МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Учреждение образования
«Витебский государственный технологический университет»

Витебский государственный технологический университет

В. Д. Борозна, А. П. Дмитриев, А. Н. Буркин

ДЕФОРМАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ОБУВНЫХ ИСКУССТВЕННЫХ КОЖ

МОНОГРАФИЯ

Под общей редакцией А. Н. Буркина

Витебск
2021

УДК 675.92.017
ББК 37.253
Б83

Рецензенты:

действительный член Российской и Международной инженерной академии, председатель научно-методического совета по направлению «Технологии и проектирование текстильных изделий», член Президиума ФУМО ВО УГСН «Технологии легкой промышленности», доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой материаловедения и товарной экспертизы ФГБОУ ВО Российский государственный университет имени А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство) Шустов Ю. С.;

доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Института механики металлополимерных систем им. В. А. Белого НАН Беларуси Гольдаде В. А.

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом УО «ВГТУ», протокол № 4 от 28.12.2020.

Рекомендовано к изданию научно-техническим советом УО «ВГТУ», протокол № 7 от 11.12.2020.

Борозна, В. Д.
Б83 Деформационные свойства обувных искусственных кож : монография / В. Д. Борозна, А. П. Дмитриев, А. Н. Буркин, под общ. ред. А. Н. Буркина. – Витебск : УО «ВГТУ», 2021. – 254 с.
ISBN 978-985-481-665-4

В монографии обобщѐн материал как известных, так и собственных работ авторов, связанных с изучением деформационных свойств искусственных кож для верха обуви. Рассмотрены также методы получения комплексной оценки их пригодности к формованию. Монография может быть полезна в качестве учебного материала при изучении курсов «Материаловедение», «Товароведение кожевенно-обувных товаров» и других дисциплин.

Для научных сотрудников, инженерно-технических работников обувных предприятий, студентов, магистрантов и аспирантов.

УДК 675.92.017
ББК 37.253

ISBN 978-985-481-665-4

УО «ВГТУ», 2021

Витебский государственный технологический университет

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 5

Глава 1. Современное состояние вопроса по оценке деформационных свойств материалов для верха обуви 9

1.1 Роль процесса формования заготовок верха обуви в формировании потребительских свойств обуви 9

1.2 Показатели физико-механических свойств материалов, определяющие качество формования верха обуви 16

1.3 Методы и средства оценки деформационных и формовочных свойств материалов для заготовок верха обуви 28

Глава 2. Структура, сырьевой состав и физико-механические свойства искусственных кож 56

2.1 Классификация и ассортимент искусственных кож 57

2.2 Структура и сырьевой состав искусственных кож 64

2.3 Физико-механические свойства искусственных кож 74

Глава 3. Оценка деформационных свойств искусственных кож при одноосном растяжении 88

3.1 Исследование деформационных свойств искусственных кож на тканой основе 88

3.2 Определение комплекса показателей деформационных и формовочных свойств материалов для верха обуви при одноосном растяжении 96

3.3 Оценка пригодности искусственных кож к формованию верха обуви 102

Глава 4. Оценка деформационных свойств искусственных кож при двухосном растяжении 117

4.1 Математическая модель деформирования материалов формованием на поверхностях вращения 117

4.2 Разработка методик исследования деформационных свойств материалов 126

4.3 Исследование формовочных свойств искусственных кож двухосным растяжением 133

4.4 Оценка формовочных свойств искусственных кож для заготовок верха обуви 147

Витебский государственный технологический университет

Глава 5. Комплексная оценка деформационных свойств искусственных кож в производственных условиях 162
5.1 Методологический подход к оценке технологической пригодности искусственных кож 163
5.2 Разработка методики исследования технологических свойств искусственных кож в производственных условиях 167
5.3 Комплексная оценка деформационных свойств искусственных кож 173

Глава 6. Моделирование и оптимизация технологического процесса формования заготовок верха обуви внутренним способом 190
6.1 Внутренний способ формования и его особенности (аналитический обзор нормативной базы) 191
6.2 Имитационная модель процесса формования заготовок верха обуви внутренним способом 207
6.3 Оптимизация технологического процесса формования верха обуви 236
6.4 Внедрение результатов работы 242

Заключение 250

Витебский государственный технологический университет

ПРЕДИСЛОВИЕ

Однажды Лебедь, Рак да Щука
Везти с поклажей воз взялись
И вместе трое все в него впряглись ...
Из басни И.А. Крылова

Искусственная кожа (ИК) является одним из основных материалов, применяемых в производстве обуви. В словарях данный термин трактуют, как правило, следующим образом: «Кожа искусственная – полимерный материал промышленного производства, применяемый вместо натуральной кожи для изготовления обуви, одежды, головных уборов, галантерейных и некоторых технических изделий». В учебной литературе по материаловедению искусственная кожа определяется следующим образом: «Искусственной кожей называют мягкие и тонкие кожеподобные материалы, заменяющие натуральную кожу для верха, подкладки и внутренних деталей обуви и кожгалантерейных изделий» или «Искусственная кожа представляет собой волокнистую или тканевую основу, проклеенную или пропитанную латексами, растворами полимеров или смолами и относится к слоистым композиционным материалам, которые состоят из листовых или расположенных послойно волокнистых компонентов, скреплённых между собой с помощью связующего».

В процессе изготовления обуви одним из важнейших технологических процессов, обеспечивающих её качество в процессе производства, является формование. При выполнении операций формования плоским деталям заготовки верха придается пространственная форма, которая должна соответствовать геометрическим параметрам колодки. Качество выполнения этого процесса оценивается визуально: правильность установки заготовки на колодке без перекосов деталей и плотное её облегание. Сопутствующим условием этого является деформирование материалов заготовки верха обуви, величина которого зависит от формы и размеров колодки, конструкции заготовки, применяемых материалов и технологического процесса производства. Получив изделие, внутренняя форма которого полностью соответствует наружным геометрическим параметрам колодки, а конструктивно-колористическая его реализация – замыслам дизайнера, можем ли мы утверждать, что качество обуви достигнуто? Конечно нет, так как нам неизвестно поведение обуви в носке. В связи с этим из всего многообразия факторов, влияющих на качество обуви при её эксплуатации, нужно будет рассматривать формоустойчивость в процессе носки. В идеальном случае нас интересует вариант, при котором внутренняя форма обуви «запомнила» форму и размеры стопы на весь период носки и при этом обеспечивала

Витебский государственный технологический университет

субъективное ощущение комфорта для владельца обуви. Желательно, чтобы это «запоминание», т.е. приформовывание обуви к стопе прошло в кратчайшие сроки (несколько дней). Кроме того, необходимым условием формуемости, а впоследствии формоустойчивости обуви в носке, будет являться отсутствие видимых (визуально) дефектов верха: складки на заготовке, сваливание верха и т.д.

Безусловно, решающим фактором в изготовлении формоустойчивой обуви будут играть свойства применяемых материалов для верха. Установлено, что натуральные кожи (НК) достаточно хорошо формуются и адаптируются к стопе, но и они довольно часто не могут обеспечить формоустойчивость обуви в процессе носки. Современные ИК также неплохо формуются, но процесс приформовывания к стопе весьма длительный и не всегда приводит к желаемым результатам. Эти различия между натуральными и искусственными кожами хорошо известны. Однако количественная оценка этих свойств в техническом смысле все ещѐ связана с определенными трудностями, в основном из-за противоречий, описанных выше, то есть соотношения пластических и упругих деформаций материалов верха в течение жизненного цикла обуви.

В данной монографии мы попытаемся провести количественную оценку формуемости и «запоминания» формы некоторых современных ИК, используемых для верха обуви в Республике Беларусь, в которой, для упрощения задачи, наблюдение этих свойств будем осуществлять с помощью достаточно несложных методик, разработанных авторами и описанными ниже. Причѐм в данной монографии будет изложена только технологическая составляющая этой проблемы, т. е. взгляд производственника на эту проблему.

Известно, что при формовании заготовки верха обуви структура материалов существенно изменяется в результате деформаций растяжения и изгиба. Изменение структуры обувных материалов при формовании исследовано крайне поверхностно. Кроме того, нахождением связей между формоустойчивостью материалов в изделии и структурными изменениями, возникающими в материалах, при этом практически никто из исследователей не занимался. Главная причина этого заключается в том, что производителю обуви и еѐ потребителю это не нужно, а их интересует, прежде всего, качество продукции. Причем первого из них интересует качество обуви после еѐ изготовления в процессе хранения в предпродажный период, а также в гарантийный срок носки, то есть по своей сути, когда материалы новые и имеют достаточный ресурс эксплуатационных свойств. Потребителя интересует качество обуви в период с первого дня еѐ приобретения до еѐ морального или физического износа, а, следовательно, и тогда, когда в материалах происходят естественные процессы старения, связанные с появлением дефектов структуры и изменением эксплуатационных свойств изделий. Вся эта преам-

Витебский государственный технологический университет

була нужна авторам только для того, чтобы исключить вопросы глубокого исследования структуры материалов и остановиться на «откликах», которые возникают в них при производстве обуви и которые можно оценить количественно с помощью инструментальных методов, желательно, чтобы они были представлены в технических нормативных правовых актах (ТНПА) и доступны для любого исследователя (пользователя).

В монографии представлены разные виды ИК, которые использовались (или предлагались к использованию) на обувных предприятиях Республики Беларусь с 2005 по 2019 гг. Некоторые отличия в методиках исследования свойств ИК связаны с динамикой изменения взглядов авторов на решение той или иной задачи, представленной в монографии. Встречающиеся повторы, связанные с актуальностью поставленной в монографии проблемы, авторы считают уместными, так как они позволяют создать целостное представление о каждой главе монографии.

Одним из основополагающих критериев оценки качества обуви является её комфортность в носке, которая, как известно, зависит от эффективности технологического процесса и применяемых материалов. В монографии широко используются элементы имитационного моделирования технологических свойств материалов, для разработки методов исследования, обеспечивающих условия испытания образцов, близкие к реальным процессам, происходящим при изготовлении обуви, построению лабораторных моделей, оценивающих качество обуви при её производстве с учетом эксплуатационных характеристик материалов при носке изделий. Имитационное моделирование – одни из самых эффективных методов анализа для исследования и разработки сложных процессов и систем. Это моделирование дает возможность пользователю экспериментировать с системами в тех случаях, когда делать это на реальном объекте невозможно или нецелесообразно. Таким образом, процесс имитационного моделирования понимается как процесс, включающий и конструирование модели для изучения некоторой проблемы. Под моделью реальной системы понимаем представление группы объектов или идей в некоторой форме, отличной от их реального воплощения. Отсюда термин «реальный» используется в смысле «существующий или способный принять одну из форм существования», следовательно, системы, существующие еще только на бумаге или находящиеся в стадии планирования, могут моделироваться так же, как и действующие системы. Всё сказанное выше как раз и находит применение в такой сложной системе, как технология сборки обуви.

Материал, представленный в монографии, предназначен для широкого круга читателей, специализирующихся в области обувного производства, а также смежных отраслях промышленности. Разделы монографии касаются вопросов товароведения, материаловедения и техноло-

Витебский государственный технологический университет

гии обувного производства и могут быть полезны не только научным сотрудникам, а также инженерно-техническому персоналу предприятий, но и, безусловно, студентам, магистрантам и аспирантам учебных заведений соответствующего профиля.

Эта монография также может быть использована как учебное пособие для изучения структуры и свойств ИК, технологии их использования в производстве обуви, в решении задач имитационного моделирования. Данная монография существенно отличается от других пособий в данной области, и это отличие заключается в следующем:

– еѐ могут использовать студенты с различной подготовкой в математике, статистике и теории вероятностей, и она может оказаться полезной более широкому кругу читателей;

– в монографии не уделяется много места вопросам, которые освещены в других изданиях, например, по технологии производства обуви, так как необходимые подробности можно найти в первоисточниках;

– основной упор делается на вопросы, связанные с системным анализом использования ИК и их пригодностью в производстве обуви;

– обсуждаются также вопросы, связанные с целесообразностью использования тех или иных методов и средств оценки качества ИК.

От имени авторов монографии хотелось бы выразить признательность многим людям и организациям, которые способствовали завершению данной работы. В особенности выражаем свою признательность за помощь и поддержку сотрудникам ИММС им. В. А. Белого НАН Беларуси д.т.н., проф. Л. С. Пинчуку и д.т.н., проф. В. А. Гольдаде, а также главному инженеру ОАО «Красный Октябрь» В. М. Тетереву.

В разные годы рецензентами наших публикаций были д.т.н., профессор Сыцко В. Е., д.т.н., профессор Соломахо В. Л., д.т.н., профессор Петрище Ф. А., д.т.н., профессор Карабанов П. С., д.т.н., профессор Прохоров В. Т. и многие другие, которым авторы выражают благодарность за участие в оценке нашей работы.

Глубокую признательность авторы также выражают зав. кафедрой материаловедения и товарной экспертизы РГУ им. А. Н. Косыгина, д.т.н., проф. Шустову Ю. С. и ведущему научному сотруднику ИММС НАН Беларуси Гольдаде В. А. за ценные замечания, сделанные при рецензировании рукописи монографии.

А. Н. Буркин

Витебский государственный технологический университет

ГЛАВА 1
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ПО ОЦЕНКЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ВЕРХА ОБУВИ

Проблема качества и конкурентоспособности продукции на внешнем и внутреннем рынках Республики Беларусь является стратегической задачей отечественных производителей особенно сейчас, когда экономика страны находится в сложных условиях. От решения этой задачи в значительной степени зависит занимаемое положение Беларуси в мире. Для повышения конкурентоспособности отечественной обуви предприятиям необходимо стремиться к повышению уровня качества выпускаемой продукции путем проведения мероприятий, связанных с поставкой качественного сырья и материалов, совершенствования технологических процессов и нормативной базы [1.1–1.4].

Для снижения себестоимости значительная часть обуви в настоящее время изготавливается с верхом из искусственной кожи (ИК). Опыт изготовления такой обуви показал, что основные факторы, влияющие на неудовлетворительный уровень еѐ качества, связаны в основном с наличием на рынке ИК невысокого качества и отсутствием методов и средств оценки их пригодности к использованию в заготовках верха обуви. Указанные причины приводят к появлению дефектов обуви, которые проявляются в основном в процессе еѐ эксплуатации и связаны, прежде всего, с потерей формы верха, появлению складок и т. п. [1.5–1.7].

Главным направлением обеспечения повышения конкурентоспособности отечественной обуви является использование для верха обуви материалов, по своим характеристикам пригодных к формованию, так как в себестоимости обуви основную долю составляет именно сырьѐ, а значит, для обеспечения требуемого уровня качества обуви актуальным является разработка методов и средств определения степени пригодности используемых материалов.

1.1 Роль процесса формования заготовок верха обуви в формировании потребительских свойств обуви

В процессе формования заготовки верха обуви плоским еѐ деталям придаѐтся необходимая пространственная форма, при этом производится правильная установка заготовки на колодке, основная дефор-

Витебский государственный технологический университет

мация, обеспечивающая плотное облегание материалов поверхности колодки. Формование заготовки является одним из важнейших этапов производства обуви, так как именно от него непосредственно зависит внешний вид и формоустойчивость обуви. При формовании заготовок верха обуви материал необходимо максимально деформировать без ухудшения его качества и нарушения швов, учитывая тот факт, что заготовку формуют не только для придания определѐнной формы, но и для увеличения формоустойчивости обуви. Под формоустойчивостью обуви следует понимать не только свойство обуви сохранять свою форму в процессе хранения и носки, но и деформироваться в пределах, необходимых для приформовывания к стопе, но не в такой степени, чтобы вызывать неудобства для ноги и потерю внешнего вида обуви [1.8, С. 213, 214].

Способы формования заготовок верха обуви делят на внешний обтяжно-затяжной, параллельный внешний и комбинированный. Существенным отличием формования параллельным внутренним и внешним способами от обтяжно-затяжного метода является постоянство деформации при формовании, так как формующие инструменты доходят до определенного конечного положения. При этом в зависимости от конструкции заготовки верха обуви, оборудования и инструментов, применяемых при формовании, детали заготовки верха подвергаются одноосному или двухосному растяжению. В большинстве случаев материал верха обуви испытывает при формовании сложные деформации [1.9, С. 170].

На обувных предприятиях Республики Беларусь значительной частью выпускаемой продукции является обувь внутреннего способа формования литьевого метода крепления, чаще всего с применением предварительного формования деталей и узлов заготовки верха. Например, на ОАО «Красный Октябрь» объѐм такой обуви составляет до 700–800 тыс. пар в год. Значительные объѐмы такой обуви выпускают также холдинг «Белорусская кожевенно-обувная компания «Марко», СООО «Белвест» и ЗАО СП «Отико».

В целях обеспечения устойчивой конкурентоспособности на обувном рынке промышленные организации осуществляют разработку и внедрение в производство обуви различных стилевых направлений и ценовых категорий [1.10, 1.11]. Ассортимент обуви внутреннего способа формования, выпускаемой предприятиями Республики Беларусь, разнообразен. Образцы некоторых из них с краткой характеристикой представлены на рисунке 1.1.

Формование заготовки верха на раздвижной колодке является одним из основных технологических этапов изготовления обуви внутреннего способа формования (рис. 1.2–1.4).

Витебский государственный технологический университет

Рисунок 1.1 – Образцы обуви внутреннего способа формования, выпускаемой в Республике Беларусь:

а – полуботинки женские модели арт. 813231 Марко City style осенне-весеннего периода носки; верх – ИК, подкладка – НК+ СК, подошва – этиленвинилацетат (ЭВА), ОАО «Красный Октябрь; б – ботинки мужские модели арт. 827030 Optima осенне-зимнего периода носки; верх – ИК, подкладка – НК+текстильный материал, подошва − термопластичная резина (ТПР), ОАО «Красный Октябрь»; в – полуботинки мужские модели арт. 847001 Optima осенне-зимнего периода носки; верх – ИК, подкладка – НК+текстильный материал, подошва – полиуретан (ПУ), ОАО «Красный Октябрь»; г – полуботинки женские осенне-весеннего периода носки; верх – ИК, подкладка – текстильный материал, подошва − термоэластопласт (ТЭП), СООО «Марко»; д – полуботинки женские весенне-летнего периода носки; верх – ИК, подкладка – текстильный материал, подошва – тэрмоэластопласт (ТЭП), СООО «Марко»; е – туфли женские осенне-зимнего периода носки; верх – НК, подкладка – НК, подошва – полиуретановая композиция, СООО «Белвест»; ж – полуботинки мужские весенне-летнего периода носки; верх – НК, подкладка – НК, подошва – полиуретановая композиция, ЗАО СП «Отико»; з – полусапоги женские осенне-зимнего периода носки; верх – НК, подкладка – шерсть, подошва – полиуретановая композиция, СООО «Белвест»

Витебский государственный технологический университет

Рисунок 1.2 − Раздвижная колодка в нерабочем состоянии на столе приспособления для разъѐма колодок и объемные заготовки на приспособлении для увлажнения носочной части паром

Рисунок 1.3 – Заготовка верха обуви на раздвижной колодке в нерабочем состоянии

Рисунок 1.4 – Заготовка верха обуви на колодке после формования

Витебский государственный технологический университет

Заготовка при формовании на раздвижных колодках (рис. 1.5 и рис. 1.6) деформируется неравномерно, так как на характер распределения деформации влияют вид, конструкция заготовки верха и формующей оснастки, а также показатели физико-механических свойств используемых материалов.

Большое значение на характер распределения деформации оказывает конструкция формующей колодки, которая должна отвечать технологическим и конструктивным требованиям. Все технологические требования к колодке сводятся к обеспечению с еѐ помощью равномерного и достаточного растяжения материала заготовки. Конструктивные требования, предъявляемые к обувным колодкам различных типов, заключаются в создании колодки простой конструкции с достаточными пределами изменения размеров и большим сроком службы с сохранением основных еѐ параметров [1.10, С. 200–203]. В настоящее время при производстве обуви внутреннего способа формования используются современные конструкции обувных колодок, изображѐнные на рисунке 1.5.

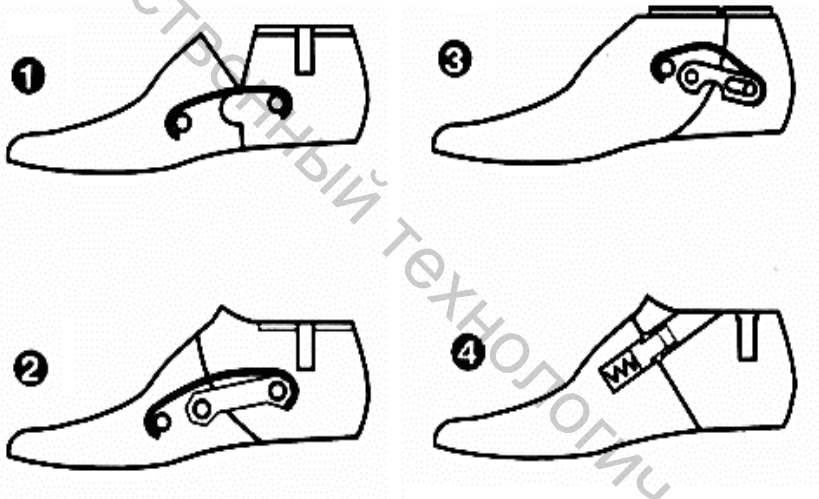


Рисунок 1.5 – Схемы раздвижных обувных колодок:
1 – разъѐмные с пружинной скобой; 2 − разъѐмные с шарниром и пружинной скобой; 3 – колодка для прямого прилива подошвы; 4 – специальная разъѐмная фирмы «Саламандер»

Формование заготовки внутренним способом может осуществляться: на раздвижных колодках, когда заготовка пространственной формы с пристроченной втачной стелькой одевается на формующую колодку с фигурным или прямым разрезом с продольным движением передней и задней частей и выдерживается в течение (1,5–2) мин. Температура нагрева носочно-пучковой части (135±5) ^{o}C и пяточной части (95±5) ^{o}C.

Получить большие деформации заготовок верха обуви при формовании только раздвижными колодками трудно, поэтому этот способ

Витебский государственный технологический университет

применяется в основном при изготовлении домашней обуви. Большие деформации можно получить лишь при применении предварительного формования на специальных машинах, после чего заготовку скрепляют со стелькой, в полученную объемную заготовку вставляют колодку и производят окончательное еѐ формование.

Формование заготовки внутренним способом с использованием ряда операций по предварительному формованию содержит следующие этапы:

− предварительное формование пяточной части на машине HBU при использовании двух пуансонов: горячего с температурой 80 ^{o}C, на котором происходит термопластификация, склеивание задника с верхом и кожподкладкой, а также формование пяточной части и холодного с температурой от 0 ^{o}C до -2 ^{o}C, на котором происходит охлаждение и окончательное дублирование задника;

− предварительное формование носочной части на машине VBF-1, на которой пакет верха сначала в носочной части пластифицируется в течение 10 с при температуре 120 ^{o}C, а затем заготовка помещается в зазоры между пластинами и разогретый до 150 ^{o}C горячий пуансон, вдавливаясь в заготовку, формует носочную часть;

− с помощью машины 3811-2/04 кл. производится припосаживание носочной части заготовки для стабилизации длины затяжной кромки относительно длины втачной стельки и для дополнительного удерживания формы носочной части обуви по затяжной кромке с помощью укрепляющей тесьмы.

После выполнения операций предварительного формования заготовку одевают на колодку и для повышения формоустойчивости обуви производят влажно-тепловую обработку (ВТО) обуви, после которой внутренние напряжения в материале снижаются, заготовка лучше приформовывается к колодке, повышаются остаточные удлинения и формоустойчивость обуви. Режим работы в установке проходного типа следующий:

− влажным горячим воздухом – T=(65–75) ^{o}C, φ=(96±1) %, τ=1 мин;

− сухим горячим воздухом − T= (100–140) ^{o}C, τ= (3–5) мин;

− охлаждение − T= (20–25) ^{o}C, τ= (1–2) мин.

Для внутреннего формования заготовок требуется тщательный подбор материалов верха по плотности и удлинениям. Необходимо строго выдерживать направления раскроя деталей верха, подкладки и особенно мягкой стельки, так как продольная ось стельки должна строго совпадать с направлением наименьшего удлинения ткани или дублированного материала. В системе верх − стелька последняя должна быть наименее тягучей. Только при этом условии возможно хорошее формование.

Витебский государственный технологический университет

В настоящее время для верха обуви внутреннего способа формования применяют НК: опоек, выросток, полукожник, например, «Тулип-Софти», «Фиеста-Софти», «Барбадос» (МПК), «Импульс», «Мираж», «Спартак» (ОАО «Сафьян»), «Денвер», Nappa (Великобритания). В отдельных конструкциях заготовки применяется шевро, велюр, дублированные шерстяные, хлопчатобумажные ткани, а также ИК на тканевой основе. Для подкладки используются тик-саржа, диагональ и подкладочная кожа, например, полуфабрикат дублѐный «Вет-Блю» и ткани, например, термоткань Тк 180-Х-210. Используют также нейлон, полотно с термопокрытием 2022/455 (Германия), термобязь арт. 81105 (Витебск), трикотаж, например, трикотаж 220-F-MPS или термотрикотаж (ОДО «ТДС»), текстильную межподкладку обувную ТПЖ-280 (Витебск) или полотно с термопокрытием 220-UN-MPS (Германия).

Для дублирования применяют различные виды спанбонда, например, СБ 170-ПП-210. Мягкую втачную стельку вырубают из трех- и двухслойной кирзы, дублированных тик-саржей, и в отдельных случаях из подкладочной кожи, дублированной тик-саржей. Дублированные ткани придают втачной стельке большую прочность и одинаковую тягучесть в продольном и в поперечном направлениях.

Внутреннее формование заготовок применяется при изготовлении обуви различных методов крепления низа: рантового, доппельного, клеевого, строчечно-клеевого и горячей вулканизации. В последнее время более широкое применение получил строчечно-литьевой метод крепления низа (рис. 1.6).

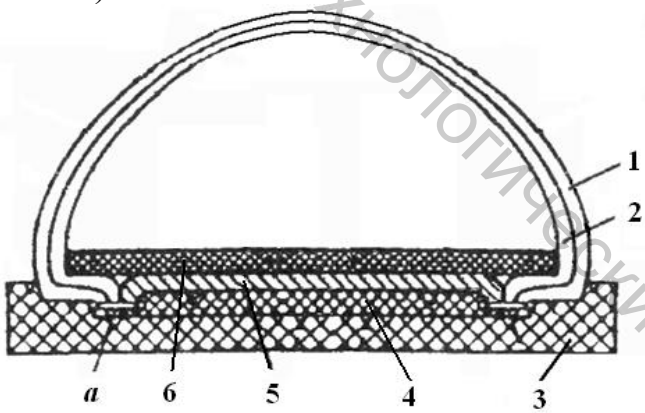


Рисунок 1.6 – Схема строчечно-литьевого метода крепления низа обуви: 1 – заготовка; 2 – подкладка; 3 – подошва; 4 – простилка; 5 – втачная стелька; а – ниточный шов; 6 – вкладная стелька

При проектировании заготовки можно предусмотреть получение определѐнного сочетания деформации материала в двух направлениях при предварительном формовании на пуансонах, которое является оптимальным и обеспечивает получение обуви с высокими эксплуатационными свойствами [1.11, С. 196].

Витебский государственный технологический университет

Внутренний способ формования по сравнению с обтяжно-затяжным имеет следующие преимущества: материалоемкость обуви уменьшается на 8–12 % в результате большого и равномерного растяжения деталей заготовки и ликвидации или уменьшения припусков на затяжку, удаляемых при изготовлении обуви; основная сушка отформованной обуви отсутствует, что уменьшает длительность производственного цикла и потребность в затяжных колодках; производительность труда повышается на 15–20 % вследствие совмещения и ликвидации ряда технологических операций.

Для формования внутренним способом кожа должна иметь удлинение 15–19 %. Поэтому при формовании в материале сохраняются пластические свойства, что может привести к быстрому разнашиванию обуви и потере еѐ формы. Кроме того, при внутреннем способе формования требуется более высокая точность сборки заготовки верха обуви [1.10, С. 203, 1.12]. Основные преимущества внутреннего способа формования подробно рассмотрены в работе [1.12].

