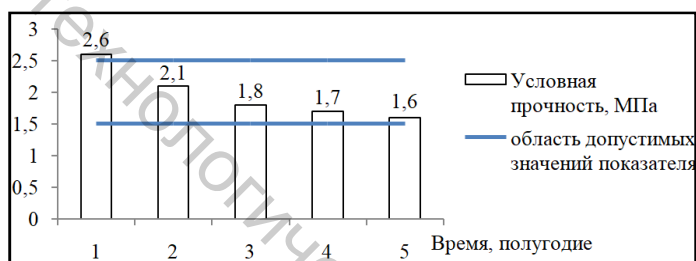
В **третьей главе** представлены результаты исследований структуры и физико-механических свойств современных подошвенных материалов. Исследование структуры материалов проводилось с целью анализа ее однородности в готовых подошвах и наличия или отсутствия внутренних дефектов, которые могут привести к быстрому износу подошв или их выходу из строя в процессе носки обуви. Например, наиболее частым дефектом структуры в монолитных подошвах из ТЭП являются поры, размеры которых колеблются в пределах от 5 до 150 мкм. Поры подобного вида могут являться концентраторами напряжений в материале и в процессе эксплуатации обуви приводить к ускоренному износу подошвы – одному из наиболее часто встречающихся дефектов подошв, который составляет около 37% от всех дефектов, связанных с отказом подошв обуви.

Среди эксплуатационных свойств полимерных подошвенных материалов в рамках настоящей работы наибольший интерес представляли показатели износостойкости. Для определения этих показателей подошвенных материалов в настоящее время применяют два стандартных метода, приведенные в ГОСТ 426-77 (для прибора типа Грассели) и в ГОСТ 23509-79 (для прибора типа Шоппера). Каждый из указанных методов имеет свои единицы измерения результата испытания, которые в силу специфики проведения испытания и различий в конструкции испытательных приборов, крайне сложно сравнить.

Для оценки изменения свойств полимерных подошвенных материалов при длительном хранении были исследованы подошвы обуви из термоэластопласта, кожволоната и полиуретана. За основу для подготовки методики исследования был взят ГОСТ 9.066-76 «Резины. Метод испытания на стойкость к старению при воздействии естественных климатических факторов». Все образцы подошв предназначены для обуви осенне-весеннего периода носки. Для исследования старения подошвы обуви находились в помещении лаборатории, а в качестве изменяющихся показателей свойств определяли относительное удлинение, условную прочность и твердость образцов, выкроенных из подошв, через каждые 6 месяцев хранения в течение двух лет. На рисунке 3 представлены данные изменения твердости и условной прочности, полученные для подошвы из ТЭП, как косвенных показателей, характеризующих изменения в процессе старения структуры и свойств материалов.



а – показатели твердости подошв из ТЭП



б – показатели условной прочности подошв из ТЭП

Рисунок 3. – Динамика изменения показателей твердости и условной прочности подошв из ТЭП

У материала ТЭП старение выражается в увеличении твердости для исследуемых образцов в среднем на девять условных единиц; что касается показателя старения по условной прочности, то он продемонстрировал снижение на 38%. Таким образом, представленный материал продемонстрировал увеличение твердости и изменения упруго-прочностных свойств, что может указывать на внутренние проявления процесса старения. Спустя два года были проведены исследования образцов на определение сопротивления истиранию по ГОСТ 426-77, которые показали, что величина полученных показателей не ниже нормируемого значения, т.е. 2,5 Дж/мм³.

Для проведения исследований на разработанной установке для определения устойчивости к износоусталостным нагрузкам полимерных

подошвенных материалов были подготовлены образцы из подошв на основе ТЭП, ППУ и кожволон. Продолжительность испытания на разработанной установке составляет не менее 30 тыс. циклов износоусталостных нагружений образца. Такое же количество циклов используется при испытании низа обуви на устойчивость к многократному изгибу (ГОСТ 422-75). Длительность испытания контролировали при помощи электронного счетчика импульсов. Если у испытуемого образца появлялись видимые повреждения, то испытание прекращали. После выполнения испытания образец вынимали, очищали от остатков материала и измеряли толщину после истирания. Устойчивость образца к износоусталостному повреждению характеризовали потерей толщины образца за определенное время (мм/ч). За результат измерений принимали среднее арифметическое трех измерений толщины образца после истирания в трех точках.

Исследования устойчивости к износоусталостным нагрузкам полимерных подошвенных материалов на разработанной установке показали, что подошвы из ТЭП и кожволон после проведения испытаний на разработанной установке приобретают более выраженные повреждения, чем подошвы из ППУ. На разработанной установке результаты были следующие: из трех испытанных полимерных материалов подошв большей устойчивостью к износоусталостному повреждению обладает кожволон – 0,023 мм/ч, для ППУ – 0,16 мм/ч, а для ТЭП – 0,36 мм/ч.

На рисунке 4 представлены фотографии с увеличением 200х и схемы поверхности износа образцов материала ТЭП, подвергшиеся исследованию по ГОСТ 426-77 (а), ГОСТ 23509-79 (б) и на предложенной в работе установке (в) с использованием абразивного полотна по ГОСТ 344-85. На рисунке 4г представлен снимок подошвы из ТЭП обуви, которая была в эксплуатации.