1.2 Показатели физико-механических свойств материалов, определяющие качество формования верха обуви

Основополагающими характеристиками механических свойств материалов для обувного производства являются прочность и деформация. Только при определенных значениях этих показателей гарантируется проведение технологических операций изготовления изделий без их разрушения и надежная последующая эксплуатация изделия. В процессе формования деталей верха обуви материалы испытывают усилия, направленные перпендикулярно их поверхности, в результате чего в них возникает сложное напряженное состояние. Реакция материалов на такое воздействие проявляется в виде сложной деформации, значительно отличающейся от одноосного растяжения. Растяжение − наиболее распространенный вид деформации, которую может испытывать материал. Растяжение характеризуют показателем относительного удлинения при заданном (полученном) напряжении. Деформацию растяжения, распределяющуюся по многим направлениям, называют двухосной [1.13, С. 37].

Исследованию структуры и физико-механических свойств кож для верха обуви посвящены работы Чернова Н. В., Михайлова А. Н., Зыбина Ю. П., Кутянина Г. И., Страхова И. П., Куприянова М. П., Калиты А. Н., Кравченко А. Д., Анохина Д. И., Зыбина А. Ю. [1.14–1.24] и других.

Материалы для верха обуви должны обладать хорошей формуе-

Витебский государственный технологический университет

мостью, т.е. хорошо деформироваться при растяжении, чтобы придать верху обуви форму колодки, должны быть при этом ещè и пластичными, чтобы сохранять приданную форму во время носки обуви. При формовании материалы деформируются на необходимую величину не только для придания обуви определенной формы, но и для увеличения еè формоустойчивости в процессе эксплуатации и хранении. Буркиным А. Н. установлено, что чем больше способность кожи деформироваться, тем выше формоустойчивость [1.6, С. 105, 126]. Применяемые в заготовках верха материалы должны быть упругими и способными к восприятию циклических нагрузок. Деформация материала должна носить как упругий (для сохранения формы), так и пластичный (для придания формы) характер. Наиболее приемлемым для формования считается соотношение, где относительное остаточное удлинение равно 40 %, а относительное упругое удлинение – 60 %. Сочетание упругой и остаточной деформаций характеризуется величиной относительного удлинения [1.25].

В учебнике Краснова Б. Я. [1.26] рекомендовано учитывать соотношение упругого и остаточного удлинения для оценки способности кожи к формованию, поскольку применение кож с низким остаточным удлинением (высокой упругостью) затрудняет формование заготовки верха обуви на колодке. Наибольшей долей остаточных удлинений в общем удлинении кожи обладают более пластичные кожи. В то же время верх обуви с высокой пластичностью во время носки быстро теряет форму. Поэтому желательно, чтобы материал обладал не только пластичностью при формовании заготовки верха обуви, но и достаточной упругостью при еè эксплуатации.

В работах некоторых авторов, например, Воронова Н. Ф., Иванова М. Н., Тройской Э. В., Синаюк Д. А. [1.27–1.29] формуемость, как способность материала принимать пространственную форму в результате внешних воздействий и сохранять еè в дальнейшем, характеризуется нагрузкой, необходимой для деформирования материала на определенную величину. В других работах формуемость E_0, названная процентом фиксации, определяется как отношение остаточных удлинений $\varepsilon_{ост}$ через определенное время после фиксации к общему удлинению $\varepsilon_{общ}$ при фиксации. Так в своей работе [1.30] Арцишаускайте Р. В. и Раяцкас В. Л. формуемость материала характеризуют величиной релаксации напряжений ζ и остаточных деформаций $\varepsilon_{ост}$ при растяжении образцов кожи в воздушно-сухом и увлажненном состоянии.

Луцык Р. В., Хомяк Н. Е., Холод В. П., проводя оценку кинетики и динамики релаксационных процессов в обувных материалах при формовании, полную деформацию образцов разделяют на упругую, высокоэластическую и пластическую, состоящую в свою очередь из мгновеннопластической и вязкопластической. Они установили, что при

Витебский государственный технологический университет

формовании заготовок растяжение верха обуви не должно выходить за пределы пластической деформации СК, которые для исследуемых материалов ограничивались величиной 2–4 % [1.31, 1.32].

Майорова Н. З., Калита А. Н., Муханов Г. В. в своих исследованиях [1.33] предложили методику расчета деформации заготовок на стадии их проектирования по значению среднего коэффициента удлинения по партии кож, что позволило учитывать неравномерность физико-механических свойств материалов.

Большое значение при формовании заготовки верха обуви на колодке имеет способность материалов при одноосном растяжении сокращаться в поперечном направлении. Это свойство характеризуется отношением относительного поперечного сокращения (ε_1) к относительному удлинению (ε), т.е. коэффициентом поперечного сокращения μ:

$$\mu = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon}. \qquad (1.1)$$

Величина коэффициента поперечного сокращения зависит от структуры материалов, величины растяжения и от направления приложения нагрузки. Близость данного коэффициента к единице характеризует степень однородности материала (μ = 1 – изотропный; μ = 0,2–0,4 – сильно анизотропный). Для НК и тканей Этот коэффициент колеблется от 0,4 до 1,58 в зависимости от направления выкраивания образца и возрастает при увлажнении. При расчете деформаций, связанных с формованием деталей верха обуви из кожи принимают μ = 1 [1.34, С. 175].

Исследования деформационных свойств материалов чаще всего проводятся одноосным или двухосным симметричным растяжением. При двухосном симметричном растяжении образец материала растягивается в двух взаимно перпендикулярных направлениях на одинаковую величину [1.13]. Однако между одноосным и двухосным симметричным растяжением может быть множество деформационных состояний материала, различающихся степенью одно- и двухосности. В этом случае растяжение называют сложным двухосным. При двухосном растяжении толщина материала уменьшается в результате сдвига волокон и уплотнения структуры. Одновременно увеличивается площадь образца.

Формоустойчивость заготовке верха обуви после еѐ формования обеспечивают пластические свойства материалов, связанные с необратимым смещением элементов их структуры при деформировании. Показателем формоустойчивости материала может служить коэффициент формоустойчивости:

$$K_{\text{Ф}} = \frac{\varepsilon_{\text{ост.}}}{\varepsilon_{\text{полн.}}}, \qquad (1.2)$$

Витебский государственный технологический университет

где $\varepsilon_{ост.}$ – относительное остаточное удлинение; $\varepsilon_{полн.}$ – полное относительное удлинение.

Следует также учитывать, что получить необходимые высокие величины деформации при формовании заготовки верха обуви только раздвижными колодками без предварительного формования еѐ деталей очень трудно (формоустойчивость будет невысокой).

Одним из показателей, характеризующих тягучесть материала, является величина удлинения образцов при разрыве. Однако такой показатель отражает нежелательную ситуацию как в процессе изготовления, так и при эксплуатации изделия.

Жесткость и условный модуль упругости характеризуют упругие свойства материалов, и чем выше у материала данные показатели, тем меньше его деформация.

Исследования Зыбина Ю. П. показали, что при внутреннем способе формования продольная деформация составляет от 9 % до 11 %, а деформация заготовки по следу обуви − от 3 % до 4 % в продольном и в поперечном направлениях [1.16, С. 199–204]. В работе [1.34] также установлено, что важным элементом расчѐта размеров деталей при их проектировании является расчет деформации заготовки при обтяжке ($\varepsilon_з$), на величину которой заготовку следует уменьшить. Такая деформация зависит от тягучести входящих в заготовку материалов, от линейных размеров детали, последовательности размещения еѐ в заготовке, а также от вида самой заготовки (туфли, полуботинки, ботинки, сапоги) и частично от характера еѐ конструкции (плоская, пространственная, объемная).

Оржякаускас П. И., Пекарскас В.-П. В., Раяцкас В. Л. в одной из своих работ [1.35] рассматривают различные аспекты прогнозирования деформационных свойств систем материалов, соединенных последовательно, в зависимости от свойств материалов, взятых в отдельности, в предположении, что кривые растяжения материалов и их системы описываются степенным уравнением:

$$\varepsilon = A \cdot Q^n, \qquad (1.3)$$

где Q – нагрузка, Н; ε – относительное удлинение, %; n и A – коэффициенты.

В зависимости от конструкции заготовки и входящих в нее материалов показатель степени n находится в пределах 0,55–0,95 [1.34].

Горбачик В. Е., Загайгора К. А., Максина З. Г. называют коэффициент A коэффициентом удлинения и вместе с удлинением при разрыве ε_p определяют по ним для систем материалов верха обуви анизотропию свойств [1.36, 1.37].

Томашева Р. Н. и Горбачик В. Е. в работе [1.38] исследовали пла-

Витебский государственный технологический университет

стичность материалов для верха обуви. Для исследований были выбраны: полукожник, яловка легкая, ИК на тканевой основе, СК на нетканой волокнистой основе. Испытания проводились на разрывной машине «Франк». Образцы материалов выкраивались в трѐх направлениях, наиболее часто используемых при раскрое деталей верха. Установлено, что способность материалов верха обуви формоваться, приформовываться и сохранять заданную форму определяется наличием комплекса упругопластических свойств, для характеристики которых используется целый ряд различных показателей, среди которых наиболее распространенным является показатель пластичности:

$$\Pi = \frac{\varepsilon_{\text{ост.}}}{\varepsilon_{\text{общ.}}} \cdot 100\%, \qquad (1.4)$$

где $\varepsilon_{\text{ост.}}$ − остаточное удлинение; $\varepsilon_{\text{общ.}}$ − общее удлинение.

Анализ результатов показал, что наилучшими пластическими свойствами среди материалов для верха обуви обладает НК. Еѐ пластичность колеблется в пределах 30–45 % в зависимости от вида кожи и направления раскроя. Наихудшие пластические свойства отмечаются у ИК и СК. Их пластичность в среднем в 2,5–4 раза ниже, чем у НК.

Горбачик В. Е., Загайгора К. А., Максина З. Г. и другие провели исследование влияния свойств НК, межподкладки и подкладки на величину и характер деформации заготовок при однопроцессном способе внутреннего формования [1.39]. Исследования проводились в производственных условиях на мужской обуви с настрочной союзкой литьевого метода крепления по технологии, утвержденной на предприятии, после операций предварительного формования носочной части заготовок, после формования заготовок однопроцессным внутренним способом (одевании на колодку), после снятия с колодки и спустя 24 часа выдержки. В качестве материала верха использовали наиболее часто применяемые НК верха обуви, межподкладочные и подкладочные материалы.

На выкроенные детали заготовок наносили сетку горизонтальных и вертикальных линий и окружностей диаметром 10 мм, которые при формовании заготовок принимали форму эллипса или круга. Измерением диаметров кругов или осей эллипсов с точностью до 0,25 мм определяли абсолютные и относительные удлинения:

$$\varepsilon = \frac{D_1 - D}{D} \cdot 100\%, \qquad (1.5)$$

где D_1 − диаметр круга или осей эллипсов после формования, мм; D − исходный диаметр круга, мм.

Витебский государственный технологический университет

Существенное влияние на характер растяжения систем материалов заготовки оказывают физико-механические свойства НК. По площади равномернее растягивается союзка, состоящая из кожи, обладающей однородными деформационными свойствами, межподкладкой и подкладкой из трикотажных полотен. Во всех исследованных системах союзка значительно растягивается только при предварительном формовании носочной части, а при одевании на колодку растягивается неравномерно, имеются недеформированные зоны, где растяжение составляет 2,5–7,5 %. Доказано, что большой запас деформационной способности кожи может привести к снижению формоустойчивости обуви при носке.

Несмотря на достаточно разработанную технологию формования обуви и практический опыт работы предприятий, обувь однопроцессного способа внутреннего формования зачастую теряет форму в пучках при носке, что выражается в поперечных складках в местах изгиба и увеличении объема обуви. Для повышения формоустойчивости обуви такого способа формования необходимо корректировать линейные размеры и площади деталей заготовок с учетом деформационной способности кож верха при разработке их конструкции, а также увеличивать деформацию заготовок при предварительном формовании и собственном формовании.

В. В. Щербаков, А. Н. Калита, Г. К. Рухадзе, В. Л. Полищук провели исследование влияния подкладочных и межподкладочных материалов на формоустойчивость систем материалов с верхом из ИК при одноосном и двухосном симметричном растяжениях. Формоустойчивость оценивали величиной относительных остаточных удлинений $E_{ост.}$ после пролежки в течение 7 суток [1.23].

Для исследования были выбрана СК-8, подкладка из свиной кожи, условно разделенная на 3 группы в зависимости от тягучести при напряжении 9,8 МПа (I – с удлинением 17,1 %; II – 28 %, III – 40,3 %), и спилок подкладочный яловый, а также системы материалов: СК-8 + кожподкладка, СК-8 + спилок; СК-8 + бязь + кожподкладка; СК-8 + бязь + спилок. Все системы дублировались клеем. Методика проведения эксперимента заключалась в последовательном выполнении технологических операций по формованию верха обуви. Одноосное растяжение выполняли с помощью специального приспособления, а двухосное – симметричное на приборе, конструкция которого представлена в работах [1.23, 1.40]. На образцы наносили базовый отрезок, по изменению длины которого рассчитывали значения $E_{ост.}$. Режимы формования были различными. При этом образцы находились в деформированном состоянии в течение 60 мин. Одиночные образцы СК не увлажнялись.

Анализируя полученные величины относительных остаточных удлинений, отмечены некоторые закономерности их изменения. Установлено, что при двухосном симметричном растяжении удлинение на

Витебский государственный технологический университет

1,8–6,8 % больше, чем при одноосном растяжении, а средние величины относительных остаточных удлинений одиночных подкладочных материалов при существующей технологии изготовления обуви с верхом из СК в основном имеют меньшие значения, чем СК-8. Только высокотягучие подкладочные материалы (с удлинением 40 % при 9,8 МПа) имеют относительные остаточные удлинения, равные относительным остаточным удлинениям СК-8. Отмечено, что увеличение тягучести подкладочных материалов приводит к росту относительных остаточных удлинений систем материалов. При этом их средние значения для двойных и тройных систем материалов имеют промежуточное значение между относительными остаточными деформациями верха и подкладки. В первом приближении $E_{ост.}$ системы равно или несколько больше полусуммы $E_{ост.}$ верха и $E_{ост.}$ подкладки. Следовательно, зная значения $E_{ост.}$ СК (при конкретных условиях производства) и определив отдельно значения $E_{ост.}$ подкладочного материала, можно, не испытывая систему материалов, характеризовать ее формоустойчивость.

Авторы отмечают, что относительные остаточные удлинения системы СК-8 + подкладка на 2–4,5 % больше относительных остаточных удлинений системы СК-8 + межподкладка + подкладка. Аналогичные результаты были получены при исследовании формоустойчивости систем материалов с верхом из Кларино 1519. Поэтому при проектировании и изготовлении обуви с верхом из СК, имеющих двухслойную структуру, можно не дублировать верх межподкладкой, что позволит сэкономить и несколько увеличить формоустойчивость такой обуви.

Режимами формования обуви из натуральной кожи занимались также и другие исследователи, например, Кавказов Ю. Л., Файбишенко М. А., Шестакова Н. А. [1.41–1.43].

Построению математических моделей процесса формования заготовок верха обуви посвящены работы Воронова Н. Ф. и Иванова М. Н. [1.26–1.29]. В качестве критериев оценки режимов формования выбраны: показатель относительной остаточной деформации ИК корфам через сутки и через семь суток; условный модуль упругости при 10 %-ном удлинении; относительное удлинение при разрыве и напряжение при разрыве. Через 5 мин после растяжения производилась термофиксация образцов. Общее время выдержки в растянутом состоянии – 60 мин.

Анализ математических моделей показал, что с увеличением температуры, продолжительности термофиксации и величины начальной деформации происходит увеличение относительной остаточной деформации и модуля упругости корфама, а разрывное удлинение уменьшается. Наиболее сильное влияние на значения остаточной деформации и модуля упругости оказывает температура. В меньшей степени они зависят от продолжительности термообработки и величины деформации материала. Зависимость разрывного удлинения от изучаемых параметров в

Витебский государственный технологический университет

области эксперимента − линейная. Полученные результаты авторы объясняют особенностями структуры материала. Корфам является характерным представителем многослойных синтетических материалов, основа которых содержит слой армирующей ткани. Ткань находится между нетканой волокнистой основой из полиэтилентерефталатных волокон, пропитанных полиэфируретаном, и лицевой полиэфируретановой пленкой. Механические свойства подобных материалов в значительной мере определяются свойствами нетканой основы и армирующей ткани.

Наблюдаемые в области эксперимента экстремальные значения деформации объясняются, главным образом, особенностями деформационных свойств ткани, хотя нельзя полностью исключать действие упругих сил растяжения волокнистой основы и лицевой пленки. При термофиксации скорость протекания и глубина завершения релаксационных процессов в различных слоях неодинаковы из-за различия термоупругих свойств составляющих корфам компонентов. При одних и тех же режимах термообработки можно ожидать большей степени релаксации остаточных напряжений в полимерной пленке и волокнистой основе, чем в ткани. Это может быть причиной возникновения значительных остаточных напряжений в пограничных слоях.

После охлаждения материала и снятия деформирующего усилия волокна в нетканой основе и тканевая прослойка удерживаются в растянутом состоянии полимером связующего. Поэтому все эти компоненты оказываются напряженными. До определенного момента действие возникающих при формовании внутренних напряжений компенсируется силами взаимодействия пограничных слоев и возрастанием жесткости нетканой основы. Увеличение доли пластических деформаций с возрастанием общей деформации материала при формовании происходит до тех пор, пока уровень внутренних напряжений не превысит сил взаимодействия на границах ткань − полимерное связующее − волокна.

В работе Гвоздевской В. А., Адигезалова Л. И. и Шварца А. С. [1.44] приводятся результаты исследований по определению оптимальной величины начальной деформации с учетом релаксации напряжений. Исследования проводили с применением многоосного релаксометра на образцах из выростка хромового дубления. По результатам эксперимента построены зависимости изменения коэффициента формоустойчивости от остаточных напряжений во времени при различных величинах начального приращения площади образца (10–30 % от первоначальной площади), которые показали, что максимальный коэффициент формоустойчивости наблюдается при начальной деформации по площади, равной 20 % при минимальных остаточных напряжениях. При дальнейшем увеличении начальной деформации коэффициент формоустойчивости уменьшается, а остаточное напряжение увеличивается, т.к. взаимное перемещение молекулярных цепей и более крупных элементов

Витебский государственный технологический университет

структуры кожевенного волокна заканчивается при вытяжке по площади на 20 %. Наряду с этим происходит молекулярная перегруппировка в направлении восстановления равновесной ненапряженной структуры кожи. При вытяжке более 20 % происходит как повышение остаточного напряжения, так и возрастание формующего усилия. Это объясняется растяжением структурных элементов кожи, в которой преобладают упругие деформации как результат структурных преобразований.

Авторами установлено, что оптимальная величина начальной деформации по площади для выростка хромового дубления составляет 20 %. При этом достигаются достаточно высокие значения остаточной деформации кожи, а остаточное напряжение, как показатель формоустойчивости, характеризует эффективность проведения фиксации формы обуви различными методами.

В работе [1.45] отмечено, что одним из прогрессивных направлений в технологии обуви является предварительное формование заготовок верха, особенно для заготовок из ИК. В процессе предварительного формования материал нагревается до высокой температуры, затем формуется на пуансоне, приблизительно соответствующем форме той колодки, на которой будет окончательно формоваться заготовка верха обуви. Преимущество такого метода в том, что наряду с повышением формоустойчивости обуви достигается значительная экономия материалов (от 10 % до 20 %).

Разработке способов и режимов испытаний формовочных свойств СК, наиболее приближенных к условиям формования верха обуви на колодке, посвящены исследования Воронова Н. Ф. [1.46–1.49], которые показали, что при нормальной и при повышенной температуре характер деформации искусственных материалов различен. Автором были изготовлены приборы и разработаны методики испытания материалов на ползучесть при одноосном и двухосном растяжении под действием постоянного напряжения и различных значениях температур и предложен способ изучения кинетики деформации СК во времени двухосным растяжением полусферическим пуансоном. В статье [1.49] показана пригодность разработанного им способа не только для оценки деформационной устойчивости СК под действием различных по величине нагрузок и температур, но и для более углубленной характеристики релаксационных процессов в деформируемых материалах. Выяснение механизма этих процессов имеет важное значение для разработки теоретических основ и рациональных режимов формования обуви. Полученные результаты Воронов Н. Ф. объясняет молекулярно-кинетическими представлениями о процессах деформирования и разрушения полимерных материалов. Общая закономерность развития этих процессов сводится к тому, что их скорость зависит от энергии связей, разрывающихся в элементарном акте, энергии теплового движения структурных элементов

Витебский государственный технологический университет

полимера и работы внешних сил. Доминирующую роль в процессе деформирования полимерных материалов играет тепловое движение структурных элементов, а влияние внешней силы сводится к тому, чтобы облегчить и расширить поле действия для тепловых флуктуаций. Определение температурных интервалов переходов материалов из одного релаксационного состояния в другое на основе анализа кривых ползучести позволяет получать более всестороннюю характеристику формовочных свойств материалов в широком интервале температур и нагрузок.

Исследованию влияния термофиксации знакопеременными температурами на формоустойчивость образцов СК и дублированных заготовок обуви с верхом из СК посвящена работа Коновала В. П., Якубовой Л. В., Луцыка Р. В., Хомяка Н. Е. и Каштана В. С. [1.50], в которой определялись две функции отклика по двум критериям оптимизации: коэффициенту формоустойчивости дублированных СК и коэффициенту формоустойчивости одиночных СК. Объектами исследований были выбраны одиночные СК-8-Л, СК-8-К, дублированные термобязью, которые используются на обувных предприятиях для закрытых видов обуви. Образцы формовали на полом полуцилиндрическом пуансоне, изготовленном из дюралюминия (для снижения теплоемкости). Формующий пуансон радиусом 40 мм по размерам и форме приближен к пучковой части обуви, так как длина образующей дуги полуокружности составляла 125,6 мм. Отформованные и закрепленные в приспособление образцы нагревались в термошкафу, а затем охлаждались на экспериментальной установке для охлаждения. После охлаждения отформованного образца пуансон удалялся, а образцы оставались в зажимах и сохранялись в обычных атмосферных условиях. Отклонения отформованных образцов от приданной формы измеряли через семь суток после деформации профилографическим методом.

Были получены математические модели, показывающие зависимость коэффициентов формоустойчивости образцов от величины деформации и температуры охлаждения. Анализ математических моделей показал, что формоустойчивость дублированных образцов выше. При этом средний коэффициент формоустойчивости для дублированных образцов по величине (0,964) близок к оптимальному значению, что свидетельствует об эффективности термофиксации заготовок с верхом из СК с помощью знакопеременных температур.

Исследованиями процесса термофиксации формы обуви с верхом из СК, проведѐнными под руководством Коновала В. П. [1.51, 1.52], установлены факторы, влияющие на данный процесс. Наиболее весомые среди них: величина остаточного удлинения, зависящая от деформации при формовании и температурных режимов; величина отклонения от приданной при формовании формы, зависящая от величины де-

Витебский государственный технологический университет

формации, температурных режимов и дублирования заготовки. Величина отклонения от формы выражалась коэффициентом формоустойчивости. Установлено, что при формовании растяжение заготовок не должно выходить за пределы пластической деформации СК, т.е. не более 2–4 %.

Для анализа результатов исследований релаксационных процессов, протекающих в материалах при формовании, используются модельные методы. Работа с моделью позволяет рассчитывать и прогнозировать значения напряжений в исследуемых материалах. При этом выбор модели различен. В работах ряда авторов для описания релаксации напряжений тканей, трикотажа и ИК в качестве такой модели предлагается использовать уравнение Кольрауша, в других работах рекомендуется использовать модель Максвелла.

С целью выбора модели, наиболее точно описывающей релаксационные свойства СК-8 Горбачиком В. Е., Скоковым П. И. и Фурашовой С. Л. [1.53], проверена возможность применения для этих целей уравнения Кольрауша и трехкомпонентной модели Максвелла. Расчет релаксационных характеристик выполнялся по методу Слонимского Г. Л. Экспериментальные данные по исследованию релаксации усилий во времени были получены при одноосном растяжении СК по разработанной авторами методике. Исходными данными для расчета параметров модели Максвелла являлись экспериментальные значения усилий и соответствующие им значения времени при постоянной деформации заторможенного, замедленного и быстропротекающего процессов релаксации материалов. Проведено количественное описание процесса релаксации усилий СК-8 при заданной деформации, равной 15 % и 20 %.

В последнее время учеными УО «Витебский государственный технологический университет» проведѐн ряд исследований упругопластических и релаксационных свойств современных ИК [1.54–1.65], в которых проанализированы свойства и качество ИК.

В работах, посвящѐнных вопросам формования [1.13, 1.16, 1.22, 1.34, 1.40, 1.42, 1.66–1.70], доказана существенная роль формы и размеров колодки в создании формоустойчивости обуви, а величина и характер деформации заготовки при затяжке зависят, прежде всего, от способа формования. Установлено, что при параллельных внутреннем и внешнем способах, как и при обтяжно-затяжном методе, материал заготовки необходимо растянуть как для получения формы обуви без складок и морщин, так и для обеспечения сохранения этой формы при носке. Чтобы отформовать пространственную заготовку, т.е. обтянуть еѐ на колодке, требуется растянуть материал на 2–4 %, чего достаточно, чтобы заготовка плотно облегала колодку, но недостаточно для получения формоустойчивой обуви. Для создания формоустойчивого верха кожу следует растянуть на 7–10 %. Например, при формовании обуви типа мокасин после предварительного формования пяточной части оконча-

Витебский государственный технологический университет

тельное формование колодкой даѐт более равномерное распределение продольной деформации, составляющей 9–11 %. Деформация заготовки по следу обуви составляет 3–4 % в продольном и поперечном направлениях [1.16, С. 199–204]. По результатам исследований Михеевой Е. Я. и Беляева Л. С. [1.71, С. 25] деформация заготовки составляет почти 12–15 % и может достигать в носочной части даже 20 %.

На рисунке 1.7 указаны средние значения деформаций материала верха при формовании на поверхности обувной колодки в процессе изготовления обуви внутреннего способа формования.

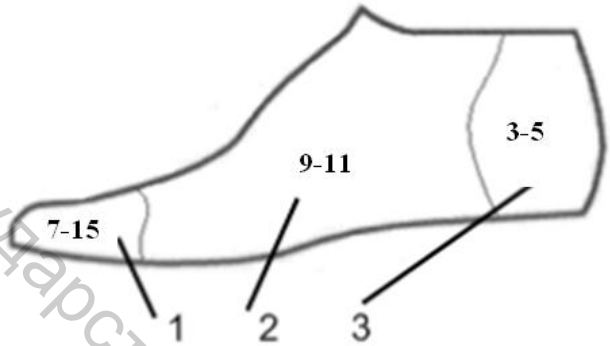


Рисунок 1.7 – Схема распределения деформаций (%) в заготовке верха обуви при внутреннем формовании:
1 – носок; 2 – союзка; 3 – задинка

Таким образом, плоский материал при приобретении необходимой формы на колодке испытывает различные значения продольной и поперечной деформации и поэтому должен обладать определѐнными деформационными свойствами, которые обусловливают не только его способность к формованию, но и позволяют прогнозировать сохранение в дальнейшем приобретѐнной формы. Такие свойства материалов называют формовочными свойствами материала. Таким образом, под формовочными свойствами заготовки следует понимать способность заготовки при правильной еѐ установке плотно облегать поверхность колодки без перекосов и «пузырей» [1.9, С. 170].

При формовании носочно-пучковой части заготовки верха обуви на колодке и в процессе носки обуви имеет место сложное деформированное состояние с преобладанием двухосного растяжения, теоретическим исследованиям которого первоначально были посвящены работы Зыбина А. Ю., Комисарова А. И. и Жарова А. Н. [1.17, 1.72, 1.73]. В последнее время исследованию свойств материалов двухосным растяжением уделяется значительно больше внимания [1.58, 1.60, 1.74, 1.75].

Анализ приведѐнных первоисточников показал, что основными объектами исследований являются НК и реже ИК. Большинство авторов исследуют поведение систем материалов в процессе их влажно-тепловой обработки при обтяжно-затяжном методе формования. Незна-

Витебский государственный технологический университет

чительное количество работ посвящено комплексным исследованиям современных материалов, применяемых в деталях верха обуви и влиянию технологического процесса внутреннего формования на качество изделий. Не совсем обоснованы и корректны некоторые попытки математического описания сложных релаксационных процессов, протекающих в обувных материалах при формовании на раздвижных колодках. Чаще всего такие исследования связаны с определением необходимых свойств материалов, используемых при формовании обтяжно-затяжным способом, реже комбинированным, при этом применяемые методы и средства исследований имеют существенные, а иногда и принципиальные отличия, что не позволяет сопоставить полученные результаты.

1.3 Методы и средства оценки деформационных и формовочных свойств материалов верха обуви

Среди показателей, определяющих особенности материалов, особое место занимают физико-механические свойства, к которым относят характеристики, определяемые путѐм приложения к образцам материалов механических усилий: растяжение, сжатие, изгиб, раздирание, удар и т.п. Авторы учебника по материаловедению в производстве изделий лѐгкой промышленности [1.7, С. 272] определяют механические свойства, как свойства, характеризующие отношение материала к приложенным извне силам, под действием которых происходит деформация материала – изменяются его размеры и форма. В Советском толковом словаре даѐтся такое определение: «деформация – изменение взаимного расположения точек твѐрдого тела, при котором меняется расстояние между ними, в результате внешнего воздействия» [1.76].

Какие же из механических свойств материалов для верха обуви следует считать деформационными и какие показатели их характеризуют? Так как деформационные свойства проявляются при воздействии на материал внешних сил и характеризуются временным или постоянным изменением формы или объѐма тела, поэтому в теории полимеров деформационные свойства разделяют на две группы. Первая группа деформационных свойств характеризует сопротивляемость тел деформации – это вязкость, модуль упругости, твердость, жѐсткость, предел текучести. Другая группа свойств характеризует предельную способность тел деформироваться – это предельная деформация при разрушении, определяемая относительным удлинением при разрыве, работа разрыва, предел прочности при растяжении.

Для процесса формования верха обуви чрезвычайно важным являются формовочные свойства материалов, т.е. способность получения

Витебский государственный технологический университет

пространственной формы и еѐ последующего сохранения. Формование производится растяжением, вытягиванием или давлением, обычно с изгибом деталей и действием температуры, поэтому к материалу предъявляются следующие требования:

– материал должен обладать комплексом упругопластических свойств,

– материал должен выдерживать быстротечные режимы обработки,

– материал должен быть термостойким.

Для всех способов формования необходимо, чтобы материал обладал способностью формоваться без разрушения в таких размерах, которые требуются для достижения соответствующей формы. При этом деформация должна носить как упругий (для сохранения формы), так и пластический (для придания формы) характер. Волокнистые материалы, к которым относятся НК, ткани, текстильные материалы, обладают лучшими формовочными свойствами, чем неволокнистые. Это объясняется их структурой: материал представляет собой совокупность волокон и межволокнистого пространства (пустоты, поры и т.д.).

При приложении определенной нагрузки происходит удлинение материала за счет уменьшения межволоконного пространства, т. е. за счет сближения волокон. Такая деформация является остаточной, так как после снятия нагрузки материал не возвращается в исходное состояние. Данный вид деформации необходим для придания и последующего сохранения требуемой формы. Если продолжать прикладывать нагрузку, то деформация будет происходить уже за счет упругих свойств волокон, т. е. за счет растяжения самих волокон. Такая деформация исчезает после снятия нагрузки и называется упругой.

От деформации материалов при действии механических сил зависят такие потребительские качества материалов, как формуемость, формоустойчивость, износостойкость и другие. Для оценки механических свойств материалов используют различные характеристики. Согласно классификации, проф. Г. Н. Кукина [1.62, С. 65] их подразделяют на типы в зависимости от характера деформации. Показатели каждого типа подразделяют на классы в зависимости от полноты цикла механического воздействия: нагрузка – разгрузка − отдых.

Одним из основных критериев применимости материала для изготовления изделий из кожи является его поведение при растяжении, так как в большинстве случаев при изготовлении и эксплуатации таких изделий на детали действуют именно растягивающие усилия.

Методы получения физико-механических характеристик материалов при растяжении классифицируют по схеме, представленной на рисунке 1.8 [1.7, С. 276].

Витебский государственный технологический университет

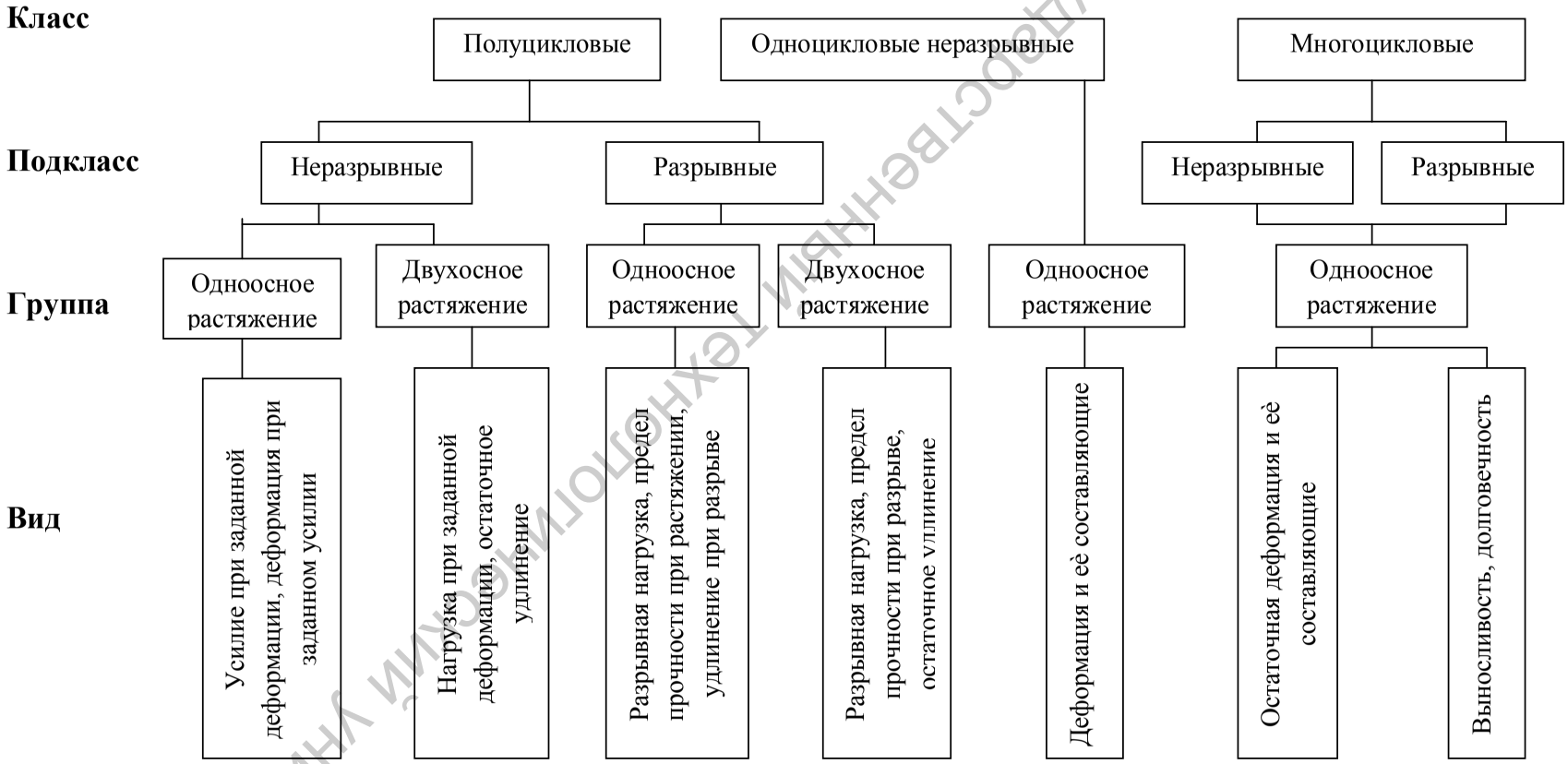


Рисунок 1.12 – Классификация методов получения характеристик материалов при растяжении

Рисунок 1.8 – Классификация методов получения характеристик материалов при растяжении

Витебский государственный технологический университет

В качестве факторов, приводящих к разрушению или деструкции материала, выступают величина приложенной к материалу силы, продолжительность еѐ действия, температура, влажность и др.

Способность материала к удлинению является основным технологическим и потребительным показателем возможности его применения для изготовления изделий, который чаще всего определяется одноосным растяжением.

Испытание одноосным растяжением состоит в приложении нагрузки вдоль оси плоского образца материала установленных линейных размеров и форм в зависимости от вида материала и доведении удлинения до определенной величины или до разрушения образца. Одноосным растяжением образцов рекомендуется получать следующие деформационные характеристики:

– усилие при заданной деформации,
– деформация при заданном усилии,
– разрывная нагрузка,
– предел прочности при растяжении,
– удлинение при разрыве,
– деформация и еѐ составляющие.

Для одноосного растяжения используют разрывные машины различных типов.

Исследование деформационных свойств материалов и их систем в зависимости от поставленных целей проводится также и двухосным растяжением, для чего используются различные приспособления и устройства. Так, например, в зарубежных стандартах описывается достаточное количество приборов для изучения свойств кож, выработанных из различных видов шкур крупного рогатого скота (в том числе эластичных) и ИК, а также подкладочных материалов с целью оптимизации технологического процесса производства обуви и исключения поступления некачественных материалов в производственный цикл.

Чтобы дать представление о том внимании, которое уделяется оценке формовочных свойств материалов верха обуви за рубежом, приведѐм описание некоторых приборов одной из ведущих производителей лабораторного оборудования английской фирмы SATRA [1.75, 1.77, 1.78], среди которых особое место занимают ластометры различных конструкций.

Цифровой ластометр STM 463 (рис. 1.9) позволяет быстро и точно испытывать на двухосное растяжение обувные материалы, определяя подверженность материалов верха растрескиванию и разрушению при растяжении. Он широко используется для проведения многократных испытаний, проводимых в современных лабораториях стран Европы, определяет приложенную нагрузку и величину растяжения, а также позволяет получить график испытаний.

Витебский государственный технологический университет

Упрощенной версией цифрового ластометра является механический ластометр STD 104, предоставляющий всю необходимую информацию для определения пригодности материала к растяжению.

Рисунок 1.9 − Цифровой ластометр STM 463

Упрощенной версией цифрового ластометра является механический ластометр STD 104, который также предоставляет всю необходимую информацию для определения пригодности материала к растяжению. Оба ластометра имеют внутренний диаметр зажимного кольца 25 мм и пуансоны в виде шарика диаметром 6,25 мм. Используются для проведения испытаний образцов диаметром 44,5 мм по стандартам: SATRATM 24, BS 3144: Метод 8, ISO 3379, NFG52-007, DIN 53325, IUP 9, SLP 9, BS 3424: Метод 8 [1.75].

На этапе входного контроля листовых материалов используют ластометр для текущего контроля STD 190. Ластометр текущего контроля является пневматическим устройством для деформирования образцов на предварительно установленную величину – 6, 7 и 8 мм при длине лапки 90 мм. Появление поверхностных трещин или прорыва образца указывают на непригодность материала для деталей верха обуви.

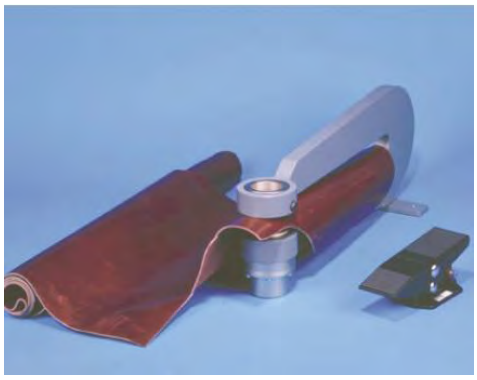


Рисунок 1.10 − Ластометр STD 190 L для текущего контроля

Рисунок 1.11 – Пластиметр STD 449

Витебский государственный технологический университет

Модификацией ластометра STD 190 является ластометр STD 190 L (рис. 1.10) с удлинѐнной полой скобы, что позволяет проводить испытания в любом месте подлежащего проверке материала. Внутренний диаметр зажимного кольца 25 мм и длина лапки 380 мм.

Наиболее простым устройством проверки способности материала формоваться является пластиметр STD 449 (рис. 1.11) в виде зажимной головки со сферическим продавливающим элементом радиуса 51,6 мм из неметаллического материала. Устройство позволяет деформировать материал на 15 % и измерять высоты отформованного купола материала с помощью установленного микрометра в любой момент времени, в том числе и после удаления формующего элемента. Испытания проводятся по стандартам: SATRA TM18; BS 3144: Метод 10; IUP 21 и SLP 11.

Фирмой SATRA выпускается также большое количество приспособлений к разрывным машинам, например, приспособления STM 466LH для оценки способности верха обуви при затяжке не трескаться и не прорываться в зоне носка при продавливании образца шариком и STM 466ST для проведения теста на стойкость кожи к прорываемости. Испытания по стандартам: SATRA TM2, TM162; ISO 3379; BS 3424, 3144: Методы 6, 8; DIN 53325, 53329; IUP 8, 9, SLP 7, 9.

Устройства для испытания материалов верха обуви по отечественным стандартам исключают расходы на приобретение импортного измерительного оборудования и его обслуживания.

ГОСТ 938.16-70 «Кожа. Метод определения прочности кожи и лицевого слоя при продавливании шариком» [1.79] предполагает использование устройства, которое присоединяется к разрывной машине (рис. 1.12).

Это устройство состоит из пластины 11 и планки 5, связанных направляющими 7, при этом пластина 11 прикрепляется к верхнему зажиму разрывной машины с помощью стержня 10. Планка 2, соединяемая с помощью двух направляющих 3 с обоймой 6, жестко укреплена на стержне 1, устанавливаемом взамен нижнего зажима. В середине планки имеется отверстие с винтовой нарезкой, в которое входит винт 4. На конец винта насажен шарик 17 диаметром 6,5 мм. В гнездо обоймы вставляется зажимное кольцо, состоящее из внутреннего и внешнего колец 8, 13. На заплечики внешнего кольца помещают образец кожи 15, на который кладут шайбу трения 14. На одной из направляющих, над внутренним кольцом, устанавливают зеркальце для наблюдения 9. Пробу материала закрепляют в держателе и наблюдают за показателями силы и удлинения в момент образования трещин или прорыва пробы.

Методика определяет только прочность кожи и еѐ лицевого слоя и не позволяет имитировать режимы формования, а использование разрывной машины снижает оперативность контроля качества материалов.

Витебский государственный технологический университет

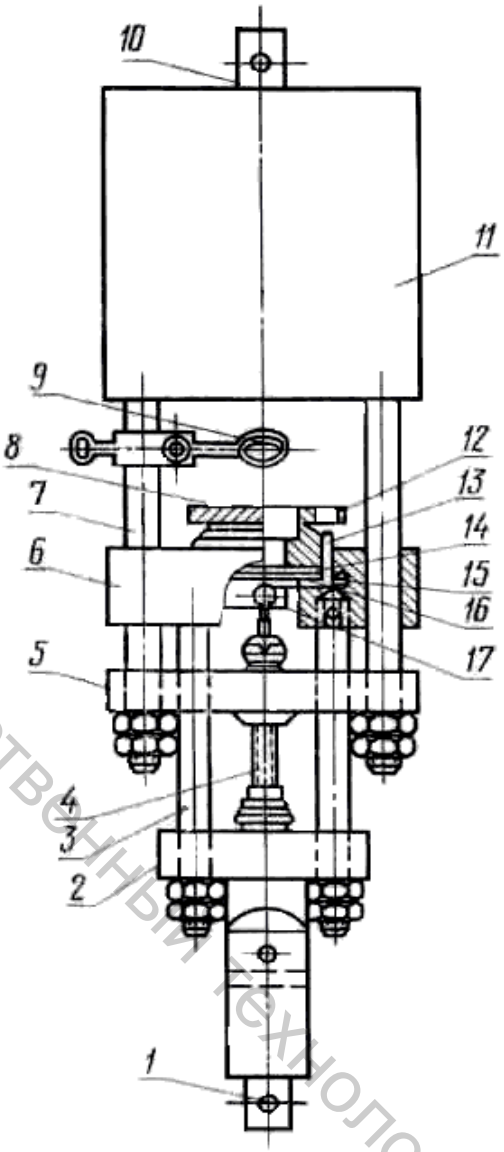


Рисунок 1.12 – Устройство для испытаний по ГОСТ 938.16-70:
1, 10 – стержни; 2, 5 – планки; 3, 7 – направляющие; 4 – винт; 6 – обойма; 8, 13 – соответственно внешнее и внутреннее кольца; 9 − зеркало, 11 – пластина; 12 – отверстие; 14 – шайба трения; 15 – проба; 16 – центральное кольцо; 17 – шарик

ГОСТ 29078-91 «Кожа. Метод испытания сферическим растяжением» [1.80] рекомендует проводить испытание кожи сферическим растяжением без выкраивания образцов с использованием прибора для оперативного испытания кож (ПОИК). Разработанная УкрНИИКПом методика предлагает метод определения деформационных характеристик материалов [1.81].

Прибор (рис. 1.13) состоит из двух частей: механизма зажима и механизма нагружения вставляемых один в другой, что обеспечивает возможность испытания кожи без вырезания образца.

Витебский государственный технологический университет

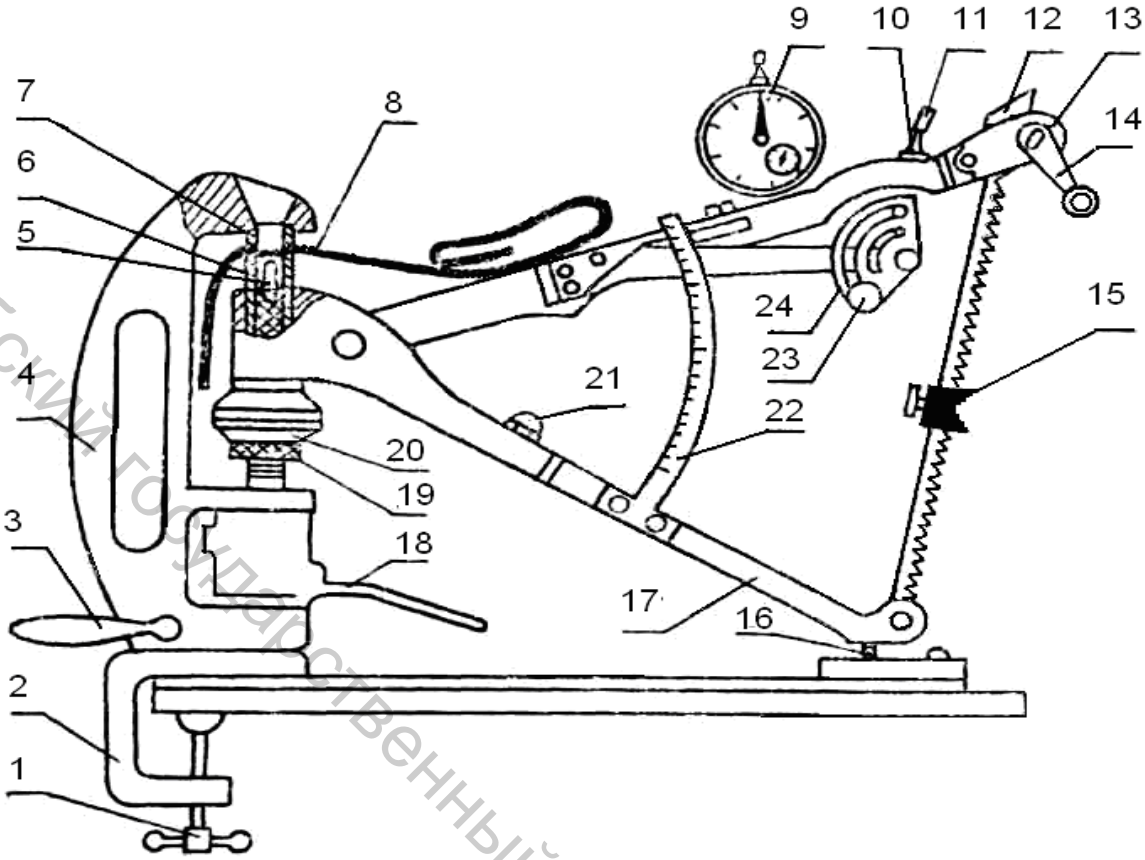


Рисунок 1.13 – Прибор для оперативного испытания кож (ПОИК)

Станиной прибора служит скоба 4, которая подвижно соединена со струбциной 2, предназначенной для закрепления прибора на столе, и может перемещаться по вертикали. Вставную часть прибора, опирающуюся на плечо 17 с опорным винтом для центрирования 16, размещают в проеме скобы так, чтобы оси отверстий втулок 6 и 7 совпали. Кожу 8 размещают в проеме скобы вместе со вставной частью прибора, закрепляют ее втулкой 7, опорной площадкой 10 и вставной частью прибора. Вручную поворотом рукоятки байонетного зажима 18 осуществляют подъем пуансона 5 для продавливания закрепленного участка кожи. Рекомендуемая скорость подъема от 200 до 600 мм/мин. Для измерения величины нагрузки предназначен индикатор 9 с ценой одного деления − 1 кгс (9,81 Н). Тягучесть кожи определяют по высоте подъема пуансона с помощью шкалы 22 (цена одного деления 0,5 мм). Прибор имеет стопорное устройство 10, фиксирующее на индикаторе 15 нагрузку при прорыве кожи.

В приборе предусмотрен сменный пуансон 5 трѐх разновидностей: стержни с полусферическими концами (рис. 1.14 а, б) и стержень с полуцилиндрическим концом (рис. 1.14 в).

Витебский государственный технологический университет

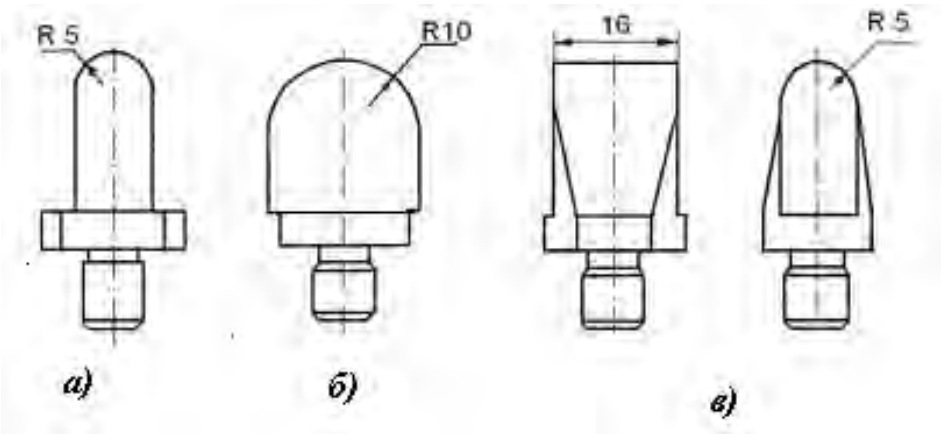


Рисунок 1.14 – Сменные пуансоны

На указанном приборе проводят испытания по определению прочности лицевого слоя и сопротивления при заданной деформации, а также определение равномерности удлинения. Продолжительность испытания – не более 10 с. Достоинством прибора являются его небольшие габариты, возможность установки на любом столе, простота в обслуживании, возможность исследовать свойства материалов в любой точке. Однако использование в качестве продавливающего элемента небольших радиусов при внутреннем диаметре кольцевого зажима 25 мм не позволяет моделировать реальный процесс формования.

В работах [1.82, 1.83] предложен запатентованный прибор для оперативного контроля качества материалов (рис. 1.15), позволяющий осуществлять испытания материалов двухосным растяжением без использования разрывной машины.

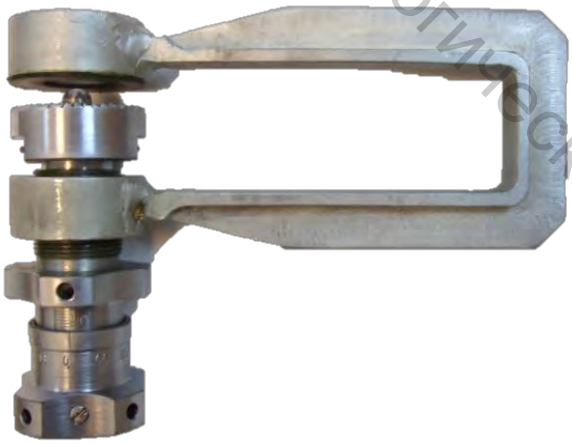


Рисунок 1.15 − Прибор для оперативного контроля качества материалов

Прибор состоит из скобы, в верхней части которой имеется верхний зажим в виде кольца с шайбой трения. В нижней части скобы находится гайка, в которой перемещается винтовой упор с поджимной губ-

Витебский государственный технологический университет

кой. В поджимной губке имеется отверстие для формующего упора (пуансона). Упор совершает поступательное движение под действием винта, перемещающегося в винтовом упоре от вращения маховика. Для точности перемещения используется точечный контакт винта с упором. На маховике и винтовом упоре нанесены круговая и продольная шкалы с ценой деления 0,1 и 1 мм соответственно. Наибольшая толщина контролируемого образца материала 10 мм.

Испытываемый материал вращением винтового упора прижимается к шайбе верхнего зажима поджимной губкой, затем поворотом маховика вдавливают пуансон в материал на определѐнную величину. Нагружение прекращают при достижении необходимой величины деформации или разрушении материала, возможна последующая термофиксация образца. По шкале устройства определяется стойкость материалов, их систем и соединений деталей верха обуви к продавливанию шариком.

Прибор может использоваться для тестирования НК и ИК, термопластичных материалов, их соединений и систем верха обуви на этапах проектирования и производства продукции. Образцы материалов подвергаются продавливанию сменными пуансонами различных диаметров: 6,25 мм согласно ИСО 3379-76 «Кожа. Определение растяжения и прочности лицевого слоя методом продавливания шариком» [1.84]; 6,5 мм – ГОСТ 938.16-70 [1.79]; 10 мм – ГОСТ 29078-91 «Кожа. Метод испытания сферическим растяжением» [1.80] и 20 мм – ISO 17695-2004 «Обувь. Методы испытаний верха обуви. Деформируемость» [1.85, 1.86].

Для определения деформационных свойств материалов Буркиным А. Н., Калитой А. Н, Клобуковым С. И. в работах [1.6, С. 87, 88; 1.87, С. 8] также предлагается использование специального приспособления для двухосного растяжения, представленного на рисунке 1.16.

Приспособление устанавливается на реверсивном приборе 7 разрывной машины и состоит из следующих основных частей: трех направляющих стоек 6, обоймы 5, основания 4. Образец 3 крепится к обойме тремя винтами 2. Далее образец устанавливают на стойки, включается привод разрывной машины, и осуществляют формование образца на 15 % сферическим сегментом 1.

После формования обойма скрепляется с основанием при помощи струбцин и снимается с реверсивного прибора. Диаметр используемых образцов 70 мм с рабочей частью 35 мм. Для оценки статической формоустойчивости в лабораторных условиях по разработанной авторами методике проводят замеры остаточных деформаций. Из-за фиксированных параметров применяемых сферических сегментов указанное приспособление не может быть использовано для получения характеристик непрерывного процесса деформирования.

Витебский государственный технологический университет

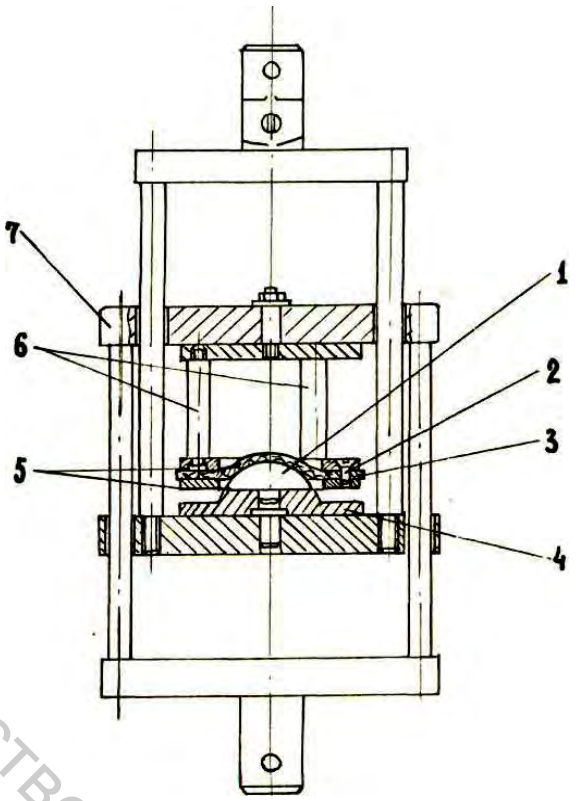


Рисунок 1.16 – Приспособление для двухосного растяжения материалов:
1 – сферический сегмент; 2 – крепѐжный винт; 3 – образец материала; 4 – основание пуансона; 5 – обойма; 6 – направляющие стойки; 7 – реверсивный прибор

Для исследования релаксации, формуемости и также формоустойчивости материалов в лабораторных и в производственных условиях предназначен релаксометр, имеющий пластиметрическую приставку (рис. 1.17), которая обеспечивает растяжение материала и регистрацию релаксируемых усилий при помощи тензодатчика [1.88].