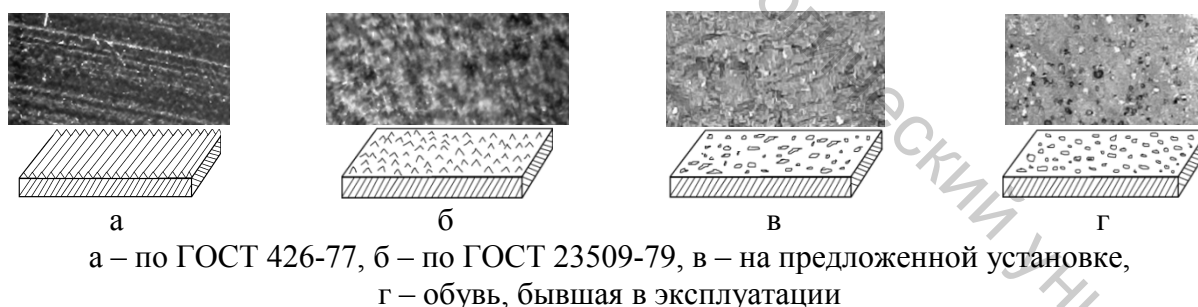
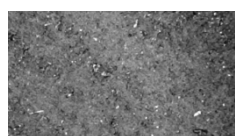


Рисунок 4. – Фотографии и схемы поверхности износа образцов ТЭП

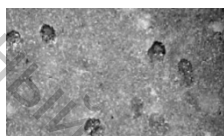
Характер износа поверхности образцов ТЭП на рисунке 4в схож с характером износа подошв обуви, бывших в эксплуатации (4г). Рисунок поверхности подошв обуви, бывшей в эксплуатации, не содержит полос, оставленных посредством резания об абразив, как в случае с образцами, испытанными по ГОСТ 426-77; а также не похож на абразивное «шлифование», осуществляемое на приборе типа Шоппера по ГОСТ 23509-79. Таким образом, можно сделать вывод о том, что большая достоверность характера износа образцов была получена на разработанной установке для исследования износоусталостных свойств полимерных подошвенных материалов.

В четвертой главе работы было проведено исследование износа подошв обуви, бывшей в эксплуатации, с целью определения их повреждений на примере обуви, поступающей в ремонтную мастерскую ОАО «ВИККО» г. Витебск. При изучении опорной поверхности в г. Витебске было выявлено, что преобладающими видами опорной поверхности являются асфальт и тротуарная плитка, а в качестве подвижного абразива на них присутствует песок типа карьерного. И асфальтовое покрытие и тротуарная плитка имеют поверхность, которая не имеет острых граней, которые могут осуществлять резание материала подошв обуви, т.к. поверхность их выровнена, однако карьерный песок, присутствующий на поверхности, может осуществлять абразивное воздействие, попадая под подошвы обуви носчика.

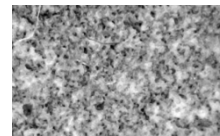
В общей массе сдаваемой обуви более половины всех обращений (около 60%) связаны с установлением профилактики подошв обуви вследствие ее износа, а также устранением иных дефектов подошв обуви (трещины, перелом, расслоение, выкрашивание подошвы). Был изучен характер износа более 560 пар обуви, нуждающейся в ремонте подошвы, а также сроки ее реальной носки. На рисунке 5 представлены микрофотографии с увеличением 100х подошв из кожволлона, ТЭП и ПУ.



а – подошва из кожволлона
(увеличение 100х)



б – подошва из ТЭП
(увеличение 100х)



в – подошва из ПУ
(увеличение 100х)

Рисунок 5. – Фотографии подошв обуви, бывшей в эксплуатации

На рисунке 5а при увеличении 100х представлен внешний вид износа подошвы из кожволлона, который характеризуется отсутствием четкого рисунка износа. Износ подошвы из ТЭП (рисунок 5б) также характеризуется отсутствием четкого рисунка, а темные пятна на рисунке подошвы показывают, что в монолитном материале подошвы вследствие истирания открылись поры, образовавшиеся в результате попадания в форму воздуха во время производства подошвы. Пористая подошва из ПУ на рисунке 5в из-за сильного износа открыла свой внутренний слой, в порах которого можно увидеть сильное загрязнение, а также отметить отсутствие четкого рисунка износа. Таким образом, можно сделать вывод о том, что износ подошв обуви, которую приносят в ремонт, имеет усталостный характер, поскольку наблюдается отсутствие четкого рисунка, свойственное усталостному износу. Подошвы обуви, приносимой для установления профилактики, имеют ярко выраженный износ, который был получен в результате давления и изгиба стопами носчика. Обращение в ремонт в связи с механическими повреждениями подошв встречается реже. Однако нельзя не отметить, что все названные дефекты подошв обуви, приносимой в ремонтную мастерскую, происходят в процессе старения полимерного материала подошв.

В связи с изложенным выше процесс разрушения полимерных подошвенных материалов в процессе носки обуви можно разделить на три периода:

- период 1 (до 1 года) – отделение микрофрагментов (размером от 0,001 до 0,01 мм) с поверхности подошвы, вследствие чего она становится «матовой»;
- период 2 (от 1 до 3 лет) – отделение частиц материала (размером от 0,5 до 1,5 мм) с поверхности, которое можно обнаружить визуально, и поверхность подошвы выглядит «оспидной»;
- период 3 (свыше 3 лет) – отделение крупных частиц материала (иногда от 3 до 5 мм) с образованием впадин в поверхности подошвы, которые могут иметь рваные края в начале образования и которые постепенно сглаживаются в процессе трения об опорную поверхность.

Механизм разрушения подошвы можно описать следующим образом:

- в первый период наблюдается два варианта взаимодействия подошвы с опорой: вдавливание частиц неподвижной опоры и вдавливание частиц подвижной опоры без видимого разрушения поверхности подошвы;
- во второй период носки внутренняя структура материала претерпевает незначительное изменение, а поверхностный слой становится менее прочным и более подвержен механическим воздействиям;
- в третий период носки подошва характеризуется существенными разрушениями поверхностного и внутреннего слоев полимерного материала.

На основании описания механизма разрушения подошвы, изучения отказов подошв обуви при эксплуатации, а также проведенных исследований по изучению износоусталостных свойств полимерных подошвенных материалов было выявлено, что скорость изнашивания подошвы подчиняется закону нормального распределения, что делает возможным предложить определить ресурс подошвы на основании названного закона. Например, для подошвы из ТЭП толщиной 6,4 мм с высотой протектора подошвы в пучковой части 4,4 мм предельным (сквозным) износом будет являться потеря высоты протектора. При расчете ее ресурса минимальное его значение принимается при $P(T) = 0,025$, максимальное значение при $P(T) = 0,975$. Диапазон возможных значений ресурса ($T_{min}...T_{max}$) будет охватывать 95 % возможных значений ресурса подошвы.

Распределение ресурса подошвы определяется выражением:

$$P(T) = 1 - \Phi^* \left(\frac{\frac{H}{\bar{y}} - T}{\frac{\bar{y}}{V_y \cdot T}} \right) \quad (3)$$

где T – распределение ресурса; H – предельный износ; $\bar{y}$ – средняя скорость изнашивания; V_y – коэффициент вариации скорости изнашивания; Φ^* – нормальная функция распределения, $H/\bar{y}$ – ресурс подошвы.

Из таблицы значений нормальной функции распределения находим, что для первого случая $x = 1,95$, $T_{min} = 244$ дня, а для второго случая – $x = -1,96$. Откуда $T_{max} = 274$ дня. Следовательно, с доверительной вероятностью $0,95$ ресурс подошвы находится в диапазоне $244–274$ дня. Безусловно, что этот расчет касается только механической составляющей ресурса подошв, без учета физико-механических воздействий окружающей среды. Для проведения расчетов по прогнозированию ресурса по результатам испытаний на устойчивость к износоусталостным нагрузкам на разработанной установке была разработана программа на языке C++.

Также в работе был проведен анализ формирования типовой товаровой номенклатуры для оценки качества полимерных подошвенных материалов, что является актуальным, т.к. номенклатура потребительских свойств обуви содержит большое количество показателей качества, которые не всегда могут быть необходимы при характеристике подошв. Для того чтобы избежать применения малоинформативных показателей, наличие которых может снизить качество номенклатуры, была разработана уточненная номенклатура показателей качества полимерных подошвенных материалов при помощи экспертного метода. Номенклатура показателей качества полимерных подошвенных материалов была дополнена показателем «устойчивость к износоусталостному повреждению». Всего номенклатура включила в себя двенадцать показателей качества, которые учитывают основные требования, предъявляемые к полимерным подошвенным материалам и подошвам обуви. Были получены данные, которые позволили определить важность обобщенных, групповых и единичных показателей качества полимерных подошвенных материалов. Среди единичных показателей наибольшую значимость имеют сопротивление многократному изгибу, сопротивление истиранию в Дж/мм³ по стандартной методике ГОСТ 426-77, устойчивость к износоусталостным нагрузкам в мм/ч по предложенной в работе методике на разработанной установке для исследования износоусталостных свойств.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации.

В результате проведенных исследований были получены следующие основные результаты.

1. Теоретически обоснован и экспериментально подтвержден новый подход к оценке износоусталостных свойств полимерных подошвенных материалов, основанный на системном анализе процесса их разрушения, включающем изгиб, сжатие, трение, механическое повреждение и старение, позволяющий более достоверно оценить их качество и эксплуатационные характеристики в процессе носки изделий [5, 7, 17, 18, 25, 30]. На основании проведенных исследований [1, 2, 9, 10, 27-29, 31, 36], а также изучения характера износа подошв в обуви, бывшей в эксплуатации [8, 12-14, 34], установлена закономерность разрушения полимерных подошвенных материалов, характерная для усталостного стохастического процесса. Эта

закономерность носит линейный характер, а интенсивность износа подошв зависит как от структуры и свойств полимерных материалов, так и от рельефа опорной поверхности [3, 4, 21]. Проведено описание механизма и оценки износа полимерных подошвенных материалов, основанное на использовании современных средств исследования структуры [3, 6, 26, 35, 37] и состояния поверхности после контактного взаимодействия системы «стопа-подошва-опорная поверхность».