Указанный прибор осуществляет растяжение образца материала при помощи пуансона 11, изготовленного из материала обувных колодок. Усилие, необходимое для растяжения кругового образца, создаѐтся при помощи динамометра, величина деформации фиксируется при помощи струбцин 6. Релаксометр может также помещаться в установки гидротермических воздействий и фиксировать релаксацию усилий в широком диапазоне температур от -40 °С до +200 °С. Формоустойчивость оценивается высотой отформованной полусферы.

Основным недостатком прибора является то, что для создания деформационного усилия необходимо иметь динамометр или другое силовое устройство. Прибор отличается сложностью конструкции и способа фиксации величин получаемых растяжений.

Витебский государственный технологический университет

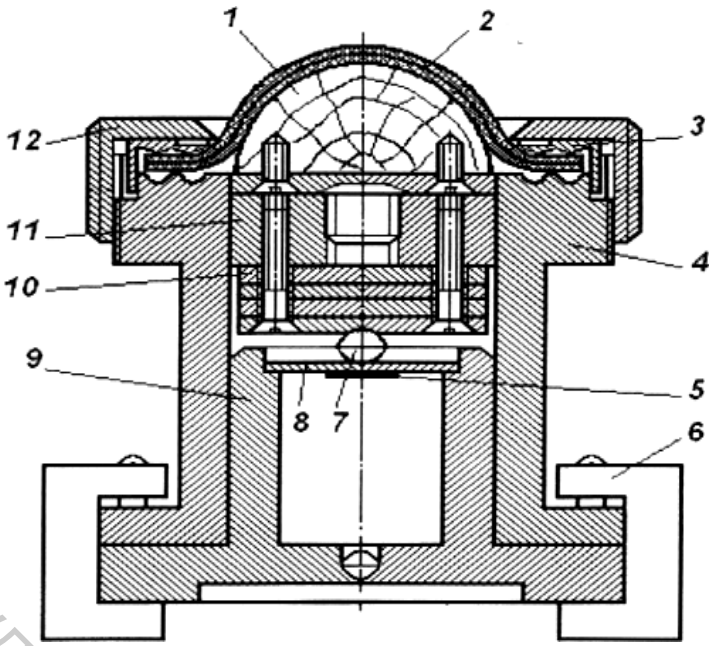


Рисунок 1.17 – Схема пластиметрической приставки:
1 − вытяжная головка; 2 − материал; 3 – рифленое кольцо;
4 – корпус; 5 – тензодатчик; 6 − струбцины; 7 − шарик;
8 − упругий элемент; 9 − полый шток; 10 − сменные диски;
11 – пуансон; 12 – обойма

На рисунке 1.18 показано устройство для испытания материалов верха обуви, разработанное Горбачиком В. Е. и Фурашовой С. Л., конструкция которого обеспечивает деформирование материалов двухосным растяжением и позволяет помещать его в установки гидротермических воздействий [1.89].

Устройство состоит из корпуса в виде цилиндра 4 с фланцем 2, снабженным резьбой. Внутри цилиндра расположен ходовой винт 6, на верхнюю часть которого при помощи винта 5 крепится нижняя съемная площадка 3 пуансона, на резьбовую часть которой навинчивается пуансон 16, диаметром 62 мм со сферической рабочей поверхностью.

Образец материала располагается между двух рифленых колец 13, которые зажимают образец при навинчивании на фланец крышки-обоймы 1. Корпус цилиндра имеет продольную прорезь для перемещения Г-образной стрелки 10, жестко закрепленной на нижней съемной площадке пуансона посредством винта 9, и шкалу 11, закрепленную двумя винтами 12 на боковой поверхности цилиндра, которая служит для регистрации высоты подъема пуансона. Ходовой винт жестко скреплен с рукояткой 7, вращением которой осуществляется его перемещение по внутренней резьбе гайки 8, закрепленной на нижней поверхности цилиндра винтами 15. Основные детали выполнены из полиэтилена.

Витебский государственный технологический университет

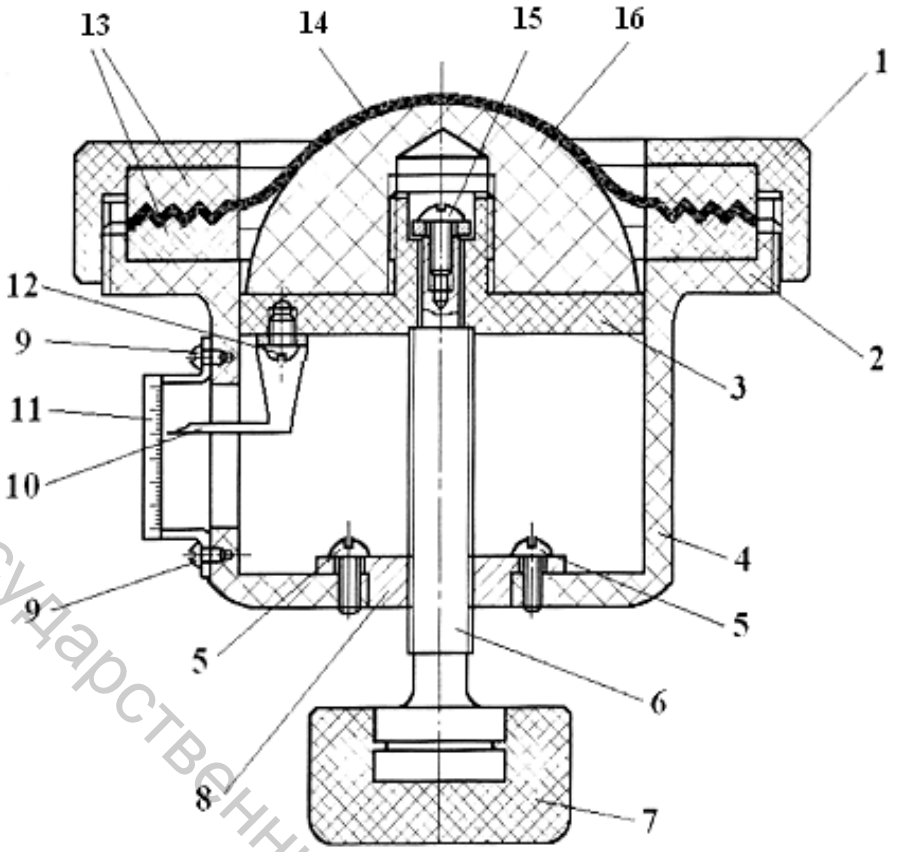


Рисунок 1.18 – Устройство для испытания материалов верха обуви:
1 − крышка-обойма; 2 − фланец; 3 − съемная площадка;
4 − цилиндр; 6 − ходовой винт; 7 − рукоятка; 8 − гайка;
10 – Г-образная стрелка; 11 − шкала; 13 − рифленое кольцо;
14 − образец; 5, 9, 12, 15 − крепежные винты; 16 – пуансон

Устройство обеспечивает высокую точность результатов испытаний, моделирующих технологический процесс производства обуви, и позволяет получать достаточно высокие результаты о формоустойчивости различных материалов и их систем, судить об эффективности гигротермических воздействий. Однако устройство не позволяет установить деформационные показатели, связанные с величиной нагружения.

Известен также прибор (рис. 1.19) для продавливания пробы материала сферой [1.90, С. 162]. Прибор представляет собой металлический цилиндр 4, в котором при помощью винта 1 перемещается пуансон 5, имеющий рабочую поверхность в виде сферы. Для регистрации высоты поднятия пуансона служит микрометр, закрепленный на верхней части цилиндра. Испытание заключается в сообщении пробе фиксированной деформации и измерении высоты и площади пробы после выдержки образца в нагруженном состоянии.

Витебский государственный технологический университет

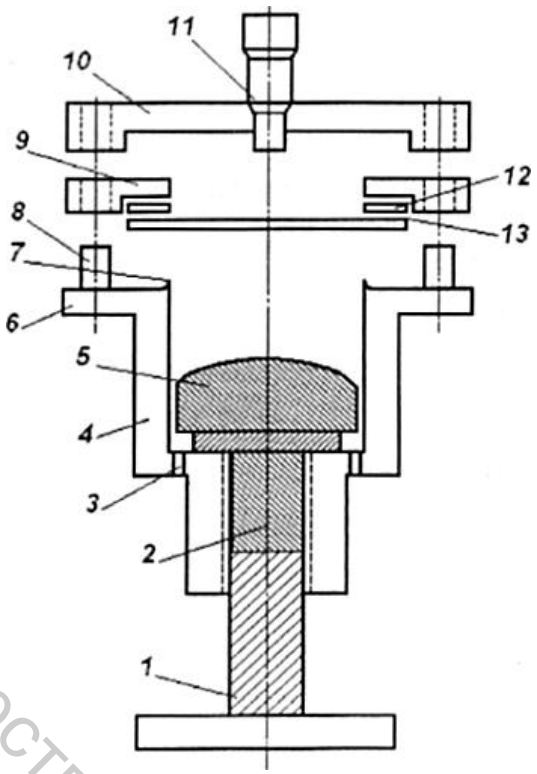


Рисунок 1.19 – Схема прибора для продавливания пробы материала сферой:
1 − винт; 2 − цилиндрический стержень; 3 − отверстие; 4 − цилиндр; 5 − пуансон; 6 − кольцевой бортик; 7 − концентрический выступ; 8 − винт; 9 − зажимное кольцо; 10 – мостик; 11 − микрометр; 12 − латунное крепежное кольцо; 13 – проба

Прибор отличается простотой и компактностью конструкции, что позволяет помещать его в установки для термофиксации. Для растяжения материала не требуется сложного оборудования, т.к. подъем полусферы осуществляется механическим способом. Однако процесс закрепления образца в приборе сложен, узел регистрации высоты продавливания не позволяет получить точные результаты, материал продавливающего пуансона не соответствует материалу обувных колодок.

Все перечисленные выше устройства не обеспечивают однородного деформационного состояния в пробе материалов при еѐ продавливании.

С этой точки зрения более совершенным является прибор В 3030 (рис. 1.20) конструкции А. Ю. Зыбина [1.91, С. 37], в котором пуансон выполнен в виде стакана с радиальными пазами и вмонтированными в них подвижными роликами 10, которые образуют замкнутое кольцо, имитирующее поверхность тора. При движении стакана с роликами вверх материал огибает эту поверхность и благодаря малому радиальному трению получает двухосное симметричное растяжение.

Витебский государственный технологический университет

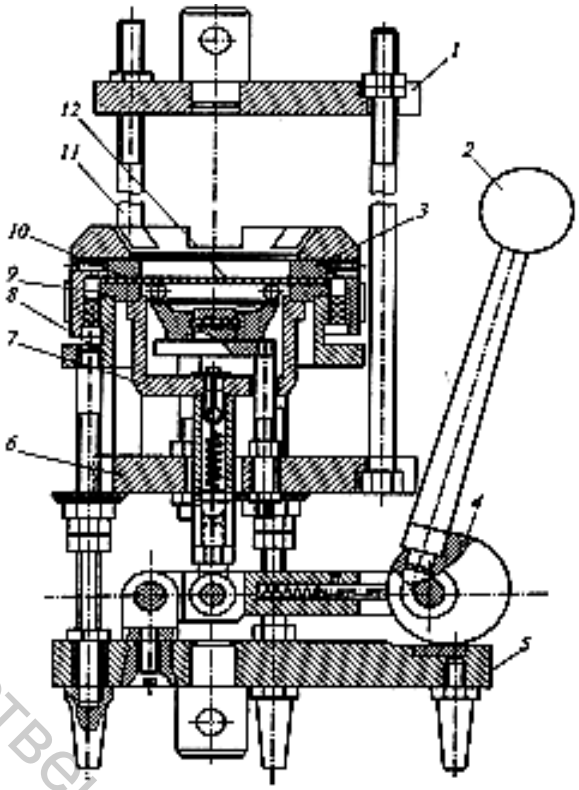


Рисунок 1.20 – Схема устройства В3030:
1, 5, 6 – плиты; 2 – рукоятка; 3, 9 – кольца; 4 – рычажно-эксцентриковая система; 7 – стакан; 8 – полумуфта; 10 – ролик; 11 – тяга; 12 – проба

Проба материала 12 диаметром 85 мм помещается между верхним 3 и нижним кольцами приспособления. Нижнее кольцо опирается наружной частью на торец нижней полумуфты 8, а внутренней частью − на торец стакана 7. Такая конструкция обеспечивает предварительное защемление пробы верхней полумуфтой 8, навинчиваемой на резьбу, и силовое защемление от усилия, прикладываемого вручную к рукоятке 2 через рычажно-эксцентриковую систему 4 к стакану 7. Рычажная система силового защемления пробы крепится на нижней плите 5, устанавливаемой на штоке динамометра вместо нижнего зажима. Вместо верхнего зажима машины крепится верхняя плита 1, связанная тягами 11 со средней плитой 6, на которой укреплены шпильки стола пуансона.

К достоинствам прибора можно отнести компактность и надежность конструкции, совершенство системы зажима материала, простоту закрепления прибора в зажимы любой разрывной машины. Рабочим органом в данном приборе может быть не только пуансон с роликами, но и полусфера. Прибор хорошо имитирует процесс формования двухосным симметричным растяжением, однако имеет сложную конструкцию,

Витебский государственный технологический университет

дорог в изготовлении и поэтому применим в основном в научно-исследовательских лабораториях.

Большинство устройств к разрывным машинам для двухосного растяжения имеют различные радиусы формующего шарового пуансона и рабочей части формуемого кругового образца. Так для кож по ГОСТ 938.16-70 [1.79] и для текстильных полотен по ГОСТ 8847-85 «Полотна трикотажные. Методы определения разрывных характеристик и растяжимости при нагрузках, меньших разрывных [1.92], прочностные свойства материалов в виде круговых образцов диаметром 35 мм (диаметр рабочей части 25 мм) определяются методом продавливания шариком, при этом для кожи его диаметр 6,5 мм (по ИСО 3379-76 диаметр 6,25 мм [1.84]), а для текстильных полотен − 20 мм. Диаметр формующего пуансона, также равный 20 мм, используется в соответствии с требованиями ISO 17695-2004 [1.85]. В своей работе [1.93] В. А. Ульяницкий и К. М. Платунов при исследовании деформации кожи для верха обуви подвергают двухосному растяжению образцы диаметром 156 мм сферой того же диаметра. А. И. Комиссаров и А. Н Жаров изучают деформации и напряжения плоских материалов при формовании на полусферу радиусом 50 мм [1.72, 1.73], а Кравченко А. Д. в работах [1.94, 1.95] исследует деформации образцов в виде круга с рабочей частью 32 мм.

Авторы учебника по материаловедению [1.96, С. 159, 162] рекомендуют определение деформационных характеристик материалов производить при продавливании кругового образца сферой радиусом 51±0,3 мм (диаметр пробы 89 мм) или шариком диаметром 6,5 мм (диаметр рабочей части пробы 25 мм). М. П. Куприянов в работе [1.18, С. 58] указывает, что при изучении двухосного растяжения в различных странах используются образцы и шарики различных размеров. Так, например, в Англии при диаметре рабочей части образца 1 дюйм применялись шарики диаметром 0,25 дюймов, а в США соответственно – 0,75 дюйма и 0,25 дюйма (1 дюйм = 25,4 мм).

При этом формулы расчѐта получаемых величин деформаций при продавливании образцов сферической поверхностью различны, не понятны и приводят к путанице при получении необходимых величин деформирования.

Например, при продавливании шариком по ГОСТ 938.16-70 и ГОСТ 8847-85, который пригоден также для испытания меха, мягких ИК и других материалов определяется величина радиального относительного удлинения $\varepsilon_{\text{Т}}$ (%) при появлении трещин на лицевом слое и разрушении материла по формуле:

$$\varepsilon_{\text{Т}} = 100 \cdot \left(\frac{\sqrt{r^2 + f^2}}{r} - 1 \right), \qquad (1.6)$$

Витебский государственный технологический университет

а растяжимость текстильных материалов ΔS (%) определяется равенством:

$$\Delta S = 13{,}7 \cdot f + 87{,}5, \qquad (1.7)$$

где r – радиус рабочей зоны пробы, f – величина стрелы прогиба [1.96, С. 158–160].

Согласно ГОСТ 29078-91 [1.80] испытание НК сферическим растяжением производится шаровым пуансоном фиксированного диаметра 10 мм и при этом определяется меридиальное удлинение $\varepsilon_М$ (%) при появлении трещин лицевого слоя и при прорыве кожи по формуле:

$$\varepsilon_{\grave{I}} = \frac{l_{\grave{I}} - 2l_{\hat{E}} - D}{D} \cdot 100\%, \qquad (1.8)$$

где $l_М$ – длина меридиана в зоне соприкосновения пуансона с кожей, $l_К$ – длина участка от кольцевого зажима до $l_М$, D – диаметр кольцевого зажима.

Целый ряд исследований посвящен оценке формоустойчивости обувных материалов, однако единой методики еѐ определения до сих пор не существует. Наиболее интересные решения этого вопроса изложены в работах [1.97–1.100].

Анализ литературных источников показал, что в стандартах зарубежных стран исследования формовочных свойств материала при двухосном растяжении производится с помощью разнообразных приборов и устройств [1.101–1.105]. Аналогичные приборы и приспособления разработаны и отечественными авторами. Установлено, что на основе этих устройств разработан целый ряд методов оценки способности материалов и их систем принимать и сохранять приданную форму, т.е. в той или иной мере оценивать степень пригодности к формованию уже на этапе подготовки производства, однако комплексного подхода к решению этой проблем нет. В основном такая оценка производится с помощью продавливания кругового образца материала пуансонами в виде шарика или сферы, причѐм каждый из методов предполагает использование формовочных элементов и круговых образцов различных диаметров, при этом получаемые величины деформаций рассчитываются по различным методикам в зависимости от характеристик продавливающих устройств. Реже в исследованиях деформационных свойств материалов используются пуансоны с наконечниками в форме других поверхностей.

Таким образом, для определения степени пригодности новых материалов, особенно ИК, к формованию верха обуви необходимо учитывать способ формования верха и целый комплекс показателей физико-механических свойств применяемых материалов. А значит, необходим

Витебский государственный технологический университет

комплексный подход к решению данной проблемы, предполагающий разработку методов и средства еѐ решения.

Актуальность проблемы повышения качества обуви, увеличение многообразия ее конструкций и расширение ассортимента применяемых для верха обуви материалов зарубежного производства определили необходимость глубокой оценки их физико-механических свойств уже на этапе входного контроля. Самым ответственным этапом производства обуви является процесс формования верха, от качества выполнения которого зависит формоустойчивость обуви, непосредственно и косвенно влияющая на эстетические, эргономические, физиологические показатели качества обуви, а также определяющая удобство обуви, еѐ износоустойчивость и долговечность. Поэтому особое внимание следует уделить показателям свойств материалов, которые объективно оценивают их способность приобретать и сохранять форму колодки, а значит иметь в конечном итоге необходимую формоустойчивость обуви.

Анализ литературных источников показал, что объектом основных исследований являются натуральные кожи, реже искусственные, а также системы материалов для верха обуви. Исследования в основном связаны с изучением проявления деформационных свойств материалов и их систем в процессе увлажнения, формования и сушки, т.е. при моделировании в экспериментальных условиях этапов процесса производства обуви. Незначительное количество работ посвящено комплексной оценке деформационных и формовочных свойств материалов, определяющих степень их пригодности к формованию верха обуви внутреннего способа формования на входном контроле.

Среди продукции обувных предприятий Республики Беларусь значительную часть составляет обувь внутреннего способа формования, чаще всего с применением предварительного формования деталей и узлов заготовки верха специальными пуансонами. Анализ литературных источников по исследованию технологического процесса производства такой обуви выявил ряд преимуществ этого способа формования перед обтяжно-затяжным. При внутреннем способе формования материалоемкость обуви уменьшается на 8–12 % в результате более равномерного растяжения деталей заготовки, уменьшается длительность производственного цикла и потребность в дорогостоящих затяжных колодках. Совмещение ряда технологических операций позволяет повысить производительность труда на 15–20 %.

Среди большого числа исследований проблемы выбора для верха обуви отсутствуют работы, связанные с разработкой комплексного подхода к вопросу оценки способности материалов формоваться в заготовках верха обуви с учѐтом всего спектра их деформационных и формовочных свойств. Определение пригодности материалов к формованию производится различными методами и средствами, которые имеют су-

Витебский государственный технологический университет

щественные, а иногда и принципиальные отличия, не позволяющие сопоставить полученные результаты исследований для определения их качества с точки зрения пригодности к формованию.

Развитие производства, использование современного оборудования и новых материалов, совершенствование технологии изготовления обуви требуют постоянного изучения как свойств материалов, так и методов наиболее объективного их получения. В публикациях об исследованиях физико-механических свойств ИК и НК для верха обуви отсутствуют данные о способности к формованию современных материалов на этапе, предшествующем процессу производства. Исследования большинства авторов в основном посвящены методам улучшения формовочных свойств материалов путѐм оптимизации технологических процессов формования и установлению оптимальных режимов обработки заготовок верха обуви. Следует отметить также, что известные методы оценки формоустойчивости материалов оценивают этот важнейший показатель качества обуви с применением различных приборов и устройств, не обеспечивают сопоставимость результатов испытаний, что затрудняет принятие решения по выбору материалов.

В литературных источниках содержатся сведения о свойствах материалов, полученные чаще всего одноосным растяжением, а свойства материалов при двухосном растяжении изучены недостаточно, хотя именно двухосным растяжением образцов материалов в лабораторных условиях можно в большей степени смоделировать процесс формования. Оценку деформационных свойств, как свойств, определяющих степень способности материала к формованию, в основном получают при продавливании кругового образца сферическими пуансонами различных диаметров. Такая форма продавливающих поверхностей является наиболее простой, традиционной, однако менее всего моделирующей поверхность обувной колодки.

В связи с вышесказанным представляют значительный интерес исследования деформационных свойств ИК при одноосном и двухосном растяжении, разработка комплекса показателей деформационных и формовочных свойств материалов, позволяющего на этапе подготовки производства эффективно определять пригодность ИК к формованию верха обуви, и методик оценки этих свойств.

Витебский государственный технологический университет

Список использованных источников к главе 1

1.1 Состояние рынка кожаной обуви Республики Беларусь и пути его насыщения / С. Н. Ильин [и др.] // Кожевенно-обувная пром-ть. – 2002. – № 6. – С. 20–22.

1.2 Бахановский, В. И. Легкая промышленность: состояние и направление развития / В. И. Бахановский // Кожевенно-обувная пром-ть. − 2001. − № 4 – С. 11–13.

1.3 Управление качеством: учебник для вузов / Л. Е. Басовский [и др.]. – Москва : Инфра-М, 2017. – 320 с.

1.4 Информация для потребителя. Товары непродовольственные. Общие требования: СТБ 1400-2009. – Взамен СТБ 1400-2003, введ. 01.07.09. – Минск: Госстандарт : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2004. – 6 с.

1.5 Горбачик, В. Е. Комплексная оценка уровня качества обуви / В. Е. Горбачик, А. И. Линник // Обувная промышленность. Обзорная информация. Выпуск 2. – Москва : ЦНИИТЭИлегпром, 1991. – 60 с.

1.6 Буркин, А. Н. Оптимизация технологического процесса формования верха обуви: монография / А. Н. Буркин. – Витебск : ВГТУ, 2007. – 220 с.

1.7 Материаловедение в производстве изделий лѐгкой промышленности : учеб. для вузов / К.М. Зурабян [и др.]. – Москва : ИИЦ МГУДТ, 2003. – 384 с.

1.8 Иванов, М. Н. Товароведение обувных материалов / М. Н. Иванов, И. Г. Шакланов, В. А. Панасенко. – Москва : Экономика, 1990. − 321 с.

1.9 Справочник обувщика: в 2 т. / Пименов В. И. [и др.]; под общ. ред. Д. С. Мурванидзе. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Лѐгкая индустрия, 1971. − Т. 2. − 392 с.

1.10 Технология изделий из кожи: учеб. для вузов / Ю. П. Зыбин [и др.]; под общ. ред. Ю. П. Зыбина. – Москва : Лѐгкая индустрия, 1975. – 464 с.

1.11 Фукин, В. А. Технология изделий из кожи: учеб. для вузов. В 2 ч. / В. А. Фукин, А. Н. Калита. – Москва: Легпромбытиздат, 1988. – Ч. 1. – 272 с.

1.12 Дмитриев, А. П. Деформация заготовок из натуральных кож при внутреннем способе формования / А. П. Дмитриев, О. А. Буркина // Инженерно-педагогическое образование в XXI веке: материалы IV Респ. науч.-практ. конф. молод. ученых и студентов БНТУ, Минск, 17–18 апреля 2008 г.: в 2 ч. / Белорус. нац. тех. ун-т; редкол.: С. А. Иващенко [и др.]. – Минск, 2009. – Ч. 2. – С. 45–47.

1.13 Учение о качестве кожи / Н. В. Чернов [и др.]. – Москва : Гизлегпром, 1939. – 96 с.

Витебский государственный технологический университет

1.14 Технология кожи / Н. В. Чернов [и др.]. – Москва : Гизлегпром, 1952. – 679 с.

1.15 Физико-химические основы технологии кожи / А. Н. Михайлов [и др.]. – Москва : Гизлегпром, 1949. − 351 с.

1.16 Куприянов, М. П. Теория и практика учѐта неоднородности физических свойств кожи при поточно-массовом производстве обуви: автореф. …дис. на соиск. канд. техн. наук : 05.19.01 / М. П. Куприянов ; МТИЛП. − Москва : 1971. − 51 с.

1.17 Зыбин, А. Ю. Исследование механических свойств материалов для верха обуви при одноосном и двухосном растяжении / А. Ю. Зыбин // Известия высш. учеб. завед. Технология лѐгкой пром-ти. – 1965. – № 4. – С. 86–92.

1.18 Куприянов, М. П. Деформационные свойства кож для верха обуви / М. П. Куприянов. – Москва : Лѐгкая индустрия, 1969. – 248 с.

1.19 Кутянин, Г. И. Исследование физико-механических свойств кожи / Г. И. Кутянин. – Москва : Гизлегпром, 1956. – 196 с.

1.20 Кутянин, Г. И. Термостойкость и износостойкость кожи / Г. И. Кутянин, Р. С. Уруджев. – Москва : Лѐгкая индустрия, 1973. – 168 с.

1.21 Химия и технология кожи и меха / И. П. Страхов [и др.]; под ред. И. П. Страхова. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Лѐгкая индустрия, 1970. – 632 с.

1.22 Довнич, И. И. Определение деформации заготовки при формовании в условиях замкнутого контура / И. И. Довнич, С. И. Клобуков, А. Н. Калита // Кожевенно-обувная пром-ть. – 1978. – № 3. – С. 38−40.

1.23 Формоустойчивость систем материалов для верха обуви / В. В. Щербаков [и др.] // Кожевенно-обувная пром-ть. – 1980. – № 12. – С. 19−21.

1.24 Калита, А. Н. Влияние режимов формования на формоустойчивость систем материалов / А. Н. Калита, В. В. Щербаков // Кожевенно-обувная пром-ть. – 1981. – № 1. – С. 38−40.

1.25 Смелков, В. К. Учебное пособие по курсу «Материалы для обуви» для студ. спец. Т.17.04 «Технология и конструирование изделий из кожи». Часть I / В. К. Смелков, А. Н. Буркин. – Витебск : ВГТУ, 1997. – 66 с.

1.26 Краснов, Б. Я. Материаловедение обувного и кожгалантерейного производства: учебник для образовательных учреждений начального профессионального образования / Б. Я. Краснов. – Москва : Проф. образ., 2005. – 326 с.

1.27 Воронов, Н. Ф. Исследование комплексного влияния технологических режимов формования на упругопластические свойства синтетической кожи корфам: сообщение 2 / Н. Ф. Воронов, М. Н. Иванов //

Витебский государственный технологический университет

Известия высш. учеб. завед. Технология лѐгкой пром-ти. – 1976. – № 5. – С. 31−36.

1.28 Воронов, Н. Ф. Изменение механических свойств синтетических кож в процессе формования обуви / Н. Ф. Воронов, М. Н. Иванов // Известия высш. учеб. завед. Технология лѐгкой пром-ти. – 1977. – № 6. – С. 98–102; 1978. – № 1. – С. 77−80.

1.29 Иванов, М. Н. Влияние параметров формования обувной заготовки на свойства СК-2 / М. Н. Иванов, Э. В. Тройская, Д. А. Синаюк // Кожевенно-обувная пром-ть. – 1977. − № 4. – С. 40−44.