2. Разработан новый способ проведения испытаний современных полимерных подошвенных материалов, включающий одновременное нагружение исследуемых образцов комплексом механических нагрузок – сжатием, изгибом, трением и механическим повреждением, что позволяет при испытаниях моделировать нагрузки, которые испытывают подошвы обуви в процессе носки обуви. Поскольку одновременное воздействие перечисленных нагрузок подвергает подошвы обуви не только износу, но и усталостным разрушениям, предложено указанный комплекс нагрузок называть износоусталостным [2, 7, 16, 41]. Предлагаемая методика отличается от известных комплексным воздействием на полимерные подошвенные материалы, что дает более адекватную оценку эксплуатационных свойств подошв. Разработана, изготовлена и запатентована установка для исследования износоусталостных свойств подошвенных материалов, позволяющая испытывать образцы подошв и подошвы целиком; осуществлять нагружение с проскальзыванием подошвы или подошвенного материала; испытывать на поверхности с неподвижным, подвижным и комбинированным абразивом, её конструкция позволяет использовать различные опорные поверхности: асфальт, тротуарную плитку, абразивное плотно, напольные покрытия [24, 41].

3. Для оценки износоусталостных свойств полимерных подошвенных материалов разработана методика испытания, позволяющая оценивать износостойкость при одновременном воздействии сжатия, изгиба и абразивного износа в условиях, близких к эксплуатационным. При этом подошвенным материалам может быть предварительно произведен прокол, что позволяет оценить такой случайный фактор, как механическое повреждение. Установлено, что при износоусталостных испытаниях полимерных подошвенных материалов и подошв на разработанной установке структура повреждений, приобретаемых образцами, идентична повреждениям, появляющимся при носке обуви, что подтверждено изучением особенностей повреждений у обуви, поступающей в ремонт. Установлено, что из исследованных полимерных подошвенных материалов наибольшей устойчивостью к износоусталостным нагрузкам обладает кожволон (0,023 мм/ч), а для ППУ и ТЭП этот показатель составляет соответственно 0,16 мм/ч и 0,36 мм/ч. На основании результатов износоусталостных испытаний на разработанной установке и модели теории надежности предложен способ расчетного прогнозирования ресурса современных полимерных подошвенных материалов [5, 15, 19, 20, 22, 23, 32, 38].

4. С использованием экспертного метода оценки и анализа предложено усовершенствовать номенклатуру потребительских свойств полимерных

подошвенных материалов путем дополнения ее показателем «устойчивость к износоусталостным нагрузкам», который наиболее достоверно характеризует устойчивость таких материалов к износу при эксплуатации обуви и позволяет повысить объективность оценки их потребительских свойств [1, 5, 11, 20, 33, 39, 40].

Рекомендации по практическому использованию результатов

Практическое использование проведенных научных исследований по разработке способа и экспериментальной установки для совершенствования испытаний устойчивости современных полимерных подошвенных материалов для низа обуви к износоусталостным нагрузкам и прогнозирования их потребительских свойств состоит в экономическом эффекте при внедрении в практику полученных разработок. Экономический эффект от использования разработок формируется за счет повышения качества обуви и ее долговечности, обоснованности оптимального выбора и экономии материалов при производстве, снижения количества и продолжительности физико-механических испытаний полимерных материалов для низа обуви. Экономический эффект использования разработок также формируется при замене продолжительной экспериментальной носки обуви ускоренным лабораторным методом исследования. Использование разработанного метода и установки для проведения испытаний позволяет обоснованно осуществлять выбор полимерных материалов для производства обувных подошв на стадии входного контроля качества сырья, а также прогнозировать потребительские свойства обуви в целом, оценивать ее ресурс и вероятность возврата потребителями. Социальная характеристика эффективности для потребителя связана с улучшением процесса контроля качества полимерных подошвенных материалов на стадии входного контроля сырья и материалов, что позволит снизить применение полимерных подошвенных материалов и подошв с низкими эксплуатационными характеристиками.

Работа внедрена в производство, с использованием ее результатов серийно выпускается продукция: подошвы из полиуретана и термоэластопласта. Для ООО «Пластан» (г. Минск) в период 2013–2015 гг. было проведено исследование физико-механических показателей предоставленных подошв, которое было обусловлено возвратом обуви от потребителей вследствие проявления повышенного износа подошвы. Общая сумма экономического эффекта составила 2640 денонимированных рублей.

Для ЧПУП «Обувное ремесло» в рамках НИР №250 «Диагностика свойств полимерных подошвенных материалов с использованием современных средств измерений» было исследовано качество выпускаемых подошв и введены в действие технические условия №043349 от 26.02.2015 на подошвы из термоэластопластов и технические условия №043350 от 26.02.2015 на подошвы из полиуретанов.

Результаты диссертационных исследований внедрены в учебный процесс учреждения образования «Витебский государственный технологический университет» при изучении учебных дисциплин «Материаловедение» и

«Методы и средства контроля качества продукции», что подтверждено актом внедрения.

Перспективным направлением развития проведенных научных исследований является использование разработанного метода испытаний полимерных подошвенных материалов для научных исследований, а также в производственных лабораториях для входного контроля сырья на стадии постановки производства и при разработке конструкций подошв обуви.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в научных рецензируемых журналах по специальности диссертационной работы

1. Буркин, А. Н. Эксплуатационные свойства подошв из термоэластопластов / А. Н. Буркин, К. Г. Коновалов, **М. И. Долган** // Потребительская кооперация. – 2012. – № 4(39). – С. 77-82.