1.30 Арцишаускайте, Р. В. Исследование формуемости кож для верха обуви, выработанных из шкур крупного рогатого скота / Р. В. Арцишаускайте, В. Л. Раяцкас // Известия высш. учеб. завед. Технология лѐгкой пром-ти. – 1988. – № 3. – С. 23−27.

1.31 Луцык, Р. В. Влияние влаги на релаксационные процессы, происходящие в обувных материалах при формовании: сообщение 1 / Р. В. Луцык, Н. Е. Хомяк, В. П. Холод // Известия высш. учеб. завед. Технология лѐгкой пром-ти. – 1987. – № 2. – С. 59–63.

1.32 Луцык, Р. В. Влияние влаги на релаксационные процессы, происходящие в обувных материалах при формовании: сообщение 2 / Р. В. Луцык, Н. Е. Хомяк, В. П. Холод // Известия высш. учеб. завед. Технология лѐгкой пром-ти. – 1987. – № 3. – С. 38–41.

1.33 Майорова, Н. З. Расчет деформации заготовок / Н. З. Майорова, А. Н. Калита, Г. В. Муханов // Кожевенно-обувная пром-ть. – 1978. – № 11. – С. 58−60.

1.34 Конструирование изделий из кожи: учебник для студентов вузов / Ю. П. Зыбин [и др.]. – Москва : Лѐгкая индустрия, 1982. – 320 с.

1.35 Оржякаускас, П. И. Прогнозирование деформационных свойств системы материалов верха обуви / П. И. Оржякаускас, В.-П. В. Пекарскас, В. Л. Раяцкас // Известия высш. учеб. завед. Технология лѐгкой пром-ти. – 1986. – № 5. – С. 31–36.

1.36 Горбачик, В. Е. Анизотропия деформационных свойств систем материалов для верха обуви / В. Е. Горбачик, З. Г. Максина, К. А. Загайгора // Известия высш. учеб. завед. Технология лѐгкой пром-ти. 1989. – № 6. – С. 36−39.

1.37 Об анизотропии механических свойств искусственных и синтетических кож для верха обуви / К. А. Загайгора [и др.] // Кожевенно-обувная пром-ть. – 1980. − № 4. – С. 53−55.

1.38 Горбачик, В. Е. Исследование пластичности материалов для верха обуви / В. Е. Горбачик, Р. Н. Томашева // Актуальные проблемы науки, техники и экономики производства изделий из кожи: сб. статей междун. научной конф. / Витеб. гос. технол. ун-т. – Витебск, 2004. – С. 242−246.

Витебский государственный технологический университет

1.39 Влияние свойств кожи на качество предварительного формования союзки / В. Е. Горбачик [и др.] // Актуальные проблемы науки, техники и экономики производства изделий из кожи: сб. статей междун. научной конф. / Витеб. гос. технол. ун-т. – Витебск, 2004. – С. 202−204.

1.40 Анохин, Д. И. Разработка метода расчета деформации заготовки верха обуви при ее проектировании: автореф. дис. на соиск. канд. техн. наук: 05.19.06 / Д. И. Анохин; МТИЛП. – Москва, 1966. – 15 с.

1.41 Кавказов, Ю. Л. Тепло и массообмен в технологии кожи и обуви / Ю. Л. Кавказов. – Москва : Лѐгкая индустрия, 1973. – 272 с.

1.42 Файбишенко, М. А. Влияние различных факторов на формоустойчивость обуви / М. А. Файбишенко // Кожевенно-обувная пром-ть. – 1965. – № 9. – С. 27−33.

1.43 Шестакова, Н. А. Исследование реологических свойств кожи на основе сетчатой модели: автореф. дис. на соиск. канд. техн. наук: 05.19.01 / Н. А. Шестакова; МТИЛП. – Москва, 1970. – 18 с.

1.44 Гвоздевская, В. А. Влияние начальной деформации на релаксационные свойства хромовой кожи / В. А. Гвоздевская, Л. И. Адигезалов, А. С. Шварц // Кожевенно-обувная пром-ть. – 1981. – № 8. – С. 58.

1.45 Акулова, Т. Е. Направления совершенствования оборудования и технологии формования верха обуви / Т. Е. Акулова, Б. Я. Краснов // Экспресс-информация. Обувная пром-ть в СССР. – 1979. – Вып. 2. – 53 с.

1.46 Воронов, Н. Ф. Установка для испытания деформационных свойств материалов для верха обуви / Н. Ф. Воронов, И. А. Шестакова // Реферативный сборник. Обувная и кожгалантерейная пром-ть. – 1980. – № 4. – С. 4−6.

1.47 Воронов, Н. Ф. Определение температурных интервалов формуемости искусственных мягких кож для верха обуви / Н. Ф. Воронов // Известия высш. учеб. завед. Технология лѐгкой пром-ти. – 1984. – № 1. – С. 34−36.

1.48 Воронов, Н. Ф. Ползучесть искусственных мягких кож при двухосном постоянном нагружении / Н. Ф. Воронов, М. Н. Иванов, А. С. Шварц // Кожевенно-обувная пром-ть. – 1981. – № 1. – С. 42−44.

1.49 Воронов, Н. Ф. Исследование кинетики термоусадки системы синтетической кожи с подкладкой с целью прогнозирования формоустойчивости обуви / Н. Ф. Воронов // Известия высш. учеб. завед. Технология лѐгкой пром-ти. – 1987. – № 2. – С. 69−72.

1.50 Термофиксация формы обуви с верхом из синтетических кож посредством знакопеременных температур / В. П. Коновал [и др.] // Известия высш. учеб. завед. Технология лѐгкой пром-ти. – 1989. – № 3. – С. 51−54.

1.51 Коновал, В. П. Системный подход к исследованию операции термофиксации формы обуви / В. П. Коновал, Л. В. Якубова // Известия

Витебский государственный технологический университет

высш. учеб. завед. Технология лѐгкой пром-ти. – 1983. – № 6. – С. 78−81.

1.52 Расчет оптимальных режимов термофиксации формы обуви из синтетических кож / В. П. Коновал [и др.] // Известия высш. учеб. завед. Технология лѐгкой пром-ти. – 1989. – № 6. – С. 70−72.

1.53 Горбачик, В. Е. Использование модельных методов для описания релаксации напряжений синтетической кожи / В. Е. Горбачик, П. И. Скоков, С. Л. Фурашова // Вестник Витеб. гос. технол. ун-та. – 2004. – № 6. – С. 28−32.

1.54 Томашева, Р. Н. Оценка механических свойств искусственных материалов для верха обуви / Р. Н. Томашева, В. Е. Горбачик // Метрологическое обеспечение, стандартизация и сертификация в сфере услуг: сб. ст. / Южно-росс. гос. ун-т экономики и сервиса; редкол.: В. Т. Прохоров [и др.]. – Шахты, 2006. – С. 27–30.

1.55 Шашкова, Е. С. Влияние масштабного фактора на физико-механические свойства искусственных кож / Е. С. Шашкова, Р. Н. Томашева, В. Е. Горбачик // Материалы докладов 51-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов: материалы докладов междунар. науч.-техн. конф., Витебск, апрель 2018 г. / УО «ВГТУ»; ред. Е. В. Ванкевич [и др.]. – Витебск, 2018. – С. 100–102.

1.56 Кравец, К. М. Оценка формоустойчивости обуви из искусственных кож и разработка рациональных параметров формования / К. М. Кравец, С. Л. Фурашова // Материалы докладов 51-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов: материалы докладов междунар. науч.-техн. конф., Витебск, апрель 2018 г. / УО «ВГТУ»; ред. Е. В. Ванкевич [и др.]. – Витебск, 2018. – С. 102–105.

1.57 Фурашова, С. Л. Сравнительная оценка релаксационной способности искусственных кож для верха обуви / С. Л. Фурашова, К. М. Кравец, Н. С. Пурдилова // Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности: материалы докладов междунар. науч.-техн. конф. посвященной Году науки, Витебск, 21–22 ноября 2017 г. / УО «ВГТУ»; ред. Е. В. Ванкевич [и др.]. – Витебск, 2017. – С. 169–172.

1.58 Кравец, К. М. Исследование упруго-пластических свойств искусственных кож в условиях двухосного растяжения / К. М. Кравец, Р. Н. Томашева // Материалы докладов 50-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов: материалы докладов междунар. науч.-техн. конф., Витебск, апрель 2017 г. / УО «ВГТУ»; ред. Е. В. Ванкевич [и др.]. – Витебск, 2017. – С. 92–94.

1.59 Кравец, К. М. Исследование жесткости и упругости искусственных кож / К. М. Кравец [и др.] // Материалы докладов 50-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов: материалы докладов междунар. науч.-техн. конф., Витебск, ап-

Витебский государственный технологический университет

рель 2017 г. / УО «ВГТУ»; ред. Е. В. Ванкевич [и др.]. – Витебск, 2017. – С. 95–97.

1.60 Дорожкин, А. В. Исследование физико-механических свойств современных видов искусственных и синтетических материалов при одноосном и двухосном видах растяжения / А. В. Дорожкин [и др.] // Материалы докладов 50-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов: материалы докладов междунар. науч.-техн. конф., Витебск, апрель 2017 г. / УО «ВГТУ»; ред. Е. В. Ванкевич [и др.]. – Витебск, 2017. – С. 103–105.

1.61 Дрягин, Л. В. Исследование свойств искусственных кож / Л. В. Дрягин, А. П. Ерин // Материалы докладов 50-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов: материалы докладов междунар. науч.-техн. конф., Витебск, апрель 2017 г. / УО «ВГТУ»; ред. Е. В. Ванкевич [и др.]. – Витебск, 2017. – С. 108–111.

1.62 Гайлик, Т. А. Исследование физико-механических свойств при одноосном растяжении экокож и синтетических кож / Т. А. Гайлик [и др.] // Материалы докладов 49-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов: материалы докладов междунар. науч.-техн. конф., Т.2., Витебск, апрель 2016 г. / УО «ВГТУ»; ред. Е. В. Ванкевич [и др.]. – Витебск, 2016. – С. 105–108.

1.63 Гребенцова, Э. А. Исследование формоустойчивости систем материалов с верхом из современных синтетических кож / Э. А. Гребенцова [и др.] / Материалы докладов 49-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов: материалы докладов междунар. науч.-техн. конф., Т.2., Витебск, апрель 2016 г. / УО «ВГТУ»; ред. Е. В. Ванкевич [и др.]. – Витебск, 2016. – С. 103–105.

1.64 Юрьева, О. В. Исследование анизотропии физико-механических свойств различных видов экокожи для верха обуви / О. В. Юрьева [и др.] // Материалы докладов 48-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов: материалы докладов междунар. науч.-техн. конф., Т.2., Витебск, апрель 2015 г. / УО «ВГТУ»; ред. Е. В. Ванкевич [и др.]. – Витебск, 2015. – С. 190–192.

1.65 Вериго, Т. Л. Исследование влияния материалов межподкладки и подкладки на релаксационные свойства / Т. Л. Вериго [и др.] // Материалы докладов 47-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов: материалы докладов междунар. науч.-техн. конф., Витебск, апрель 2014 г. / УО «ВГТУ»; ред. Е. В. Ванкевич [и др.]. – Витебск, 2014. – С. 373–376.

1.66 Любич, М. Г. Свойства обуви / М. Г. Любич. – Москва : Лѐгкая индустрия, 1969. – 256 с.

1.67 Клобуков, С. И. Разработка метода расчета деформаций передней части заготовки верха обуви, формуемой в условиях замкнутого контура на машинах с постоянными перемещениями исполнительных

Витебский государственный технологический университет

инструментов: автореф. дис. … на соиск. канд. техн. наук : 05.19.01 / С. И. Клобуков; МТИЛП. – Москва, 1970. – 35 с.

1.68 Beeby, R. T. Manufactoring Problems – Present and Future. – «J. of the British Boat and Shoe Just», 1976, march – april, P. 46–50.

1.69 Keech B. Pre-testing of Materials Zaves Maney Problems in lasting. – «American Shoemaking», 1976, 21, P. 22–23.

1.70 Козлов, А. 3. Исследование деформаций заготовки верха обуви при формовании и расчет параметров затяжных машин : автореф. дис. ... на соиск. канд. техн. наук: 05.19.01 / А. З. Козлов; Московский технологический институт легкой пром-ти. – Москва, 1979. – 28 с.

1.71 Михеева, Е. Я. Современные методы оценки качества обуви и обувных материалов / Е. Я. Михеева, Л. С. Беляев. – Москва : Лѐгкая и пищевая пром-ть, 1984. – 248 с.

1.72 Жаров, А. Н. Исследование деформации деталей при формовании на сферу, как элемент обувной колодки : автореф. дис. ... на соиск. канд. техн. наук : 05.19.01 / А. Н. Жаров; Московский технологический институт лѐгкой пром-ти. – Москва, 1968. – 25 с.

1.73 Комиссаров, А. И. Деформации и напряжения плоских материалов при формовании на полусфере / А. И. Комиссаров, А. Н. Жаров // Известия высш. учеб. завед. Технология лѐгкой пром-ти. – 1965. − № 6. – С. 95–102.

1.74 Томашева, Р. Н. Конфекционирование материалов для обуви: курс лекций / Р. Н. Томашева. – Витебск: УО «ВГТУ», 2010. – 117 с.

1.75 Приборы для исследования свойств материалов при продавливании сферической поверхностью / А. Н. Буркин [и др.] // Науч.-техн. журнал «Метрология и приборостроение». – 2007. – № 2(37). – С. 27−30.

1.76 Большая советская энциклопедия, издательство «Советская энциклопедия». – М., 1973. − Т. 12. – С. 379.

1.77 Tensile Test // SATRA – Laboratory Services [Electronic resource]. – Mode of access: http://satratechnology.com-/laboratory_services.php. – Date of access: 14.02.2013.

1.78 Satra technology [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.satra.com/. – Дата доступа: 04.11.2018.

1.79 ГОСТ 938.16-70. Кожа. Метод определения прочности кожи и лицевого слоя при продавливании шариком. – Введ. 1971-01-07. – Москва : Издательство стандартов, 1971. – С. 6.

1.80 ГОСТ 29078-91. Кожа. Метод испытания сферическим растяжением. – Введ. 1992-01-07. – Москва: Издательство стандартов, 1992. – С. 11.

1.81 Макарышева, Т. С. Методика определения формоустойчивости обувных дублированных текстильных материалов на приборе ПОИК / Т. С. Макарышева // Кожевенно-обувная пром-ть. – 1984. − № 1. – С. 29−30.

Витебский государственный технологический университет

1.82 Буркин А. Н. Прибор для оперативного контроля качества материалов и соединений верха обуви / А. Н. Буркин, Н. В. Комлева, М. В. Семашко // «Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов»: материалы 2-й Международной научно-технической конференции; под ред. д.т.н. проф. И. С. Сазонова [и др.]. – Могилев. – 2006. – С. 118−120.

1.83 Устройство для контроля качества материалов и соединений верха обуви: пат. 3390 Респ. Беларусь, МПК7 С 14 В 1/00, G 01 N 3/00 / А. Н. Буркин, Н. В. Комлева, М. В. Семашко; заявитель и патентообладатель Витеб. гос. технол. ун-т. – № а 20060455; заявл. 07.07.2006; опубл. 28.02.2007 // Афіцыйны Бюлэтэнь Дзяржаўнага пат. ведамства Рэсп. Беларусь / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2007. – № 1(54). – С. 172−173.

1.84 Leather – Determination of tensile strength and the surface layer by the punching ball / Кожа. Определение растяжения и прочности лицевого слоя методом на продавливание шариком [Текст]. – ISO 3379. First edition 2010-03-17 Published in Swizerland. – P. 3.

1.85 ISO 17695 Footwear – Test methods for uppers – Deformability / Обувь. Методы испытаний верха обуви. Деформируемость. – First edition 2004-10-15. – Published in Swizerland. – 8 p.

1.86 Семашко, М. В. Исследование свойств современных материалов экспресс-методом / М. В. Семашко, А. П. Дмитриев, А. А. Царѐва // Техническое регулирование: базовая основа качества товаров и услуг: междунар. сб. науч. трудов / Южно-росс. ун-т экономики и сервиса; редкол.: В. Т. Прохоров [и др.]. – Шахты, 2008. – С. 128–130.

1.87 Буркин, А. Н. Рациональные режимы формования верха обуви / А. Н. Буркин, А. Н. Калита, С. И. Клобуков // Экспресс-информация – Москва : ЦНИИТЭИлегпром, 1978. – 25 с.

1.88 Гвоздевская, В. А. Многоосный релаксометр для определения формоустойчивости верха обуви / В. А. Гвоздевская, Л. И. Адигезалов, А. С. Шварц // Кожевенно-обувная пром-ть. – 1973. − № 5. – С. 19−21.

1.89 Фурашова, С. Л. Технологические режимы процесса формования верха обуви повышенной формоустойчивости : автореф. дис. ... на соиск. канд. техн. наук : 05.19.06 / С. Л. Фурашова ; Витеб. гос. технол. ун-т. – Витебск, 2009. – 24 с.

1.90 Материаловедение в производстве изделий лѐгкой промышленности: учебник для студ. высш. учеб. заведений / А. П. Жихарев [и др.]; под ред. И. С. Тарасовой. – Москва : Академия, 2004. – 448 с.

1.91 Зыбин, А. Ю. Двухосное растяжение материалов верха обуви / А. Ю. Зыбин. – Москва : Лѐгкая индустрия, 1973. – 120 с.

1.92 ГОСТ 8847-85. Полотна трикотажные. Методы определения разрывных характеристик и растяжимости при нагрузках, меньших разрывных. – Введ. 28.11.85. – Москва : Изд-во стандартов, 1986. – 12 с.

Витебский государственный технологический университет

1.93 Ульяницкий, В. А. О пространственной деформации кожи для верха обуви: сообщение 1 / В. А. Ульяницкий, К. М. Платунов // Известия высш. учеб. завед. Технология лѐгкой пром-ти. – 1960. – № 4. – С. 106−113.

1.94 Кравченко, А. Д. Элементы деформации и редеформации кожи при двухмерном растяжении: сообщение 1 / А. Д. Кравченко // Известия высш. учеб. завед. Технология лѐгкой пром-ти. – 1971. – № 3. – С. 86−91.

1.95 Кравченко, А. Д. Элементы деформации и редеформации кожи при двухмерном растяжении: сообщение 2 / А. Д. Кравченко // Известия высш. учеб. завед. Технология лѐгкой пром-ти. – 1972. – № 2. – С. 80−84.

1.96 Жихарев, А. П. Практикум по материаловедению в производстве изделий легкой промышленности: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А. П. Жихарев, Б. Я. Краснов, Д. Г. Петропавловский; под ред. А. П. Жихарева. – Москва : Академия, 2004. – 464 с.

1.97 Posnanski I., Rudska B., Kowakowski K. Komfort obuwia brosc/ 11/ Badonia smian Wlasciwosei lepkospsusystuck materialow na wiezschy; obuwia w prezesach zmaczeniouwych oraz okreslnie jh wpluwu na Komfort obuwia // Praseglad skrzany. – 1978. – № 2. – P. 48–52.

1.98 New performence class for material, component and fucction testing: UTS Universal Testing Maschines with CNC Technische Information. – 1988. – № 102. – P. 32.

1.99 Ябко, Я. М. Использование прибора 6-24-1 для испытания искусственной кожи / Я. М. Ябко, С. Л. Полинский, Г. Н. Смольникова // Кожевенно-обувная промышленность. – 1974. – № 1. – С. 55–59.

1.100 Панасюк, Л. Г. Роторный пульсатор для утомления тканей, пленок и мягких кож / Л. Г. Панасюк, И. В. Балтрушайтис, М. М. Гутаускас // Сб. тез. док. Респ. науч. конф. «Интенсификация производства создания новых технологий материалов». – Вильнюс. – 1984. – С. 22–25.

1.101 DIN 53323-74. Кожа. Определение характеристик напряжение-деформация при испытании на продавливание. – 13 с.

1.102 БДС 12787-80. Кожа для верха обуви. Определение деформации при двухмерном растяжении тензометром Балли. – Взамен БДС 12787-73. – 4 с.

1.103 TGL 38728-81. Кожа натуральная и искусственная. Определение поведения в условиях давления и растяжения при испытании на продавливание. – 8 с.

1.104 IUZTCS.SZP11. Кожа для верха обуви. Метод определения остаточной деформации на пластометре. – 6 с.

1.105 Буркин, А. Н. Анализ методик кожевенных материалов / А. Н. Буркин, А. П. Дмитриев, М. В. Семашко // Стандартизация. – 2007. – № 2. – С. 30–32.

Витебский государственный технологический университет

ГЛАВА 2
СТРУКТУРА, СЫРЬЕВОЙ СОСТАВ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИСКУССТВЕННЫХ КОЖ

Витебский государственный технологический университет

Одним из основных материалов, применяемых в производстве изделий легкой промышленности, является искусственная кожа. Первые ИК, представляющие собой ткани с нитроцеллюлозными покрытиями, появились ещѐ в шестидесятых годах XVIII в. [2.1]. Анализ тенденций развития мирового рынка сырья показывает, что объѐм производства ИК будет постоянно расти и к 2021 году составит в денежном выражении 33,54 млрд долл. [2.2].

Что же такое искусственная кожа?

В Большой советской энциклопедии и Политехническом словаре читаем: «Кожа искусственная – полимерный материал промышленного производства, применяемый вместо натуральной кожи для изготовления обуви, одежды, головных уборов, галантерейных и некоторых технических изделий».

В статье Андриановой Г. П. [2.3] даѐтся другое определение: «Искусственная кожа – это широкий круг композиционных полимерных материалов, применяемых для изготовления обуви, одежды, головных уборов, галантерейных изделий, а также многочисленных материалов и изделий технического назначения и призванных как восполнить дефицит натурального сырья, и прежде всего натуральной кожи, так и предоставить относительно дешевые материалы для различных применений, зачастую с уникальными и специфическими свойствами».

Бондарева Н. А. в статье [2.4] определяет ИК как «многослойный рулонный материал, включающий, по меньшей мере, два чередующихся слоя: волокнистой основы текстильной (тканой, нетканой, трикотажной) или бумажной и покрытия формируемого из раствора, дисперсии или расплава полимера на лицевой и/или изнаночной стороне основы и/или пропитывающего еѐ».

В учебной литературе по материаловедению ИК даются следующие определения: «Искусственной кожей называют мягкие и тонкие кожеподобные материалы, заменяющие натуральную кожу для верха, подкладки и внутренних деталей обуви и кожгалантерейных изделий» или «Искусственная кожа представляет собой волокнистую или тканевую основу, проклеенную или пропитанную латексами, растворами полимеров или смолами и относится к слоистым композиционным материалам, которые состоят из листовых или расположенных послойно во-

локнистых компонентов, скрепленных между собой с помощью связующего» [2.5].

ГОСТ 33099-2014 «Изделия из кожи. Метод определения применяемых материалов» рекомендует использовать следующие определения:

– кожа – шкура животного, подвергшаяся специальной обработке;

– искусственная кожа – основа (ткань, трикотаж, нетканое полотно), покрытая (или пропитанная) полимером или композицией полимеров;

– синтетическая кожа – иглопробивная основа из синтетических волокон, пропитанная растворами или дисперсиями высокомолекулярных веществ, с лицевым покрытием на основе полиэфируретанов;

– композиционная кожа – продукт на основе натуральной кожи, еѐ частей или кожевенных волокон, полученный механическим и/или химическим способом, с применением или без применения связующего агента, в виде листов, лент, рулонов [2.6].

Однако приведѐнное определение синтетической кожи (СК) противоречит определению искусственной кожи, т.к. иглопробивная нетканая основа из синтетических волокон является нетканым полотном, а значит СК лишь частный случай ИК. Поэтому авторы настоящей монографии не разделяют материалы на синтетическую и искусственную кожи и называют такие материалы искусственной кожей, предназначенной для производства обуви, или просто ИК.

2.1 Классификация и ассортимент искусственных кож

В литературе по материаловедению [2.7–2.9] предлагаются разные классификации ИК, в основу которых положены различные признаки, однако ни одна из них не дает полной их характеристики. За основу в таких классификациях берут следующие признаки: назначение, структура, вид покрытия и основы, фактура лицевого слоя и пр. Рассмотрим такие классификации ИК.

По назначению ИК делят на пять групп: обувные, одежные, галантерейные, обивочные и технические. Обувные ИК чаще всего применяются для верха и подкладки обуви. Наибольшее применение ИК нашли при изготовлении обуви осенне-весеннего периода носки, открытой летней обуви, домашней, спортивной и другой специальной обуви. ИК используют также для верха зимней обуви, однако в этом случае к ним предъявляются повышенные требования к морозостойкости.

Витебский государственный технологический университет

По условиям эксплуатации и наличию специфических свойств ИК классифицируют на обычные, морозо-, огне-, кислото-, щелоче-, водо-, жиро-, маслостойкие и др.

При классифицировании ИК по их структуре следует учитывать, что процесс производства ИК обычно содержит несколько этапов: подготовка и смешивание ингредиентов для создания полимерного слоя; подготовка волокнистых основ; пропитка основ; нанесение лицевого покрытия и отделка материалов. ИК получают методами каландрования, каширования, ламинирования и пропитывания основы (проникновение полимера может быть сквозным или поверхностным, т.е. наносной метод). Часто используют сочетание сквозного пропитывания основы с последующим нанесением лицевого слоя и отделкой. Кроме того, применяют сочетание нескольких методов, например, каландрового и наносного. Все ИК с полимерным лицевым слоем подвергают отделке путем нанесения отделочного покрытия, печатного рисунка или тиснения [2.10–2.14].

Для производства ИК различных видов используют полимерные композиции на основе таких полимеров, как каучуки, полиуретаны, полиамиды, нитроцеллюлоза, ПВХ и др. Соответственно в название ИК добавляют приставки эласто-, уретан-, амидо-, нитро-, винилискожа и т.п. [2.15]

Для получения пористой структуры полимерного покрытия используют различные способы порообразования, такие как механическое вспенивание, химическое вспенивание путем разложения порообразователя, вымывание водорастворимых солей, фазовое разделение растворов полимеров, спекание порошкообразных полимеров, перфорирование. В зависимости от выбранного способа порообразования может быть получена различная структура пор: замкнутая (ячеистая с закрытой системой пор), губчатая (с открытыми сообщающимися порами) и сочетающая в себе закрытые и открытые поры различных форм, размеров и т.п.

При изготовлении ИК на текстильной основе довольно часто сквозную пропитку проводят тем же составом, из которого получают лицевое покрытие, которое должно обладать высокими гигиеническими свойствами, высокой устойчивостью к многократному изгибу, сопротивлением к истиранию и старению, водостойкостью, хорошим внешним видом. Покрытие также должно обеспечивать возможность соединения деталей склеиванием, сшиванием или сваркой.

ПВХ покрытие дает ИК неплохой внешний вид, хорошо поддается тиснению и окрашиванию, обладает повышенной устойчивостью к истиранию, является водоотталкивающим, но имеет относительно небольшую устойчивость к многократным изгибам и воздействию повышенных температур, имеет низкие гигиенические свойства. Такие по-

Витебский государственный технологический университет

крытия быстро стареют. Для ликвидации указанных недостатков применяют пластификаторы, антистарители и порообразователи.

Каучуковые покрытия придают материалу большую эластичность и морозостойкость. По сравнению с ПВХ покрытием такие покрытия менее устойчивы к истиранию, но более гидрофильны, поэтому их легче сделать пористым. Недостатки: каучуковое покрытие не окрашивается в яркие цвета, требует дополнительной отделки, нанесение покрытия является более трудоемким и энергоемким. Каучуковое покрытие, в отличие от ПВХ покрытия, является более дорогостоящим и имеет худший внешний вид.

Полиамидное покрытие имеет хороший блеск и прекрасно окрашивается в разные цвета, поэтому чаще применяется как отделочное, однако не обладает хорошими гигиеническими свойствами, нетермоустойчиво и имеет высокую жесткость.

Полиуретановое покрытие придает полимеру гигиенические свойства и является единственным гидрофильным, т.к. является пористым. Это покрытие (как и ПВХ) устойчиво к истиранию, имеет большой срок службы, высокую адгезионную связь с волокнистой основой, хорошо совмещается при формовании с силиконовыми материалами, благодаря чему получается качественная мерея [2.16].

В качестве волокнистых основ ИК применяются различные текстильные материалы: ткани, трикотажные и нетканые полотна. Деформационные свойства большинства ИК определяются в основном свойствами их волокнистой основы.

В производстве ИК используются ткани простых и сложных переплетений. Различают следующие виды простых переплетений, наиболее часто встречаемые в качестве текстильной основы ИК: полотняное, саржевое и атласное (сатиновое) [2.17, 2.18]. Ткани полотняного переплетения имеют широкое применение благодаря простоте выработки и высокой прочности. Ткани саржевого переплетения вследствие меньшего числа перекрещиваний имеют меньшую связь нитей основы и утка, чем ткани полотняного переплетения, и поэтому они более подвижные и мягкие. Однако при одинаковой плотности ткани саржевого переплетения менее прочные, чем ткани полотняного переплетения.

В процессе изготовления и носки обуви материал верха подвергается многократным механическим и физическим воздействиям. Для обеспечения способности ИК к формованию необходимо, чтобы тканевая основа имела удлинение по основе и утку не менее 20–30 %. Малая растяжимость ткани, следовательно, и ИК на такой основе, затрудняет формование заготовки на колодке и приводит к преждевременному износу верха обуви из-за излишней ее жесткости и недостаточной устойчивости к многократному изгибу.

Витебский государственный технологический университет

Тканевые основы должны также обладать высокой прочностью, необходимой плотностью и относительно малой истираемостью. Важным является также характер поверхности тканей при использовании их в производстве обувных ИК: чем глаже поверхность ткани, тем меньше киперность, что позволяет значительно уменьшить толщину лицевого покрытия и обеспечить лучший внешний вид ИК при одновременном повышении ее гигиенических свойств.

Большинство разработок по созданию тканей оптимальной структуры связано с подбором сырьевого состава нитей и линейной плотности ткани для улучшения гигиенических и эксплуатационных свойств основы ИК [2.19–2.24]. Однако это не решает проблему улучшения технологических свойств ИК.

По фактуре лицевого слоя ИК выпускаются с гладкой, замшевидной, матовой, лакированной, тисненой, кожеподобной и печатной поверхностью. В зависимости от состава и структуры покрытия ИК могут быть монолитные, пористо-монолитные, пористые с открытыми и закрытыми порами.

Однослойные ИК представляют собой полимер, наполненный волокнами, или текстильную основу, пропитанную полимером. Многослойными ИК считаются материалы, имеющие два и более слоев.

На рисунке 2.1 представлена схема классификации ИК в зависимости от их структуры.

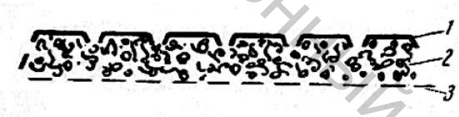
Рисунок 2.1 – Классификация ИК в зависимости от их структуры

В условиях современного рынка ассортимент ИК быстро расширяется, и каждый год появляются новые материалы, которые заменяют

Витебский государственный технологический университет

предыдущие, однако выпускаются и используются ИК, разработанные в более раннее время [2.25–2.34]. В таблице 2.1 представлены систематизированные по типам основы наиболее известные ИК, которые используются в производстве обуви.

Таблица 2.1 – Ассортимент и структура ИК

Тип основы	Схематичное изображение структуры ИК	Наименование ИК
Тканевая (Т)	 1 – лицевой полимерный слой, 2 – пористый полимерный слой, 3 – тканевая основа	Винилискожа-Т обувная, Винилискожа-Т «Юфтин», Кирза обувная, Эластоискожа-Т обувная замшевая, Шарголин, Поливинилхлоридная замша (ПВХ замша), Замша искусственная обувная электростатического метода, Ворсит, Текстовит. Павинол, Поливинилхлоридный лак (ПВХ лак), Влакалим, Совинол, Эластон, Винистар VL-3, Винистар VL-11, Канерукс S-3, Патора, Арнавон, Ванибан ВМ-2
Трикотажная (Тр)	 1 – лицевой полимерный слой, 2 – пористый полимерный слой, 3 – трикотажная основа	Винилискожа-ТР обувная пористая, Винилуретанискожа-ТР обувная, Винилискожа-ТР обувная пористо-монолитная, Винилискожа ТР обувная дублированная пенополиуретаном, Ванибан ВМ-1
Нетканая (НТ)	 1 – монолитный полимерный слой, 2 – нетканая основа	Винилискожа-НТ обувная, Винилискожа-НТ «Отдых», Винилискожа-НТ для верха летней обуви, Искожа – НТ обувная с подкладкой, Винилуретанискожа-НТ для верха спортивной обуви Синтетическая кожа СК-8, Синтетическая кожа «Велюр», Полькорфам-216, Кларино, Синтетическая кожа ГЛ-50, Обувная кожа ИК-О, Вулканол, Эйкас
Комбинированная	 1 – лицевое полимерное покрытие, 2 – ткань, 3 – нетканая основа	Хи-телак, Кофрам, СК-2, Барекс 720

Витебский государственный технологический университет

В настоящее время продолжаются работы по повышению потребительских свойств ИК. Выпускаются ИК с улучшенными деформационно-прочностными свойствами, улучшенной паропроницаемостью, повышенной долговечностью и износостойкостью в широком интервале температурных режимов, с высокой свето- и термостабильностью, устойчивостью к миграции низкомолекулярных ингредиентов, что обеспечивает устойчивость окраски полимерного покрытия к сухому и мокрому трению [2.35−2.39].

Одними из известных производителей ИК являются фирмы Fatra (Чехия), ООО «ЧЕЗИМА» (Россия), Vowalon (Германия) и Sanwil (Польша) [2.40, 2.41]. Перечислим некоторые из ИК указанных производителей.

ИК С3 представляет собой основу из полиэстрового трикотажа или нетканого полотна с поливинилхлоридным покрытием толщиной 1,60 мм, характеризующейся высоким пределом прочности и износостойкостью.

Выпускается фирмой Fatra NewBarex 150 представляет собой ИК с нетканой волокнистой основой с лицевым покрытием из ПВХ и ПУР толщиной 1,5 мм. NewBarex 175 имеет такой же состав, как и NewBarex 150 с толщиной 1,75 мм. Применяется для наружных деталей верха мужской и рабочей обуви, медицинской обуви. Используется для производства обуви в Чехии.

Safety – ИК с хлопчатобумажной тканевой основой производства фирмы Vowalon (Германия). Материал применяется для голенищ рабочих сапог и имеет следующие технические преимущества: большая износоустойчивость, формоустойчивость, больший предел прочности, цветостойкость, водонепроницаемый материал.

Tepor Trend – ИК с тканевой основой и лицевым покрытием из ПУР толщиной 1,1 мм. Данный материал может применяться при температурах от -10 °С до 60 °С. Производитель данной ИК является фирма Fatra (Чехия).

ИК Tepor Tropica является аналогом ИК Tepor Trend, но имеет другую основу – нетканое полотно и обладает большей толщиной (1,55 мм). Применяется для производства мужской обуви, зимней обуви, а также для обуви медицинского назначения.

ИК артикула 1010 фирмы Fatra представляет собой нетканое полотно с лицевым покрытием из ПВХ и ПУР. Данный материал может применяться при температурах от -15 °С до 40 °С.

ИК артикула 1116 (фирма Fatra) – это нетканое полотно с ПВХ и ПУР покрытием толщиной 2,2 мм. Может применяться при температурах от -20 °С до 40 °С. Используется для наружных деталей верха спортивной и рабочей обуви [2.41].

Витебский государственный технологический университет

Фирма Sanwil предлагает для производства обуви в качестве материала для верха обуви, голенищ следующие артикулы ИК: SKADEN B016, SKADEN B445, SKADEN B545 и SKADEN B945. Физико-механические свойства материалов данных артикулов представлены подробнее и изменяются в следующих пределах:

– толщина от 0,8 мм до 1,5 мм;

– поверхностная плотность от 450 г/см^2 до 850 г/см^2;

– разрывная нагрузка не менее (300–400) Н в продольном направлении и не менее 200 Н в поперечном направлении;

– сопротивление раздиранию не менее 20 Н в продольном и поперечном направлении;

– прочность связи пленочного покрытия с основой не менее (25–30) Н в продольном и поперечном направлении.

Особое внимание необходимо уделить композиционной коже. Композиционная ИК представляет собой материал из отходов кожевенного производства. Этот материал может быть получен различными способами:

− путем агломерации (присоединения) обрези и маленьких кусочков кожи клеем или другим связующим веществом;

− путем агломерации обрези и маленьких кусочков кожи без связующего вещества под большим давлением;

− путем расщепления обрези и маленьких кусочков кожи на тонкие волокна нагреванием в горячей воде (без связующего вещества, подобно бумаге); получаемая таким образом масса формуется в листы раскатыванием [2.42–2.45].

В США запатентовано несколько способов производства композиционной ИК [2.46–2.51]. Однако полученные материалы не обладают достаточным комплексом упруго-пластических свойств, что не позволяет их использовать для ответственных деталей обуви.

В последнее время учеными УО «Витебский государственный технологический университет» исследованы упруго-пластические и релаксационные свойства современных ИК, проведѐн анализ их качества [2.52–2.57].

ИК имеют ряд преимуществ перед натуральной кожей (НК): равномерность свойств по площади и толщине, правильная геометрическая форма (рулон), отсутствие сырьевых пороков и т.д. Использование ИК упрощает процесс раскроя, внедрение высокопроизводительных технологических процессов расширяет ассортимент обуви, заменяет дефицитную и дорогостоящую НК.

Однако применение ИК для верха обуви взамен НК требует изменения методики конструирования и технологии производства обуви из них. Для выпуска обуви широкого ассортимента с удовлетворительными гигиеническими свойствами следует учитывать такие особенности

Витебский государственный технологический университет

ИК, как высокая степень удлинения, эластичность, термопластичность, невысокое сопротивление раздиру, недостаточное сопротивление покрытия действию растворителей.

Таким образом, для производства обуви из ИК необходим пересмотр номенклатуры показателей качества, для чего потребуется разработка новых методов и способов их получения, а значит, и создание новой измерительной базы и новых нормативных документов.

2.2 Структура и сырьевой состав искусственных кож

В данном разделе монографии рассмотрен сырьевой состав и структура некоторых из современных ИК, которые используются в деталях верха на обувных предприятиях концерна «Беллегпром».

Исследования структуры ИК проводились с помощью сканирующей электронной микроскопии на микроскопе VEGA II LSH с системой энергодисперсионного микроанализа INCA ENERGY 250 ADD с программным обеспечением на следующих образцах ИК:

1) «NUBUK 231», (Турция);
2) «NUBUK 517», (Турция);
3) «NUBUK 605», (Турция);
4) «Met lack, т-синий», (Германия);
5) «Met lack, бордо», (Германия);
6) «Экокожа», (Китай);
7) «Однослойная ИК коричневая, арт. M1042-36», (Китай);
8) «Однослойная ИК серая, арт. M1042-26», (Китай);
9) «Двухслойная ИК, арт. Hongxin 11022-16», (Китай).

Для исследования структуры ИК применялась методика еѐ исследования по микрофотографиям поперечного среза материала, описанная в работах [2.59, 2.60], с учетом особенностей ИК. Определялись следующие параметры структуры: общая толщина образца, толщина текстильной основы, толщина полимерного монолитного и пористого слоя, радиус пор.

Общая толщина образца измеряется поперек среза образцов в нескольких местах и рассчитывается как среднее значение. Толщина текстильной основы определяется измерением от нити основы до кромки нити утка. Толщина полимерного слоя определяется как среднее арифметическое длин не менее 10 поперечных линий, проведенных от нижней кромки полимерного слоя до текстильной основы с одинаковым шагом.

Размер пор на единицу площади определяется по микрофотографии продольного среза ИК. Участок наиболее чѐткого изображения

Витебский государственный технологический университет

ограничивался квадратом 10×10 мкм, подсчитывалось количество наблюдаемых пор, попавших в ограниченную область секущей плоскости, и измерялся радиус пор, вычислялось среднее значение [2.59].

На рисунке 2.2 представлена схема структуры текстильной основы с пояснением измерений ее параметров. Диаметр нитей основы и утка по горизонтали и вертикали, высота волн изгиба нитей основы и утка в ткани и расстояния между центрами нитей основы и утка определяются для десяти нитей, и вычисляется среднее арифметическое значение.

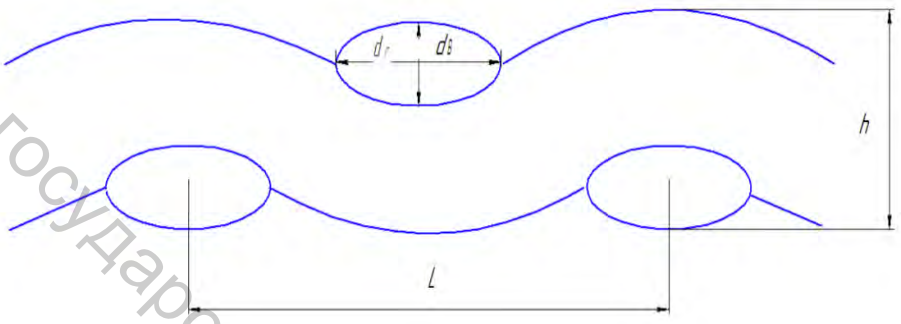


Рисунок 2.2 – Схематическое изображение структуры текстильной основы с измерениями

Для определения фазы строения текстильной основы определяется высота волны изгиба основных h_o и уточных h_y нитей. Для системы нитей основы проводится прямая, соединяющая самые высокие точки соседних верхних нитей основы. Величина волны изгиба основы определяется как расстояние от проведенной линии до вершины нити основы, лежащей внизу. Аналогичные измерения выполняются для нитей утка. Порядок фазы строения (ПФС) определяется из отношения высоты волны нити основы к высоте волны нити утка по формуле (2.1), предложенной проф. Н. Г. Новиковым:

$$ПФС = \frac{1 + 9 \cdot K_h}{1 + K_h}, \qquad (2.1)$$

где $K_h = \frac{h_ì}{h_ò}$ – отношение высоты волны нити основы $h_ì$ к высоте волны нити утка $h_ò$.

Сырьевой состав ИК определяли методом инфракрасной спектроскопии образцов на спектрофотометре с Фурье-преобразованием Nexus 5700 с программным обеспечением OMNIC 7.1. Сущность метода заключается в следующем: в интервале длин волн от 2,5 до 50 мкм происходит возбуждение колебательных движений атомов в молекуле и вращательного движения молекулы в целом. Спектры,

Витебский государственный технологический университет

записанные в этой области, которая называется инфракрасной областью, дают информацию о строении молекул исследуемого вещества. Поскольку атомы способны колебаться по-разному, в инфракрасном спектре обычно имеется большое число полос поглощения. Сравнивая спектр образца со спектрами из библиотеки, можно идентифицировать вещество [2.60, 2.61, 2.62].

Микрофотографии поперечного среза образцов ИК «NUBUK 231», «NUBUK 517» и «NUBUK 605» представлены на рисунке 2.3.

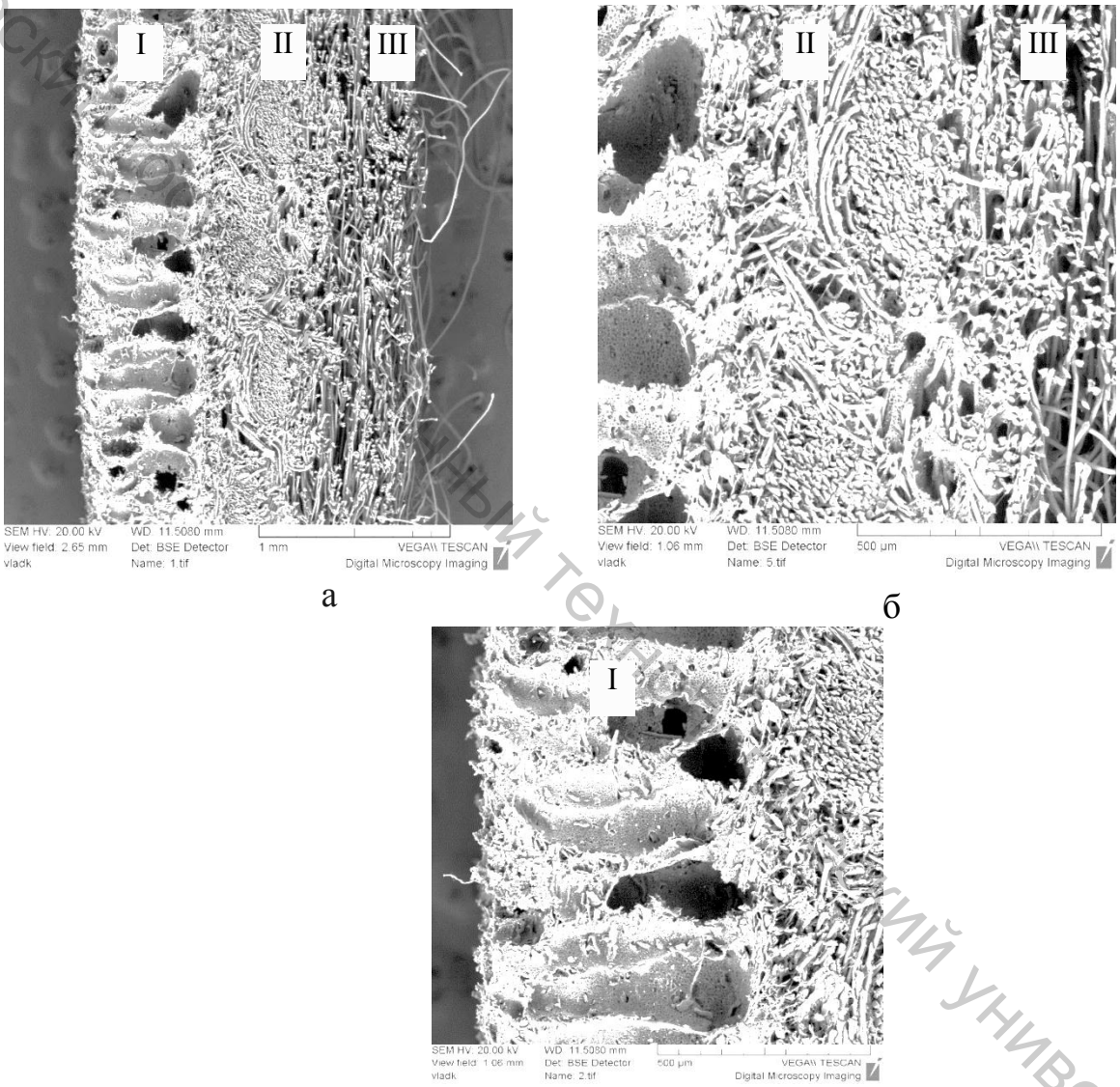


Рисунок 2.3 – СЭМ-изображения среза образца ИК «Nubuk 231»:
I – полимерный слой; II – тканый слой; III – нетканый материал;
а – изображение трех слоев ИК с увеличением 1 мм; б – изображение текстильной основы с увеличением 500 мкм; в – полимерный слой ИК с увеличением 500 мкм

Материалы «NUBUK 231», «NUBUK 517» и «NUBUK 605» представляют собой трехслойную ИК, состоящую из полимерного

Витебский государственный технологический университет

пористого слоя и комбинированной основы: ткани и нетканого материала. Общая толщина ИК находится в пределах 1300 мкм. Пористый полимерный слой имеет губчатую структуру с наблюдаемым размером пор от 60 до 150 мкм. Губчатая структура характеризуется наличием сквозных пор и каналов, толщина стенок которых значительно меньше их диаметра и общей толщины полимерного слоя. Толщина пористого слоя колеблется от 475 мкм до 578 мкм. Фаза строения исследуемых ИК находится от 4 до 5. Это говорит о практически равномерном распределении нитей основы и утка по опорной поверхности материала и незначительно преобладает нитей утка и основы у материалов с фазой стороения 4. Толщина текстильной основы находится в пределах от 300 мкм до 500 мкм и состоит из полиэфирных волокон.

Полученные инфракрасные спектры представлены на рисунке 2.4.

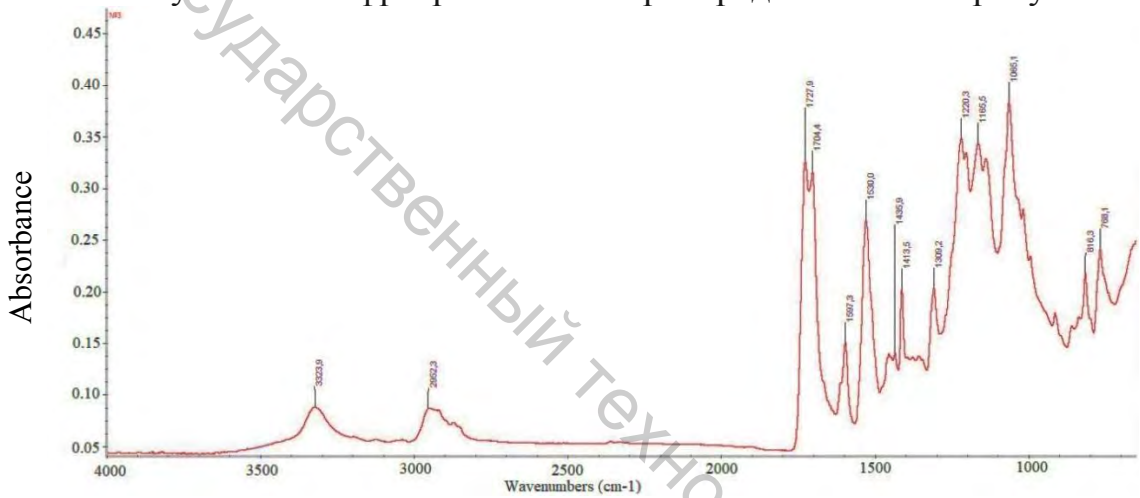


Рисунок 2.4 – Инфракрасные спектры образца ИК «NUBUK 231»

Искусственная кожа «Met lack, бордо» и «Met lack, т-синий» имеет трехслойную структуру: отделочный монолитный слой, полимерный пористый слой и тканую основу из полиэфирных волокон. Общая толщина ИК составляет 1000 мкм. Структура пористого слоя является корпускулярной с размерами пор от 20 мкм до 50 мкм. Корпускулярная структура визуализируется хуже из-за бликов света, возникающих на стенках гранул (корпускул) полимера. Толщина пористого слоя находится в пределах 520 мкм. Фаза строения тканевой основы исследуемых ИК равна 5, что указывает на равномерное распределение нитей основы и утка по опорной поверхности тканого слоя. Толщина текстильной основы (400–460) мкм. Глубина проникновения полимерного слоя в основу около 190 мкм [2.63]. Микрофотографии поперечного среза ИК «Met lack, бордо» представлены на рисунке 2.5.

Витебский государственный технологический университет

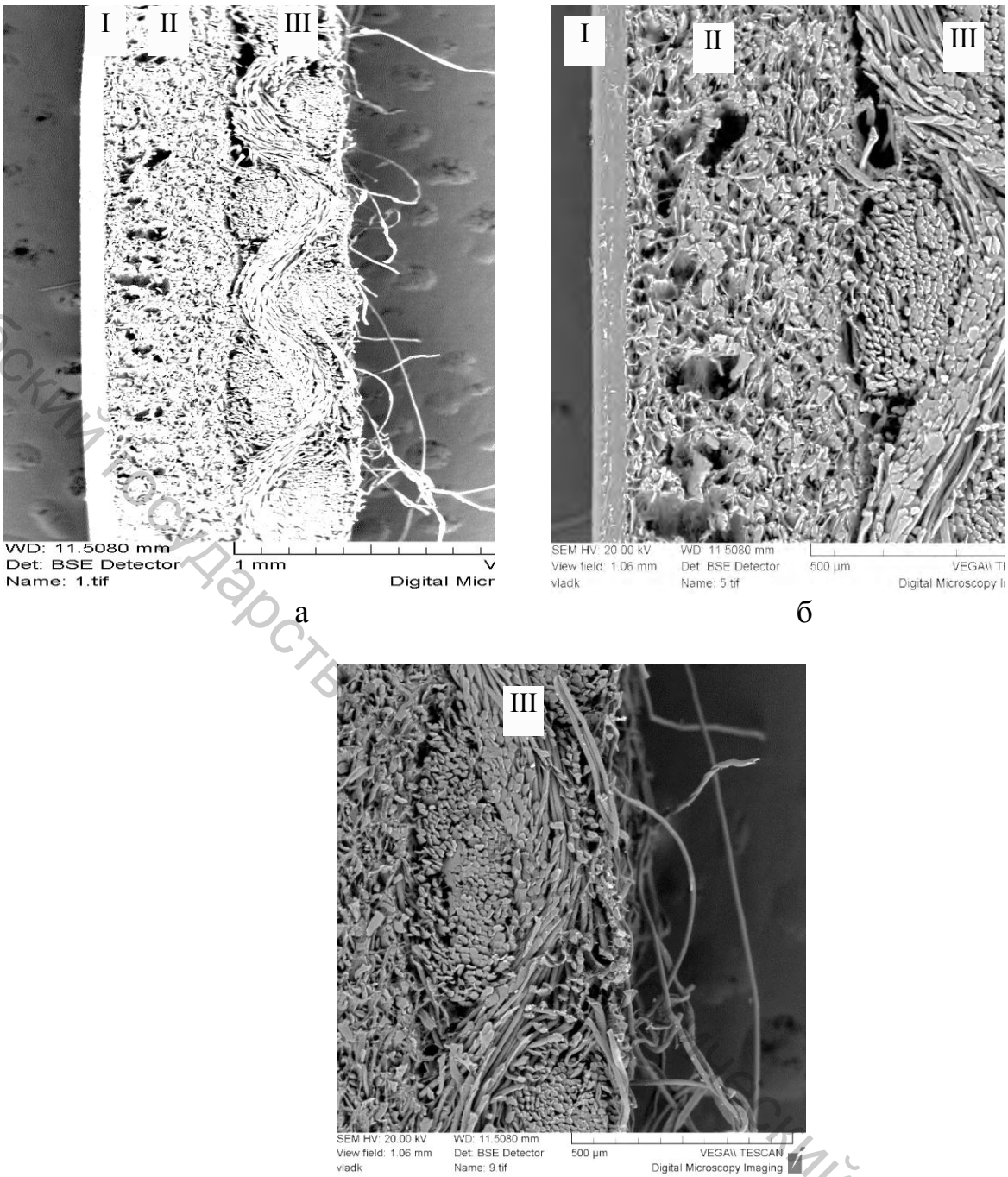


Рисунок 2.5 – СЭМ-изображения среза образца ИК «Met lack, бордо»:
I – полимерный монолитный слой; II – полимерный пористый слой; III – тканый слой; а – изображение трех слоев ИК с увеличением 1 мм; б – изображение трех слоев ИК с увеличением 500 мкм; в – текстильная основа ИК с увеличением 500 мкм

У материалов «Met lack, т-синий» и «Met lack, бордо» полимерный слой представляет собой одну из разновидностей полиуретана (ПУ).

Витебский государственный университет

Полученные инфракрасные спектры представлены на рисунке 2.6.