2. Буркин, А. Н. Методы и средства оценки износостойкости подошвенных материалов / А. Н. Буркин, К. Г. Коновалов, **М. И. Долган** // Вестник Белорусского государственного экономического университета. – 2013. – №6 (101). – С. 56–63.

3. Долган, М. И. Особенности структуры и свойств полимерных материалов для подошв / **М. И. Долган** // Вестник Белорусского государственного экономического университета. – 2015. – №3 (110). – С. 83–90.

4. Долган, М. И. Изменение свойств полимерных материалов в процессе старения при хранении / **М. И. Долган** // Вестник Белорусского государственного экономического университета. – 2016.- №3 (116). – С. 58-66.

5. Буркин, А. Н. Методы расчета на прочность и надежность элементов конструкции обуви / А. Н. Буркин, **М. И. Долган**, К. Г. Коновалов // Изв. выс. учебных заведений. Технология лёгкой промышленности. – 2013. – №1 (2013). – С. 71-74.

Статьи в научно-практических журналах и сборниках научных трудов

6. Буркин, А. Н. Методы оценки износостойкости низа обуви / А. Н. Буркин, К. Г. Коновалов, **М. И. Долган** // Стандартизация. – 2011. – № 6. – С. 36–37.

7. Коновалов, К. Г. Оценка качества подошв из термоэластопластов / К. Г. Коновалов, **М. И. Долган** // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2012. – №1 (22) – С. 58–64.

8. Долган, М. И. О влиянии износостойкости материалов для низа обуви на эксплуатационные свойства и качество обуви / **М. И. Долган**, 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. (ИСОиП (филиал) ДГТУ); редкол.: В. Т. Прохоров [и др.]. – Шахты, 2014.– С. 113–114.

9. Буркин, А. Н. Экспертиза качества материалов для низа обуви / А. Н. Буркин, **М. И. Долган**, К. Г. Коновалов // Памяти В. А. Фукина посвящается: сб.ст. / МГУДТ; ред.: В. С. Белгородский [и др.]. – Москва, 2014. – С. 132–140.

10. Долган, М. И. Оценка физико-механических свойств подошв из полиуретана / **М. И. Долган**, А. Н. Буркин // Технологии и материалы в производстве инновационных потребительских товаров: сб.ст. / МГУДТ; ред.: В. С. Белгородский [и др.]. – Москва, 2015. – С. 135–139.

11. Долган, М. И. Свойства современных подошвенных термоэластопластов / **М. И. Долган** // 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, 2016. – С. 293–297.

12. Долган, М. И. Виды ремонта обуви и часто встречающиеся дефекты подошв обуви в ремонтной мастерской / **М. И. Долган** // 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, 2017. – С. 587–592.

Материалы конференций

13. Долган, М. И. Виды дефектов обуви, возникающие в процессе эксплуатации / **М. И. Долган**, К. Г. Коновалов // Новое в технике и технологии текстильной и легкой промышленности: материалы международ. науч.-техн. конф., Витебск, 25-26 ноября 2011 г. / УО «ВГТУ»; ред.: Е. В. Ванкевич [и др.]. – Витебск, 2011. – Т. 2. – С. 50–51.

14. Коновалов К. Г. Дефекты деталей для низа обуви / К. Г. Коновалов, **М. И. Долган** // Экономический рост РБ: Глобализация, инновационность, устойчивость: материалы V международ. науч.-практ. конф., Минск, 17-8 мая 2012 г. / УО «БГЭУ»; ред.: В. Н. Шимов [и др.]. – Минск, 2012. – Т. 1. – С. 367–368.

15. Долган, М. И. Оценка износостойкости современных подошвенных материалов / **М. И. Долган**, К. Г. Коновалов // Молодые ученые – развитию текстильной и легкой промышленности (Поиск-2012): межвузовская науч.-практ. конф. аспирантов и студентов, Иваново, 23-25 апреля 2012 г.: в 2 ч. / ФГБОУ ВПО «ИГТА»; ред.: Г. И. Чистобородов [и др.]. – Иваново, 2012. – Ч. 2. – С. 141–142.

16. Долган, М. И. Характер износа современных полимерных подошвенных материалов / **М. И. Долган**, К. Г. Коновалов // Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности (Прогресс-2012): международ. науч.-практ. конф., Иваново, 30 мая – 1 июня 2012 г.: в 2 ч. / ФГБОУ ВПО «ИГТА»; ред.: Г. И. Чистобородов [и др.]. – Иваново, 2012. – Ч. 1. – С. 86–87.

17. Коновалов, К. Г. Эксплуатационные свойства подошв из полиуретанов / К. Г. Коновалов, **М. И. Долган** // Качество товаров: теория и практика: материалы докладов междунаро. науч.-практ. конф., Витебск, 15-16 ноября, 2012 г. / УО «ВГТУ»; ред.: А. Н. Буркин [и др.]. – Витебск, 2012. – С. 127–129.

18. Долган, М. И. Физико-механические свойства термоэластопластов / **М. И. Долган** // I Международная научно-практическая конференция студентов и магистрантов: материалы докладов междунаро. науч.-практ. конф., Витебск, 18-19 апреля 2013 г. / УО «ВГУ имени П. М. Машерова»; ред.: А. П. Солодков [и др.]. – Витебск, 2013. – С. 59–60.