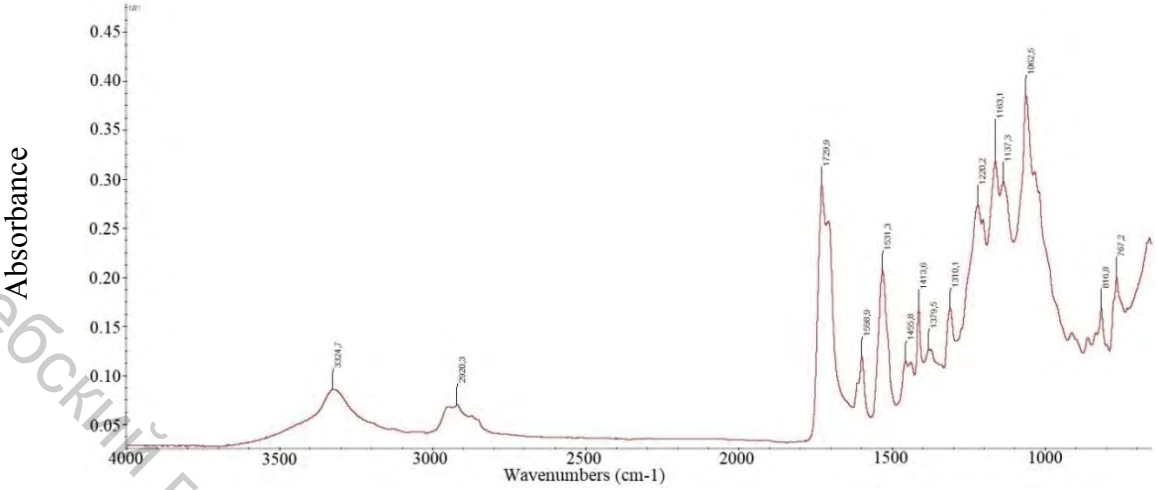
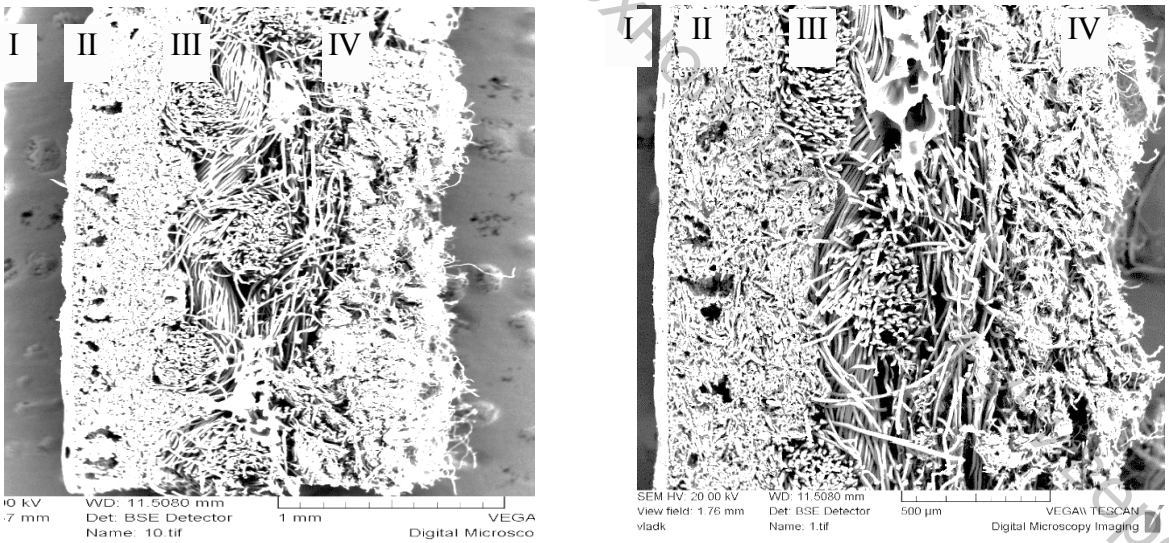


Рисунок 2.6 – Инфракрасные спектры образца ИК «Met lack, бордо»

Материал «Экокожа» имеет сложную структуру. В нее входят 4 слоя: отделочный слой, пористый полимерный слой из полиуретана, тканая основа из полиэфирных волокон и слой кожевенных отходов, поэтому еѐ общая толщина составляет 1884 мкм. Пористый полимерный слой корпускулярной структуры. Наблюдаемый размер пор – около 40 мкм. Толщина отделочного слоя – от 15 до 27 мкм, пористого слоя 390 мкм и тканой основы – от 350 мкм до 420 мкм. Фаза строения – 5 [2.64]. Микрофотография поперечного среза представлена на рисунке 2.7.



а б

Рисунок 2.7 – СЭМ-изображения среза образца ИК «Экокожа, Китай по лицензии Италии»:
I – монолитный полимерный слой; II – пористый полимерный слой; III – тканевая основа; IV – слой кожевенных отходов; а – изображение среза ИК с увеличением 1 мм; б – изображение среза ИК с увеличением 500 мкм

Витебский государственный технологический университет

В сырьевой состав ИК «Экокожа» входит полиуретановый полимерный слой и разволокненные отходы НК. Полученные инфракрасные спектры представлены на рисунке 2.8.

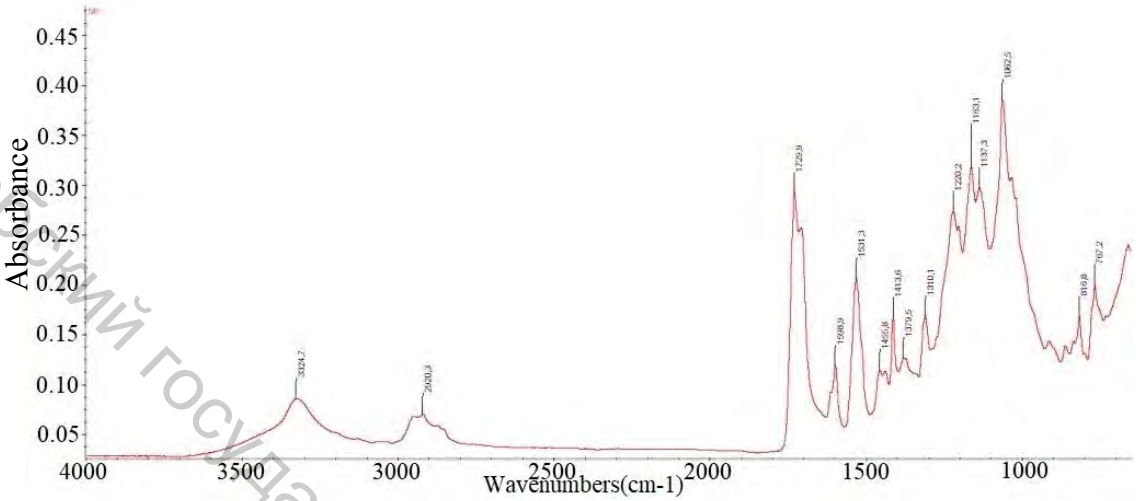
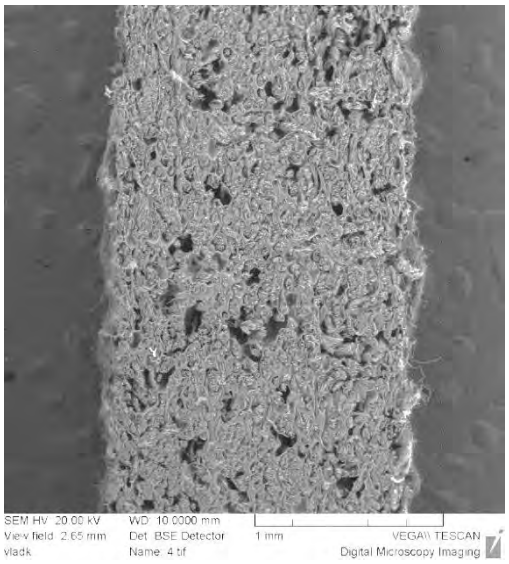
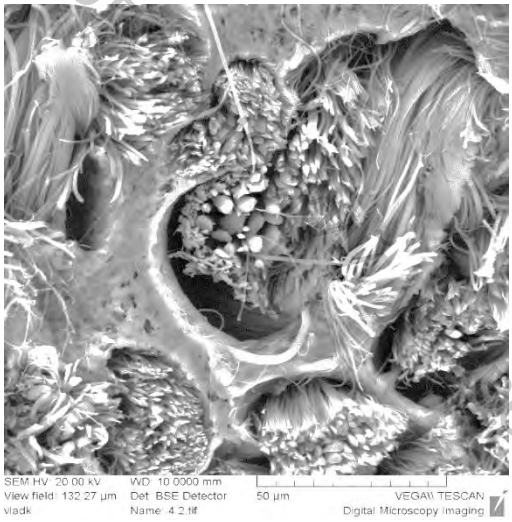


Рисунок 2.8 – Инфракрасные спектры образца ИК «Экокожа»

Образцы ИК «Однослойная ИК коричневая, арт. М1042-36» и «Однослойная ИК серая, арт. М1042-26» являются однослойными, состоят либо из вспененного материала, либо (более вероятно) из спрессованной или прокатанной волокнисто-порошковой массы («крошки»). В объеме образца просматриваются следы клеевого состава, скрепляющего «крошку». Микрофотографии поперечных срезов представлены на рисунках 2.9 и 2.10.



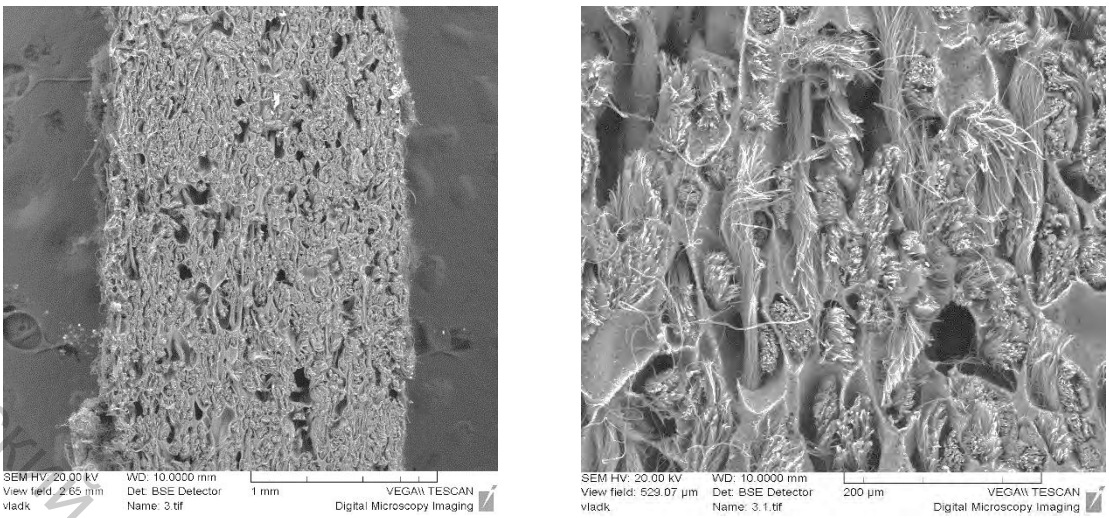
а



б

Рисунок 2.9 – СЭМ-изображения среза образца «Однослойная ИК коричневая, арт. М1042-36»: а – изображение среза ИК с увеличением 1 мм; б – изображение среза ИК с увеличением 500 мкм

Витебский государственный технологический университет



а б

Рисунок 2.10 – СЭМ-изображения среза образца «Однослойная ИК серая, арт. М1042-26»: а – изображение среза ИК с увеличением 1 мм; б – изображение среза ИК с увеличением 500 мкм

Образец «Однослойная ИК коричневая, арт. М1042-36» состоит из ПУ (характеристическими являются полоса валентных колебаний групп NH при 3300 см$^{-1}$, группа полос колебаний групп CH_2 вблизи 2900 см$^{-1}$). Инфракрасные спектры представлены на рисунке 2.11.

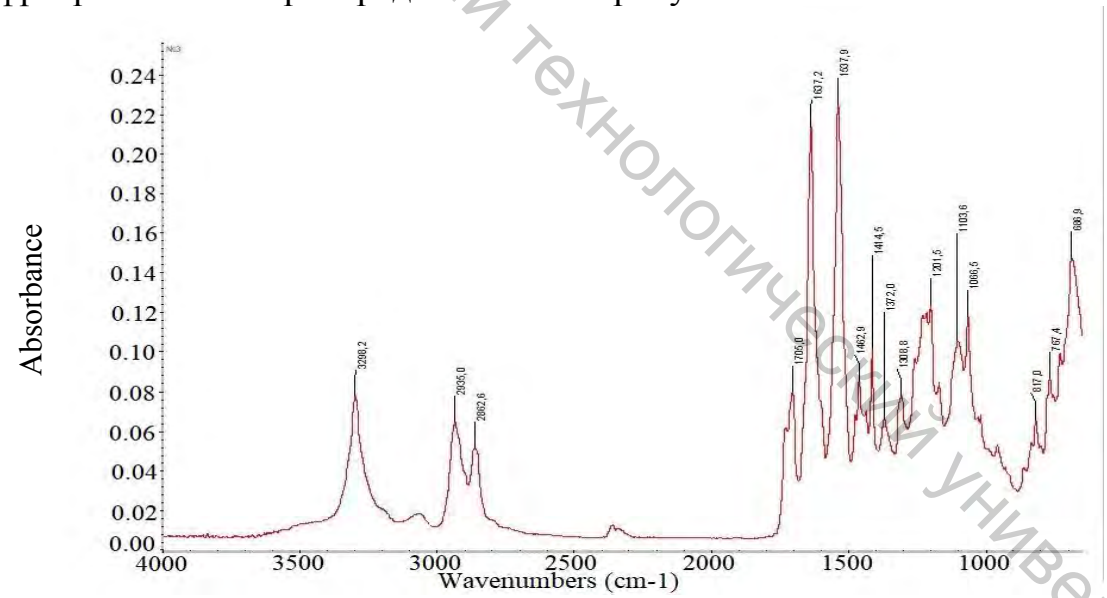


Рисунок 2.11 – Инфракрасные спектры образца «Однослойная ИК коричневая, арт. М1042-36»

Химический состав образца «Однослойная ИК серая, арт. М1042-26» – ПУ (характеристическими являются полоса валентных колебаний групп NH при 3300 см$^{-1}$, а также группа полос колебаний групп CH_2 вблизи 2900 см$^{-1}$). Инфракрасные спектры представлены на рисунке 2.12.

Витебский государственный технологический университет

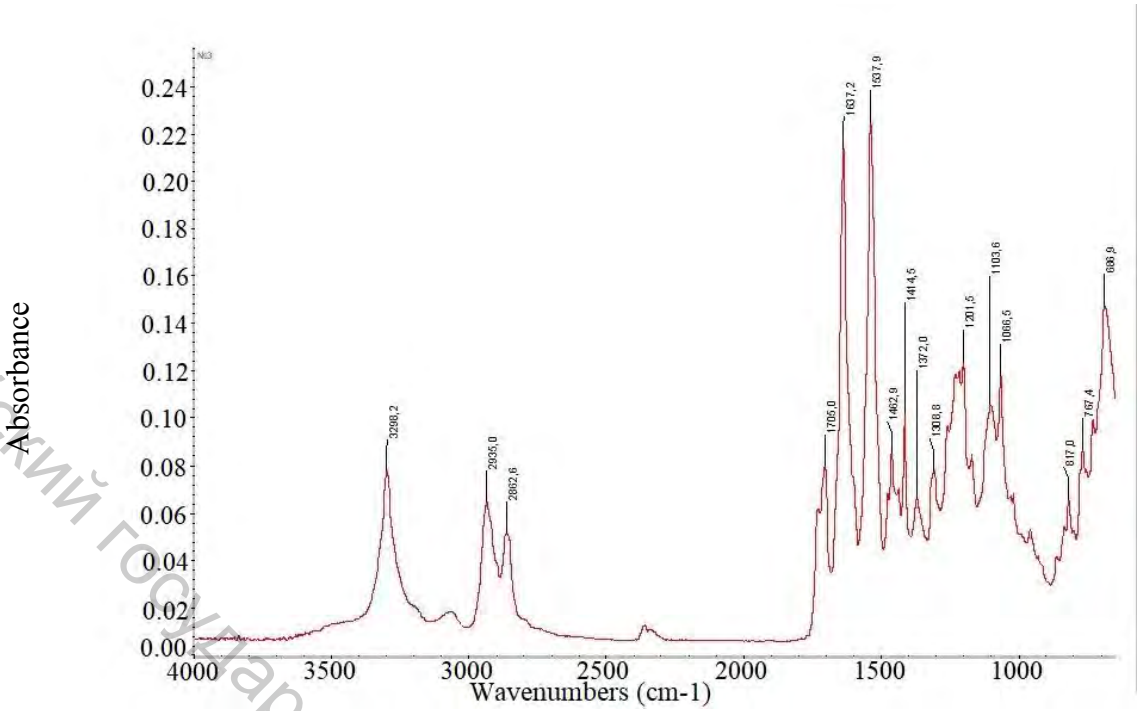


Рисунок 2.12 – Инфракрасные спектры образца ИК «Однослойная ИК серая, арт. М1042-26»

Для образца ИК «Двухслойная ИК, арт. Hongxin 11022-16» характерна двухслойная структура: 1 – монолитный полимерный слой толщиной 250–300 мкм; 2 – волокнистый слой (нетканый материал). Микрофотографии поперечного среза ИК представлены на рисунке 2.13.

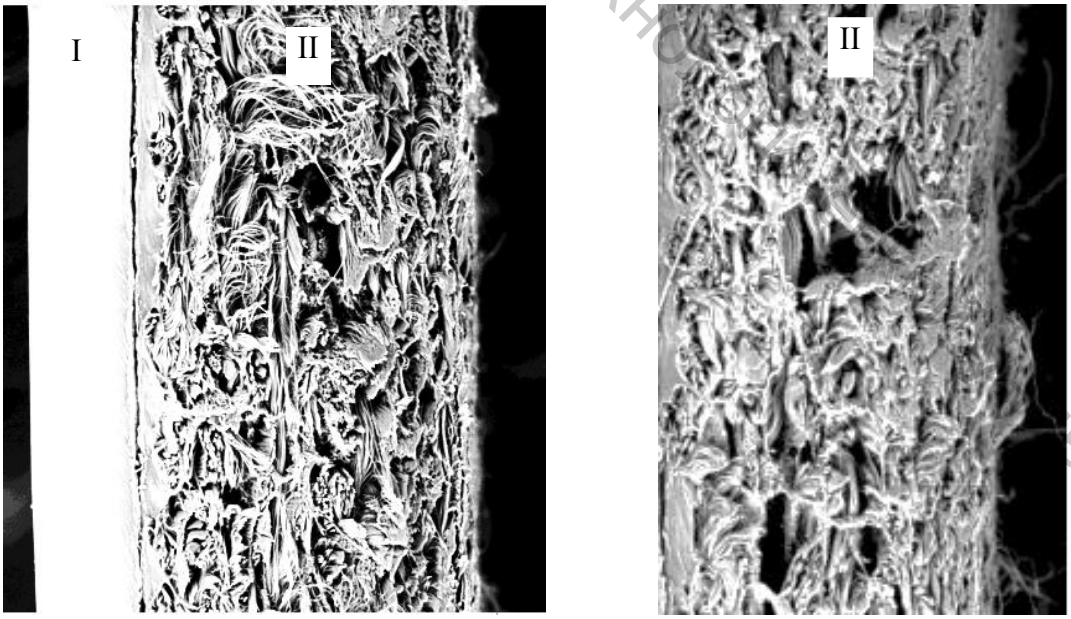


Рисунок 2.13 – СЭМ-изображения среза образца «Двухслойная ИК, арт. Hongxin 11022-16»:
I – полимерный монолитный слой; II – волокнистый слой

Витебский государственный технологический университет

Анализ спектров образца «Двухслойной ИК, арт. Hongxin 11022-16» показал, что материал имеет поливинилхлоридное полимерное покрытие. Текстильная основа исследуемой ИК состоит из полиэтилентерефталатных волокон. Инфракрасные спектры представлены на рисунке 2.14.

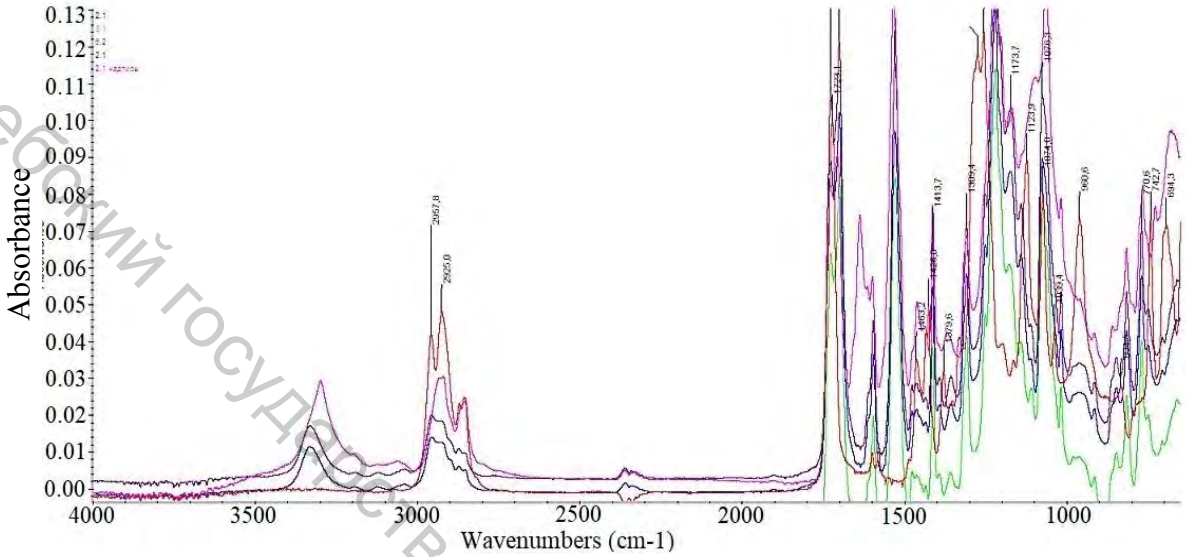


Рисунок 2.14 – Инфракрасные спектры образца ИК «Двухслойная ИК, арт. Hongxin 11022-16»

Исследование структуры и сырьевого состава ИК показало, что материалы имеют различное количество слоев в структуре и текстильную основу. Большинство ИК имеют полиуретановое полимерное покрытие с текстильной основой из полиэфирных волокон, кроме «Экокожа» (в еѐ состав входят разволокненные фрагменты ИК), а также «Двухслойная ИК, арт. Hongxin 11022-16», имеющая поливинилхлоридное покрытие с текстильной основой из полиэтилентерафталатных волокон.

Толщина всех исследуемых материалов варьируется от 1300 мкм до 1500 мкм, кроме ИК «Экокожа» (еѐ общая толщина составляет 1800 мкм из-за еѐ четырехслойной структуры).

Структуру текстильного слоя исследовали только по показателям фазы строения основы и толщины. Толщина текстильной основы всех образцов колеблется в пределах от 300 мкм до 460 мкм. Фаза строения тканой основы ИК – от 4 до 5, что говорит о равномерном распределении нитей основы и утка по опорной поверхности материала.

Анализ структуры пористого полимерного слоя ИК позволяет сделать вывод о том, что образцы являются макропористыми с диаметром пор от 20 мкм до 90 мкм и принадлежат к двум видам – с губчатой и корпускулярной структурой. Толщина пористого слоя варьируется в узком диапазоне – от 470 мкм до 570 мкм, кроме ИК «Экокожа», у которой толщина пористого покрытия составляет 390 мкм.

Витебский государственный технологический университет

2.3 Физико-механические свойства искусственных кож

Исследования механических свойств ИК турецкого, немецкого и китайского производства проводили с помощью разрывной машины ИП 5158-5 на образцах прямоугольной формы 160×20 мм с рабочей частью 100×20 мм со скоростью перемещения нижнего зажима 70 мм/мин. Линейные размеры образцов определены по ГОСТ 17073-71 [2.65] с помощью металлической измерительной линейки с ценой деления 1 мм и толщиномера типа ТР-10А с точностью 0,1 мм. Массу элементарных проб измеряли на весах Radwag AS 220/C/2/N с погрешностью не более 0,01 г. Поверхностную плотность образцов материалов определяли с точностью до 1 г/м^2.

Анизотропию свойств материалов определяют коэффициенты равномерности по прочности и относительному удлинению при разрыве, которые находятся как отношение соответствующих показателей, полученных при испытании образца в двух взаимно перпендикулярных направлениях по формулам:

$$k_{\text{р}} = \frac{P_{\text{р}\min}}{P_{\text{р}\max}}, \tag{2.2}$$

$$k_{\text{р}} = \frac{\varepsilon_{\text{р}\min}}{\varepsilon_{\text{р}\max}}, \tag{2.3}$$

где $P_{\text{р}\,min}$ и $P_{\text{р}\,max}$ – соответственно наименьшее и наибольшее значения разрывной нагрузки $P_{\text{Р}}$, Н; $\varepsilon_{\text{р}\,min}$ и $\varepsilon_{\text{р}\,max}$ – соответственно наименьшее и наибольшее значения относительного удлинения при разрыве $\varepsilon_{\text{р}}$, %.

По условной относительной нагрузке $P_{\text{у}}$ дополнительно определяли также показатели, характеризующие упругие свойства материалов, т.е. условный модуль упругости $E_{\text{у}}$ и жесткость $D_{\text{у}}$ по формулам:

$$P_{\text{у}} = 0{,}75 \cdot P_{\text{р}}, \tag{2.4}$$

$$E_{\text{у}} = \frac{\sigma_{\text{у}}}{\varepsilon_{\text{у}}} \cdot 100, \tag{2.5}$$

$$D_{\text{у}} = E_{\text{у}} \cdot F, \tag{2.6}$$

где $P_{\text{р}}$ – разрывная нагрузка, Н; ζ_y – предел прочности при P_y, МПа; $\varepsilon_{\text{у}}$ – относительное удлинение при P_y, %; F – площадь поперечного сечения образца, м^2.

Витебский государственный технологический университет

Показатели физико-механических свойств некоторых ИК и НК по результатам исследований их элементарных проб при выкраивании вдоль (В) и поперѐк (П) рулона приведены в таблице 2.2. Три вида НК, используемых в производстве, взяты для сравнения [2.66, 2.67].

Таблица 2.2 – Показатели физико-механических свойств ИК и НК

Материал	Толщина, мм	Поверхностная плотность, г/м^2	Разрывная нагрузка $P_р$, Н		Предел прочности ζ, МПа		Относительное удлинение при разрыве $\varepsilon_р$, %		Относительное удлинение при напряжении 10 Мпа, %		Коэффициент равномерности по $\varepsilon_р$, $k_р$
			В	П	В	П	В	П	В	П	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
NUBUK 231	1,4	624	321	444	11,6	16,1	25	32	21	18	0,78
NUBUK-517	1,4	603	503	334	18,2	12,2	35	26	16	20	0,74
NUBUK-605	1,4	559	372	406	13,2	14,5	25	28	19	18	0,88
Met lack, бордо	1,0	568	293	397	13,9	18,9	20	34	14	20	0,59
Met lack, т-синий	1,0	465	331	298	16,6	14,9	17	40	9	27	0,43
Экокожа	1,8	784	232	284	6,4	8,0	38	28	20	27	0,74
Однослойная ИК коричневая, арт. M1042-36	1,6	546	386	372	12,1	11,6	98	137	78	97	0,72
Однослойная ИК серая, арт. M1042-26	1,6	553	414	436	12,9	13,6	135	114	104	76	0,84
Двухслойная ИК арт. Hongxin 11022-16	0,9	435	235	135	13,0	7,5	71	140	51	-	0,51
JAWA 001	1,1	516	376	327	17,1	14,9	22	26	13	19	0,85
FOCA 330	1,2	484	278	308	11,9	13,3	29	42	24	30	0,69
RUGAN 001	1,1	516	400	405	18,5	18,7	33	33	19	23	1,00
RUGAN 901	1,2	500	303	371	13,2	16,1	29	31	21	23	0,94
RUGAN SEL-CUK	1,2	433	314	349	17,5	19,4	28	31	15	19	0,90
RUGAN MUS-TANG	1,1	483	313	283	14,2	12,9	30	34	21	25	0,88
ETNA 304	1,3	533	339	298	13,9	12,2	30	33	22	27	0,91
ETNA 901	1,3	616	430	414	16,3	19,0	40	28	27	22	0,72
BORNOVA 901	1,1	675	447	555	17,3	21,5	39	41	25	27	0,95

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
RUSTIK 901	1,1	567	356	375	15,6	16,5	34	32	21	23	0,94
RUGAN 224	0,9	600	368	457	15,6	19,4	32	35	21	25	0,91
Бирюза 3763	1,2	567	411	438	17,9	19,0	17	39	9	25	0,43
Лак обувной	1,2	567	296	321	14,2	15,4	18	38	12	28	0,47
НК «Nappa»	1,5	963	368	318	12,3	10,6	72	48	64	46	0,67
НК «Hannol»	1,5	1022	430	314	14,3	10,5	59	70	45	67	0,84
НК «Велюр»	1,3	926	512	384	17,1	12,8	52	49	30	35	0,94

Так как ИК используются как заменитель НК в заготовках верха обуви, то в основу анализа их физико-механических свойств положим ГОСТ 939-94 «Кожа для верха обуви. Технические условия» [2.68]. Указанный стандарт нормирует следующие показатели для натуральной кожи:

– толщина в пределах 0,90–1,63 мм;

– коэффициент равномерности по удлинению – не менее 70 % для нубука и велюра и не менее 60 % для всех остальных видов НК;

– предел прочности – не менее 13–18 МПа для всех видов НК;

– относительное удлинение при напряжении 10 МПа в пределах 20–40 % для велюра и нубука и 15–35 % – для всех остальных видов НК.

Все исследованные материалы соответствуют стандарту по толщине, кроме ИК «Экокожа».