19. Буркин, А. Н. Расчет долговечности подошв / А. Н. Буркин, **М. И. Долган** // Экономический рост РБ: Глобализация, инновационность, устойчивость: материалы VI междунаро. науч.-практ. конф., Минск, 15-16 мая 2013 г. / УО «БГЭУ»; ред.: В. Н. Шимов [и др.]. – Минск, 2013. – Т. 1. – С. 305–307.

20. Долган, М. И. О поверхностном износе низа обуви (подошвы) / **М. И. Долган** // 46 Республиканской научно-технической конференции преподавателей и студентов: материалы 46 Республиканской науч.-техн. конф., Витебск, 23 апреля 2013 г. / УО «ВГТУ»; ред.: Е. В. Ванкевич [и др.]. – С. 251–253.

21. Долган, М. И. Оценка эксплуатационных свойств подошв из термоэластопластов / **М. И. Долган**, К. Г. Коновалов // Новое в технике и технологии текстильной и легкой промышленности: материалы междунаро. науч.-техн. конф., Витебск, 27-28 ноября 2013 г. / УО «ВГТУ»; ред.: Е. В. Ванкевич [и др.]. – Витебск, 2013. – С. 193–194.

22. Коновалов, К. Г. Методический подход к расчету подошвы на усталостное разрушение / К. Г. Коновалов, **М. И. Долган** // Экономический рост РБ: Глобализация, инновационность, устойчивость: материалы VI Междунаро. науч.-практ. конф., Минск, 15-16 мая 2013 г. / УО «БГЭУ»; ред.: В. Н. Шимов [и др.]. – Минск, 2013. – Т. 1. – С. 319–320.

23. Долган, М. И. Исследование влияния угла изгиба подошв на остаточные деформации / **М. И. Долган**, А. Ю. Овсянко, А. Н. Буркин // Věda a technologie: krok do budoucnosti – 2014. Díl 31. Výstavba a architektura. Chemie a chemická technologie: Materiály X mezinárodní vědecko-praktická conference, Praha, 27 února – 05 března 2014 roku / Publishing House «Education and Science»; rev. Zdeněk Černák. – Praha, 2014. – S. 60–65.

24. Долган, М. И. Влияние факторов окружающей среды на износ полимерных подошвенных материалов / **М. И. Долган**, К. Г. Коновалов // 47 Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов: материалы 47 Международ. науч.-техн. конф. преподавателей и студентов, Витебск, 23 апреля 2014 / УО «ВГТУ»; ред.: Е. В. Ванкевич [и др.]. – Витебск, 2014. – С. 368–371.

25. Долган, М. И. Оценка качества подошв / **М. И. Долган** // Экономический рост РБ: Глобализация, инновационность, устойчивость:

материалы VII международ. науч.-практ. конф., Минск, 25-26 мая 2014 г. / УО «БГЭУ»; ред.: В. Н. Шимов [и др.]. – Минск, 2014. – Т. 2. – С.229–230.

26. Долган, М. И. Структура и свойства кожволон / **М. И. Долган**, К. Г. Коновалов // Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности: материалы международ. науч.-техн. конф., Витебск, 26-27 ноября 2014 г. / УО «ВГТУ»; ред.: В. С. Башметов [и др.]. – Витебск, 2014. – С. 432–434.

27. Долган, М. И. Исследование износостойкости кожволон стандартными методами / **М. И. Долган**, К. Г. Коновалов // 48 Международная научно-технической конференции преподавателей и студентов, посвященной 50-летию университета: материалы 48 Международ. 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. 286–288

28. Долган, М. И. Стандартные методы исследования износостойкости подошвенных материалов / **М. И. Долган** // Экономический рост РБ: Глобализация, инновационность, устойчивость: материалы VIII Международ. науч.-практ. конф., Минск, 21-22 мая 2015 г. / УО «БГЭУ»; ред.: В. Н. Шимов [и др.]. – Минск, 2015. – Т. 2. – С. 240–241.

29. Долган, М. И. Свойства современных кожеподобных резин / **М. И. Долган** // Новое в технике и технологии в текстильной и легкой промышленности: материалы международ. науч.-техн. конф., Витебск, 25-26 ноября 2015 г. / УО «ВГТУ»; ред.: Е. В. Ванкевич [и др.]. – Витебск, 2015. – С. 339–341.

30. Долган, М. И. Исследование термического старения полиуретана для низа обуви / **М. И. Долган**, А. М. Плетяго // 49 Международная научно-техническая конференция преподавателей и студентов: материалы 49 Международ. науч.-техн. конф. преподавателей и студентов, Витебск, 27 апреля 2016: в 2 т. / УО «ВГТУ»; ред.: Е. В. Ванкевич [и др.]. – Витебск, 2016. – Т. 2. – С. 221–223.

31. Долган, М. И. Анализ представлений об износе подошв обуви / **М. И. Долган** // Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности: материалы междунар. науч.-техн. конф., Витебск, 21-22 ноября 2017 г. / УО «ВГТУ»; редкол. Е. В. Ванкевич [и др.]. – Витебск, 2017. – С. 258–261.

32. Долган, М. И. Характер износа подошв поступающей в ремонт обуви / **М. И. Долган** // 50 Международная научно-техническая конференция преподавателей и студентов: материалы 50 Международ. науч.-техн. конф. преподавателей и студентов, посвященной Году науки, Витебск, 20 апреля 2017: в 2 т. / УО «ВГТУ»; ред.: А. А. Кузнецов [и др.]. – Витебск, 2017. – Т. 2. – С. 235–237.

33. Долган, М. И. Анализ потребительских свойств подошвенных материалов / **М. И. Долган** // Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности: материалы междунар. науч.-техн. конф., Витебск, 21–22 ноября 2018 г. / УО «ВГТУ»; редкол. А. А. Кузнецов [и др.]. – Витебск, 2018. – С. 299–300.

Тезисы докладов

34. Коновалов, К. Г. Основные закономерности изнашивания современных подошвенных материалов на основе полимеров / **М. И. Долган**, К. Г. Коновалов // Новые функциональные материалы, современные технологии и методы исследования: II Республиканская научно-техническая конференция молодых ученых, Гомель, 2-4 октября 2012 г. / ИММС НАН Беларуси, редкол.: В. Н. Адери́ха [и др.] – Гомель, 2012. – С. 108–110.

35. Долган, М. И. Особенности пористой структуры материалов для подошв обуви / **М. И. Долган** // Новые функциональные материалы, современные технологии и методы исследования: III Республиканская научно-техническая конференция молодых ученых, Гомель, 4-6 ноября 2014 г. / ИММС НАН Беларуси, редкол.: В. В. Шевченко [и др.]. – Гомель, 2014. – С. 87–89.

36. Долган, М. И. Износостойкость подошв из термоэластопластов / **М. И. Долган** // Инновационные технологии развития текстильной и легкой промышленности: Международная науч.-техн. конф., Москва, 21-22 октября 2014 г. / МГУТУ им. К.Г. Разумовского, редкол.: В.Н. Иванова [и др.]. – Москва, 2014. – С. 128–129.

37. Долган, М. И. Показатели качества подошв, контролируемые в процессе входного контроля / **М. И. Долган** // Сучасний стан легкої і текстильної промисловості: інновації, ефективність, екологічність: / Міжнародна науково-практична конференція, Херсон, 28-30 жовтня 2015 р. / ХНТУ, редкол.: Д. Г. Сарібекова [і інш.]. – Херсон, 2015. – С. 66–67.

38. Долган, М. И. Виды дефектов, возникающих в процессе эксплуатации обуви, подлежащих ремонту / **М. И. Долган** // Сучасний стан легкої і текстильної промисловості: інновації, ефективність, екологічність: / Міжнародна науково-практична конференція, Херсон, 27-28 жовтня 2015 р. / ХНТУ, редкол.: Г. Г. Савіна [і інш.]. – Херсон, 2016. – С. 141–143.

39. Dauhan, M. I. Commodity nomenclature of shoes quality indicators / **M. I. Dauhan**, S. P. Hasanava // 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. 26–24.

40. Dauhan, M. I. Nomenclature formation of quality indicators for polymeric soles / **M. I. Dauhan**, S. P. Hasanava // Education and science in the XXI century: Articles of the International Scientific and Practical Conference, Vitebsk, 1 November 2018 / EI "VSTU"; rev. A. Vankevich, D. Ryklin. – Vitebsk, 2018. – P. 18–21.

Патенты на изобретениеи полезные модели

41. Установка для исследования износоусталостных свойств подошвенных материалов: полез. модель ВУ10555 / **М. И. Долган**, В. Д. Борозна, А. Н. Буркин. – Оpubл. 28.02.2015.

РЭЗЮМЭ

Даўган Марыя Іванаўна

Ацэнка фізіка-механічных і прагназаванне эксплуатацыйных уласцівасцяў палімерных падэшвенных матэрыялаў

Ключавыя словы: падэшвы абутку, палімерныя матэрыялы, зносастомленыя ўласцівасці, матэрыялы для нізу абутку.

Мэта работы: распрацоўка новага падыходу да ацэнкі спажывецкіх уласцівасцяў падэшвенных матэрыялаў да пастановы іх на вытворчасць, які дазваляе забяспечыць захаванне іх якасці ў працэсе эксплуатацыі абутку.

Метады даследавання і выкарыстаная апаратура: структуру палімерных матэрыялаў для нізу абутку вывучалі метадамі аптычнай мікраскапіі пры дапамозе мікраскопа “Альтамі”, Nikon ECLIPSE MA200, партатыўнага USB-мікраскопа CS01-200; вонкавы выгляд даследаваных матэрыялаў атрымлівалі пры дапамозе люстраных камер Canon EOS 5D MarkII з макрааб’ектывам Canon EF 100 мм f/2.8 LUSMIS Macro і Pentax K-7 з універсальным аб’ектывам DA 17-70 мм f/4 AL; для даследвання фізіка-механічных уласцівасцяў была скарыстана прыборная база кафедры “Тэхнічнае рэгуляванне і таваразнаўства” УА “ВДТУ” і лабараторыі ААТ “Віцебскдрэў”, якая праходзіць абавязковую паверку ў адпаведнасці з усталяваным графікам: таўшчынямер Mitutoyo 2050-80; электронныя шалі RadwagAS 220/C/2 і Radwag WLC6/12/F/1; цвёрдамер Härteprüfer Shore 7936; разрыўная машына PT-205; прыбор MI-2; прыбор Elastocon; прыбор IKB; тэрмашафа 2B-151.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: атрыманыя вынікі работы маюць істотнае тэхніка-эканамічнае і сацыяльнае значэнне. Яны накіраваныя на павышэнне зносастойкасці нізу абутку, што паляпшае такія паказчыкі, як даўгавечнасць, эрганамічнасць, і ствараюць перадумовы для больш поўнага задавальнення патрэбы насельніцтва ў зручным абутку.

Рэкамендацыі па выкарыстанні: асноўныя тэарэтычныя і практычныя вывады па рабоце выкарыстаны пры выкладанні асобных курсаў таваразнаўства, матэрыялазнаўства і тэхналогіі вытворчасці лёгкай прамысловасці ва ўстанове адукацыі “Віцебскі дзяржаўны тэхналагічны ўніверсітэт” і могуць знайсці прымяненне пры чытанні аналагічных курсаў у іншых установах адукацыі.

Сфера ўжывання: атрыманыя вынікі могуць быць выкарыстаны ў абутковай прамысловасці для ацэнкі якасці і прагназавання ўласцівасцяў палімерных матэрыялаў для нізу абутку і падэшваў.

РЕЗЮМЕ

Долган Мария Ивановна

Оценка физико-механических и прогнозирование эксплуатационных свойств полимерных подошвенных материалов

Ключевые слова: подошвы обуви, полимерные материалы, износоусталостные свойства, материалы для низа обуви.

Цель работы: разработка нового подхода к оценке потребительских свойств подошвенных материалов до постановки их на производство, позволяющего обеспечить сохранение их качества в процессе эксплуатации обуви.

Методы исследования и использования аппаратуры: структуру полимерных материалов для низа обуви изучали методами оптической микроскопии при помощи микроскопов «Альтами», Nikon ECLIPSE MA200, портативного USB-микроскопа CS01-200; внешний вид исследуемых материалов получали при помощи зеркальных камер Canon EOS 5D Mark II с макрообъективом Canon EF 100 мм f/2.8 L USM IS Macro и Pentax K-7 с универсальным объективом DA 17-70 мм f/4 AL; для исследования физико-механических свойств была использована приборная база кафедры «Техническое регулирование и товароведение» УО «ВГТУ» и лаборатории ОАО «Витебскдрев», которая проходит обязательную поверку в соответствии с установленным графиком: толщиномер Mitutoyo 2050-80; электронные весы Radwag AS 220/C/2 и Radwag WLC6/12/F/1; твердомер Härteprüfer Shore 7936; разрывная машина PT-250; прибор МИ-2; прибор Elastocon; прибор ИКВ; термошкаф 2В-151.

Полученные результаты и их новизна: полученные результаты работы имеют существенное технико-экономические и социальное значение. Они направлены на повышение износостойкости низа обуви, что улучшает такие показатели качества, как долговечность, эргономичность, и создает предпосылки для более полного удовлетворения потребностей населения в удобной обуви.

Рекомендации по использованию: основные теоретические и практические выводы по работе использованы при преподавании отдельных курсов товароведения, материаловедения и технологии производства легкой промышленности в учреждении образования «Витебский государственный технологический университет» и могут найти применение при чтении аналогичных курсов в других учебных заведениях.

Область применения: полученные результаты могут быть использованы в обувной промышленности для оценки качества и прогнозирования износоусталостных свойств полимерных материалов для низа обуви и подошв.

SUMMARY

Maryia Dauhan

The evaluation of the physical and mechanical properties and prediction of exploitation properties of polymeric materials for shoes soles

Keywords: shoe soles, polymeric materials, fatigue deterioration characteristics, shoe soles materials.

Purpose of research: the development of a new evaluation of consumer properties of the shoe soles materials before the production started that enable to maintain quality of shoes during use.

Research methods and equipment used: the structure of polymeric materials for shoe soles was researched by the method of optical microscopy (the microscopes “Altami”, Nikon ECLIPSE MA200, portable USB-microscope CS01-200); the exterior of researched materials was made with SLR-camera Canon EOS 5D Mark II which have macro lens Canon EF 100 mm f/4 AL; the equipment of «Technical regulation and commodity research» department of Vitebsk State Technological University and laboratory of JSC “Vitebskdrev” was used to research physical and mechanical characteristics; thickness gauge Mitutoyo 2050-80; electronic weighing scale Radwag; durometer Härteprüfer Shore 7936; materials testing machine “PT-250”; instrument “МН-2”; instrument “device IKV”; electrical enclosure “2B-151”.

The obtained results and their novelty: the received results will be very important in technical and economical and social spheres. They can help to elevate shoe sole resistance which improve such qualities as long service and ergonomics and can satisfy people’s demand in comfortable footwear.

Recommendations for use: theoretical and practical findings were used at the university during merchandising lessons, material science and principles of light industry production lessons and can be used in the same classes in the other institutions.

Fields of application: the received results can be used in shoemaking industry to evaluate the polymeric materials quality and to predict their fatigue deterioration characteristics.

**ДОЛГАН
МАРИЯ ИВАНОВНА**

**ОЦЕНКА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ И
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ
ПОЛИМЕРНЫХ ПОДОШВЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Витебский государственный технологический университет