Диапазон предела прочности исследованных ИК от 6,4 до 18,5 МПа в продольном и от 7,5 до 21.5 МПа – в поперечном направлениях деформирования. Из таблицы 2.2 видно, что исследуемые ИК «NUBUK 231», «Однослойная ИК серая, арт. М1042-26» в продольном направлении, «NUBUK 517», «Двухслойная ИК арт. Hongxin 11022-16», НК «Hannol», НК «Велюр» в поперечном направлении и «Экокожа», «Однослойная ИК коричневая, арт. М1042-36», НК «Nappa» FOCA 330, ETNA 304 и RUGAN MUSTANG 901 в обоих направлениях – не соответствуют по пределу прочности. И только 25 % исследованных материалов соответствует указанному нормируемому показателю в обоих направлениях растяжения.

Среди исследованных видов ИК только «Экокожа» и НК «Велюр» отвечают требованиям стандарта при растяжении во всех направлениях при напряжении 10 МПа. В продольном направлении ИК JAWA 001, Бирюза 3763, Met lack и Лак обувной имеют относительные удлинения при 10 МПа за пределами нормируемого интервала и только по его среднему значению они соответствуют по этому показателю стандарту.

Для придания заготовке обуви нужной формы при формовании, т.е. для обеспечения процесса формования, материалы должны обладать достаточной растяжимостью. Так, при производстве обуви внутреннего

Витебский государственный технологический университет

способа формования максимальное значение деформации материала, которую он испытывает в районе носочно-пучковой части заготовки верха обуви, составляет около 15 %, а при производстве обуви обтяжно-затяжным способом максимальная деформация материала также в районе носочно-пучковой части заготовки равна 30 %. Исследования показали, что все ИК могут быть использованы в заготовках верха обуви внутреннего способа формования, т.к. обладают достаточной деформационной способностью и частично пригодны для формования верха обуви обтяжно-затяжным способом.

Для дополнительной оценки способности материалов формоваться получены значения условного модуля упругости и условной жесткости (табл. 2.3). Известно, что тем выше у материала значения условного модуля упругости и жесткости материала, тем меньше его деформация, т.к. выше его способность сопротивляться растягивающим усилиям. Исследования показали, что наиболее жесткими являются «NUBUK 231», «NUBUK 517», «NUBUK 605», «Met lack, бордо» и «Met lack, т-синий» в обоих направлениях и «Экокожа» – в продольном направлении растяжения соответственно [2.69, 2.70].

Таблица 2.3 – Дополнительные показатели физико-механических свойств ИК и НК

Наименование материала	Условное усилие $P_у$, Н		Условное относительное удлинение $\varepsilon_у$ при $P_у$, %		Уловная жесткость $D_у$, Н		Условный модуль упругости $E_у$, МПа	
	В	П	В	П	В	П	В	П
1	2	3	4	5	6	7	8	9
NUBUK 231	240	333	18	21	1334	1583	48,3	57,3
NUBUK-517	378	251	22	18	1719	1400	62,3	51,1
NUBUK-605	279	304	19	20	1462	1511	51,8	54,0
Met lack, бордо	220	298	15	25	1479	1180	70,4	56,2
Met lack, т-синий	249	223	12	30	1995	758	100,0	38,0
Экокожа	174	213	28	28	616	768	17,1	21,7
Однослойная ИК коричневая, арт. M1042-36	290	279	72	95	400	294	12,5	9,2
Однослойная ИК серая, арт. M1042-26	311	327	91	76	339	428	10,6	13,4
Двухслойная ИК арт. Hongxin 11022-16	176	101	53	105	3330	3384	185,0	188,0
JAWA 001	282,1	245,4	17	20	1683	1248	76,50	56,71
FOCA 330	208,1	230,6	22	32	954	731	41,13	31,52
RUGAN 001	300,2	303,7	25	25	1209	1218	55,96	56,37
RUGAN 901	226,9	278,1	22	23	1057	1189	45,94	51,69
RUGAN SELCUK 001	235,7	261,7	21	23	1141	1135	63,37	63,04

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
RUGAN MUSTANG 901	234,9	212,2	22	26	1051	832	47,79	37,81
ETNA 304	254,0	223,3	23	25	1111	891	45,54	36,50
ETNA 317	183,7	222,0	21	27	859	829	38,34	37,01
ETNA 901	322,2	310,9	30	21	1073	1476	40,65	56,68
BORNOVA 901	335,1	416,2	29	30	1139	1370	44,13	53,11
RUSTIK 901	267,2	281,6	25	24	1053	1184	46,18	51,93
RUGAN 224	276,2	342,6	24	26	1160	1303	49,17	55,22
Лак обувной/140, б.	222,2	239,6	13	34	1667	713	78,64	33,64
НК «Nappa»	276	239	59	39	468	612	15,6	20,4
НК «Hannol»	323	245	48	58	672	423	22,4	14,1
НК «Велюр»	384	288	41	37	936	777	36,0	29,9

Результаты проведенных исследований показали, что по всем перечисленным выше показателям физико-механических свойств из 9 исследованных ИК ни одна не соответствует полностью требованиям ГОСТ 939-94.

Следует отметить, что ИК артикулов JAWA 001, FOCA 330, ETNA 304, RUGAN MUSTANG, Бирюза 3763, Met lack, бордо и Лак обувной/140 только по средним значениям показателей деформационных свойств удовлетворяют требованиям ТНПА. ИК RUGAN 001, RUGAN 224, RUGAN 901, RUGAN SELCUK, ETNA 901, BORNOVA 901, RUSTIK 901 можно признать лучшими по указанным выше показателям среди исследованных наиболее популярных марок импортных ИК для верха обуви, что подтверждается однородностью макропор полимерного слоя или значительной его толщиной (ETNA 901). При этом все указанные ИК имеют пропитанную полимерами основу (кроме RUGAN 224). Однако соответствие указанным выше техническим нормативным правовым актам не позволяет в полной мере оценить степень пригодности ИК к формованию, например, внутренним способом, так как нормируемых показателей недостаточно для такой оценки.

Известно, что характер кривых растяжения полимерных материалов позволяет оценить технологическую и эксплуатационную их пригодность к переработке, в том числе возможность к использованию в производстве в целом. Последнее в полной мере относится к ИК, которые применяются для изготовления изделий из кожи. Используя принцип аналогий, проведѐн сравнительный анализ кривых растяжений ИК и НК, которые применяются в производстве обуви одного ассортиментного ряда, для чего были построены кривые растяжения ИК и НК.

Полученные спектры графических изображений кривых растяжения исследованных материалов (рис. 2.15) выявили существенные различия между характерами процесса одноосного растяжения их образ-

Витебский государственный технологический университет

цов. При этом установлено, что ИК обладают большей упругостью, чем исследованные НК и поэтому, как правило, не будут обладать хорошей формуемостью, что в свою очередь может привести к недостаточной формоустойчивости изготовленной из них обуви при хранении и носке.

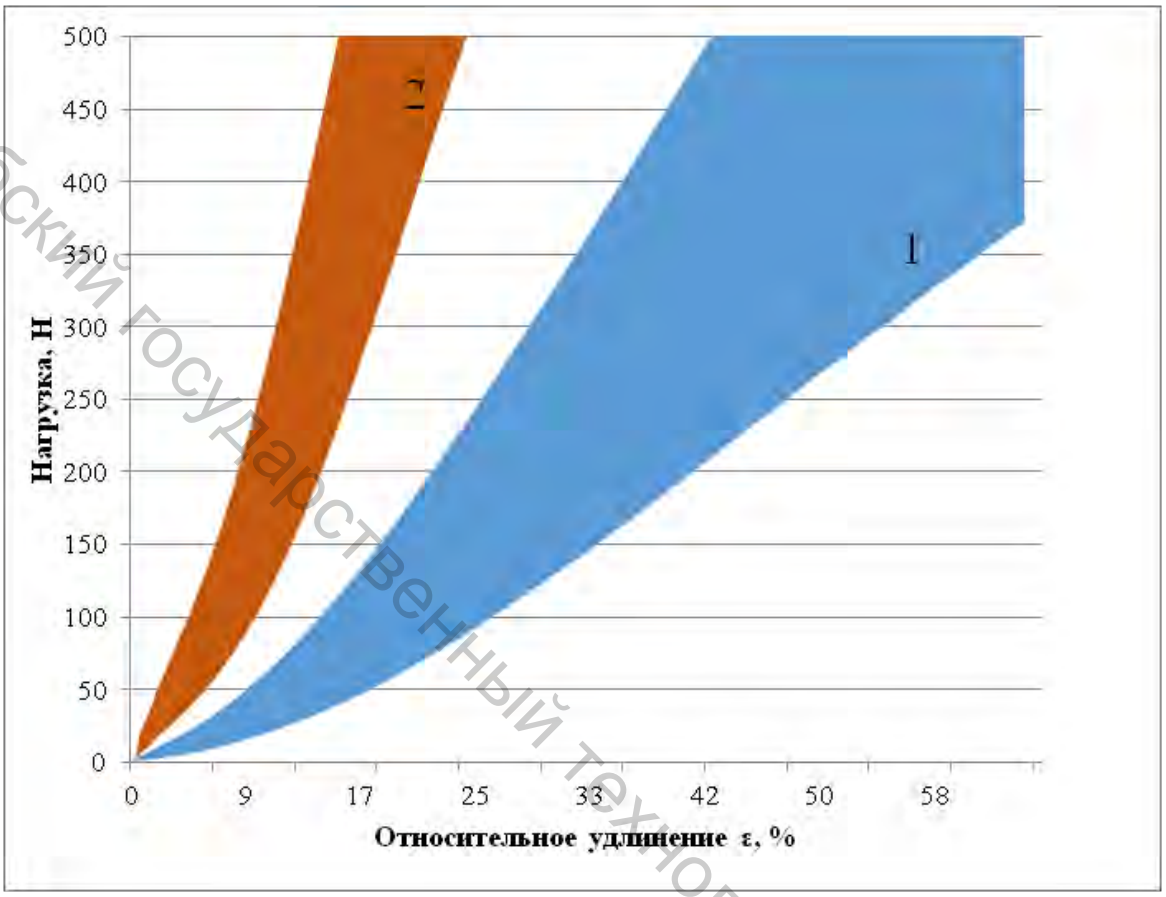


Рисунок 2.15 – Спектры одноосного растяжения НК и ИК вдоль основы: 1 – спектр растяжений НК, 2 – спектр растяжений ИК

Очевидно, что такое различие в физико-механических свойствах и характерах деформирования между ИК и НК объясняется наличием существенной разницы в их структурах.

Таким образом, анализ литературных источников позволил выявить основные причины затруднений при выборе ИК для наружных деталей верха при производстве обуви. Эти причины связаны, прежде всего, с отсутствием сведений о технологических и эксплуатационных свойствах ИК и их сырьевого состава, особенно это касается материалов зарубежного производства. Современные ИК, изготовленные на основе полимеров и их композиций, в большинстве своем не могут обеспечить необходимую механическую прочность, достаточные технологические, гигиенические и эксплуатационные свойства деталям верха. Поэтому для достижения необходимого качества для внутренних и промежуточных деталей верха обуви используют другие материалы.

Витебский государственный технологический университет

Проведенные исследования структуры и сырьевого состава современных ИК, используемых в производстве обуви на предприятиях Республики Беларусь, показали, что большинство ИК имеют полиуретановое полимерное покрытие с текстильной основой из полиэфирных волокон, кроме ИК «Экокожа» (в еѐ состав входят разволокненные фрагменты НК), а также ИК «Двухслойная ИК, арт. Hongxin 11022-16», имеющая поливинилхлоридное покрытие с текстильной основой из полиэтилентерафталатных волокон. Толщина всех ИК варьируется от 1300 мкм до 1500 мкм, кроме ИК «Экокожа» (толщина 1800 мкм из-за еѐ четырехслойной структуры). Толщина текстильной основы всех образцов колеблется в пределах от 300 мкм до 460 мкм. Фаза строения тканой основы ИК – от 4 до 5, что указывает на равномерное распределение нитей основы и утка по опорной поверхности материала.

Анализ структуры пористого полимерного слоя ИК показал, что он является макропористым с диаметром пор от 20 мкм до 90 мкм, причѐм губчатым либо корпускулярным. Толщина пористого слоя варьируется в узком диапазоне от 470 мкм до 570 мкм, кроме ИК «Экокожа», у которой толщина пористого покрытия составляет 390 мкм.

Установлено, что по нормируемым показателям физико-механических свойств из исследованных ИК ни одна не соответствует требованиям ТНПА для НК. Исследованные свойства новых видов ИК («NUBUK 231», «NUBUK-517», «NUBUK-605», «Met lack, бордо», «Met lack, т-синий», «Экокожа», «Однослойная ИК коричневая, арт. М1042-36», «Однослойная ИК серая, арт. М1042-26», «Двухслойная ИК арт. Hongxin 11022-16»), которые могут быть использованы при анализе технологической пригодности их в производстве. Результаты проведенных исследований показали, что по всем перечисленным выше показателям физико-механических свойств из 9 исследованных ИК ни одна не соответствует полностью требованиям ГОСТ 939-94.

ИК обладают большей упругостью, чем исследованные НК и поэтому, как правило, не будут обладать хорошей формуемостью, что в свою очередь может привести к недостаточной формоустойчивости изготовленной из них обуви при хранении и носке.

Очевидно, что такое различие в физико-механических свойствах и характерах деформирования между ИК и НК объясняется наличием существенной разницы в их структурах, а значит, обувь, в заготовках верха которой используется ИК, будет обладать иными эксплуатационными характеристиками.

Витебский государственный технологический университет

Список использованных источников к главе 2

2.1 Краснов, Б. Я. Искусственные кожи / Б. Я. Краснов. – Москва: Легкая индустрия, 1973. – 151 с.

2.2 Synthetic Leather (Artificial Leather) Market by Type (Polyurethane, Polyvinyl Chloride, Bio-based), End-Use Industry (Footwear, Furnishing, Automotive, Clothing, Bags, Purses & Wallets, Sports, Electronics) – Global Forecast to 2021 [Электронный ресурс]: Ebsco. – Режим доступа: http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=nfh&AN=16PU3549757320&lang=ru&site=ehost-live. – Дата доступа: 01.04.2019.

2.3 Андрианова, Г. П. Искусственные кожи – что это такое. Искусственные кожи – типы, строение, свойства и применения / Г. П. Андрианова // Соросовский образовательный журнал. – 1999. – № 9. – С. 52–58.

2.4 Бондарева, Н. А. Концепция двадцатого века «Искусственная кожа» в веке двадцать первого / Н. А. Бондарева // Кожевенно-обувная промышленность. – 2012. – № 2. – С. 29.

2.5 Материаловедение: учебник / В. А. Струк [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2008. – 519 с.

2.6 ГОСТ 33099-2014. Изделия из кожи. Метод определения применяемых материалов. – Введ. 2016-02-01. – Москва: Издательство стандартов, 2016. – С. 12.

2.7 Химия и технология полимерных пленочных материалов и искусственных кож: учебник для вузов. В 2 ч. / Г. П. Андрианова [и др.]. – 2-е изд., испр. – Москва: Легпромбытиздат, 1990. – 304 с.

2.8 Буркин, А. Н. Материаловедение кожевенно-обувного производства: учеб. пособие / А. Н. Буркин [и др.]. – Минск: Беларус. энцыкл. імя П. Броўкі, 2011. – 310 с.

2.9 Томашева, Р. Н. Конфекционирование материалов для обуви: курс лекций / Р. Н. Томашева. – Витебск: УО «ВГТУ», 2010. – 117 с.

2.10 Kinge, A. P. Nonwoven for artificial leather / A. P. Kinge, S. M. Landage, A. I. Wasif // International Journal of Advanced Research in Engineering and Applied Science. – 2013. – № 2. – P. 18–33.

2.11 Singha, K. A Review on Coating & Lamination in Textiles: Processes and Applications // American Journal of Polymer Science. – 2012. – № 2(3). – P. 39–49.

2.12 Способ получения супермягкой искусственной кожи: пат. RU 2003115415 / И. Х. Хасанович, И. А. Зиевич. – Опубл. 10.02.2003.

2.13 Способ получения искусственной кожи: а.с. SU 701187 / С. А. Волкова, А. Г. Махмуров, С. Н. Ильин, Л. А. Островская, А. Т. Пономарев, М. Н. Гудименко, Г. К. Пытов, Ю. Н. Ханукаева. – Опубл. 19.06.1995.

Витебский государственный технологический университет

2.14 Broadbent, D. Basic Principles of Textile Coloration / D. Broadbent: Society of Dyers and Colourists, 2001. – 568 p.

2.15 Технология переработки пластических масс и эластомеров в производстве полимерных пленочных материалов и искусственной кожи: учеб. и учеб. пособие для студ. высш. учеб. зав. / Г. П. Андрианова [и др.]. – 3-е изд., испр. – Ч. 2. – Москва: КолосС, 2008. – 447 с.

2.16 Берлин, А. А. Современные полимерные композиционные материалы (ПМК) / А. А. Берлин // Соросовский образовательный журнал. – 1995. – № 1.– С. 57–65.

2.17 Шустов, Ю. С. Основы текстильного материаловедения / Ю. С. Шустов. – Москва: МГТУ им. А. Н. Косыгина, 2007. – 302 с.

2.18 Кукин, Г. Н. Текстильное материаловедение (текстильные полотна и изделия): учеб. для вузов / Г. Н. Кукин, А. Н. Соловьев, А. И. Кобляков. – 2-е изд., испр. – Москва: Легпромбытиздат, 1992. – 272 с.

2.19 Хлопчатобумажная тканевая основа для обувных искусственных кож: пат. RU 3281 / Г. И Лопаткин, Г. Н. Жигалова, Л. Г. Грязных. – Опубл.16.12.1996.

2.20 Тканевая основа для искусственных кож: пат. RU 14376 / В. П. Тарасов, Н. П. Крылова, Г. Е. Лебедев, В. И. Лебедева, И. О. Куроптева. – Опубл. 20.07.2000.

2.21 Тканая основа для производства бытовой клеенки и искусственной кожи: пат. RU 34547 / А. Л. Шмелев, Н. П. Иванов, О. Н. Иванов. – Опубл. 10.12.2003.

2.22 Тканая основа для производства столовой клеенки и искусственной кожи: пат. RU 38171 / А. Л. Шмелев, Н. П. Иванов, О. Н. Иванов. – Опубл. 27.05.2004.

2.23 Тканая основа для полимерного покрытия: пат. RU 45397 / А. Л. Шмелев. – Опубл. 10.05.2005.

2.24 Ткань – основа для полимерных покрытий: пат. RU 72978 / И. Г. Ковалев. – Опубл. 10.05.2008.

2.25 Смелков, В. К. Материаловедение: учебное пособие / В. К. Смелков. – Витебск: ВГТУ, 2005. – 300 с.

2.26 Фомченкова, Л.Н. Искусственные кожи для обуви, одежды и галантерейных изделий / Л. Н. Фомченкова // Журнал «Кожевенно-обувная промышленность». – № 6(05). – 2005. – С. 55–58.

2.27 Краснов, А. Искусственная кожа «со стажем» / А. Краснов, Б. Краснов // Журнал Style/Show/Shoe – business. – 2003. – № 6(23). – С. 96.

2.28 ЗАО «Ивановоискож» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ivanovoiskozh.ru/artificial-leather/material-shoe-type-argolin/. – Дата доступа: 13.12.2016.

Витебский государственный технологический университет

2.29 Егорычева, В. А. Искусственные кожи для верха обуви и методы их оценки / В. А. Егорычева, С. П. Скворчинская. – Москва: Легкая индустрия, 1970. – 144 с.

2.30 Ильин, С. Н. Искусственные кожи / И. С. Ильин, М. Х. Бернштейн. – Москва: Легкая и пищевая пром-ть, 1983. – 184 с.

2.31 Литвиненко, А. Г. Справочник по искусственным кожам и пленочным материалам / А. Г. Литвиненко, Б. Я. Кипнис, В. Г. Дюнина. – Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 344 с.

2.32 Полуэктова, В. Д. Новые материалы для верха и подкладки обуви / В. Д. Полуэктова, Е. Я. Михеева, Я. Н. Лейнов // Обувная промышленность. Обзорная информация, 1982. – 64 с.

2.33 Яковлев, К. П. Мягкие искусственные кожи для верха обуви / К. П. Яковлев, И. А. Штерн. – Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 40 с.

2.34 Краснов, Б. Я. Опыт применения искусственной кожи для верха обуви / Б. Я. Краснов. – Москва: ЦНИИТЭИ легкая промышленность, 1970. – 48 с.

2.35 Искусственная кожа: а.с. SU 1325912 / Е. Б. Левитина, А. Г. Махмуров, Г. Н. Беляева, В. И. Мякин, Г. К. Царегородцева, Б. А. Мирошниченко, Л. Х. Вайншток. – Опубл. 27.09.1995.

2.36 Искусственная кожа: пат RU 2142030 / В. Е. Дербишер, Т. М. Кокорина, Е. В. Дербишер, С. А Орлова. – Опубл. 27.11.1999.

2.37 Многослойная кожа: пат RU 2147056 / Л. Н. Макаревич, Н. Н. Малкова, Л. В. Вершинин, Т. Б. Сорокина. – Опубл. 27.03.2000.

2.38 Многослойный материал: пат. RU 2171325 / Т. А. Хохлова, С. А. Волкова, С. Н. Козлов, А. Л. Малтызова. – Опубл. 27.07.2001.

2.39 Многослойная кожа с полимерным покрытием и способ ее получения: пат RU 2225905 / Л. Н. Макаревич, Н. Н. Малкова, Т. Б. Сорокина, Н. Ф. Романенко, Л. В. Вершинин, С. Н. Козлов, Т. М. Сморызанова, А. Л. Малтызова. – Опубл. 20.03.2004.

2.40 Искусственная кожа для обуви [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ttex.ru. – Дата доступа: 08.06.2016.

2.41 Искусственная кожа для верха обуви предприятия «Sanwil» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.sanwil.com. – Дата доступа: 09.05.2018.

2.42 Папин, А. В. Эффективная технология получения волокнисто-пористого материала их отходов кож хромового дубления / А. В. Папин, Б. П. Кондауров // Экология и промышленность России. – 2011. – № 7. – С. 17–19.

2.43 Литвинов, Ю. В. Результаты исследования и возможность внедрения композиционных кожевенных материалов для изготовления деталей низа обуви / Ю. В. Литвинов, К. П. Яковлев, И. Р. Татарчук // Кожевенно-обувная промышленность. – 2011. – № 3. – С. 29–30.

Витебский государственный технологический университет

2.44 Мурычева, В. В. Перспективы создания в Республике Беларусь композиционной кожи и других видов композиционных материалов из отходов кожевенного производства / В. В. Мурычева, Н. Н. Ясинская // Переработка отходов текстильной и легкой промышленности: теория и практика: материалы докладов междунар. науч.-практич. конф., Витебск, 30 ноября 2016 г. / УО «ВГТУ»; рец. Д. Б. Рыклин [и др.]. – Витебск, 2016. – С. 8–11.

2.45 Способ изготовления искусственной кожи: пат. RU 2010862 / В. К. Занцев, В. И. Гусев, В. М. Маслов, В. С. Шеварногов, В. И. Цыганков. – Опубл. 05.04.1994.

2.46 Reconstituted leather and method of manufacturing same [Electronic resource] : pat. US 4497871 / Edward W. Henke. – Publ. date 05.02.1985. – Mode of access: https://patents.google.com/patent-/US4497871A/en?oq=us+4497871. – Date of access: 04.11.2018.

2.47 Reconstituted leather product and process same [Electronic resource] : pat. US 5958554 / Benjamin A. Addie. – Publ. date 28.09.1999. – Mode of access: https://patents.google.com/patent/US5958554A/-en?oq=us+5958554. – Date of access: 04.11.2018.

2.48 Reconstituted leather and method of manufacture [Electronic resource] : pat. US 4287252 / Serge Dimiter. – Publ. date 24.01.1999. – Mode of access: https://patents.google.com/patent/US4287252A/en?oq-=us+4287252. – Date of access: 04.11.2018.

2.49 Reconstituted leather product and process [Electronic resource] : pat. US 6264879B1/ Benjamin A. Addie, Joseph Karpik. – Publ. date 24.07.2001. – Mode of access: https://patents.google.com/patent/-US6264879B1/en?oq=us+6264879. – Date of access: 04.11.2018.

2.50 Reconstituted leather product and method of making [Electronic resource] : pat. US 3116200A / Harland H Young, Edward H Nahja, Richard H Eshbaugh. – Publ. date 31.12.1967. – Mode of access: https://patents.google.com/patent/US3116200A/en?oq=us+3116200. – Date of access: 04.11.2018.

2.51 Reconstituted leather and method for producing it [Electronic resource] : pat. US 3505169A / Edward T Parker. – Publ. date 07.04.1970. – Mode of access: https://patents.google.com/patent/-US3505169A/en?oq=us+3505169. – Date of access: 04.11.2018.

2.52 Дорожкин, А. В. Исследование физико-механических свойств современных видов искусственных и синтетических материалов при одноосном и двухосном видах растяжения / А. В. Дорожкин, Н. С. Пурдилова, Р. Н. Томашева, З. Г. Максина // Международная научно-техническая конференция преподавателей и студентов: материалы докладов 50-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, Витебск, апрель 2017 г. / УО «ВГТУ»; ред. Е. В. Ванкевич [и др.]. – Витебск, 2017. – С. 103–105.

Витебский государственный технологический университет

2.53 Дрягин, Л. В. Исследование свойств искусственных кож / Л. В. Дрягин, А. П. Ерин // Международная научно-техническая конференция преподавателей и студентов: материалы докладов 50-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, Витебск, апрель 2017 г. / УО «ВГТУ»; ред. Е. В. Ванкевич [и др.]. – Витебск, 2017. – С. 108–111.

2.54 Гайлик, Т. А. Исследование физико-механических свойств при одноосном растяжении экокож и синтетических кож / Т. А. Гайлик, О. А. Новикова, З. Г. Максина, К. А. Загайгора // Международная научно-техническая конференция преподавателей и студентов: материалы докладов 49-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, Т.2, Витебск, апрель 2016 г. / УО «ВГТУ»; ред. Е. В. Ванкевич [и др.]. – Витебск, 2016. – С. 105–108.

2.55 Гребенцова, Э. А. Исследование формоустойчивости систем материалов с верхом из современных синтетических кож / Э. А. Гребенцова, С. Л. Фурашова, З. Г. Максина, К. А. Загайгора / Международная научно-техническая конференция преподавателей и студентов: материалы докладов 49-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, Т.2, Витебск, апрель 2016 г. / УО «ВГТУ»; ред. Е. В. Ванкевич [и др.]. – Витебск, 2016. – С. 103–105.

2.56 Юрьева, О. В. Исследование анизотропии физико-механических свойств различных видов Эко кожи для верха обуви / О. В. Юрьева, Л. С. Рутковская, К. А. Загайгора, З. Г. Максина // Международная научно-техническая конференция преподавателей и студентов: материалы докладов 48-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, Т.2, Витебск, апрель 2015 г. / УО «ВГТУ»; ред. Е. В. Ванкевич [и др.]. – Витебск, 2015. – С. 190–192.

2.57 Вериго, Т. Л. Исследование влияния материалов межподкладки и подкладки на релаксационные свойства / Т. Л. Вериго, А. Ю. Дунченко, Е. Б. Богданова, С. Л. Фурашова // Международная научно-техническая конференция преподавателей и студентов: материалы докладов 47-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, Витебск, апрель 2014 г. / УО «ВГТУ»; ред. Е. В. Ванкевич [и др.]. – Витебск, 2014. – С. 373–376.

2.58 Панкевич, Д. К. Влияние многоцикловых механических нагрузок на структуру материалов с полиэфируретановой мембраной / Д. К. Панкевич, М. Л. Кукушкин // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2017. – № 1(32). – С. 99–108.

2.59 Склянников, В. П. Строение и качество тканей / В. П. Склянников. – Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 176 с.

2.60 Буркин, А. Н. Структура и свойства искусственных кож для верха обуви / А. Н. Буркин, В. Д. Борозна, В. А. Гольдаде, С. В. Зотов,

Витебский государственный технологический университет

К. В. Овчинников, М. А. Коваленко // Полимерные материалы и технологии. – 2017. – № 2(2017). – С. 80–84.

2.61 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.

2.62 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.

2.63 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.

2.64 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.

2.65 ГОСТ 17073-71. Кожа искусственная. Метод определения толщины и массы 1 м^2. – Введ. 01-07-72. – Минск: Белстандарт, 1996. – 15 с.

2.66 Борозна, В. Д. Деформационные свойства ИК NUBUK / В. Д. Борозна, А. П. Дмитриев // Международная научно-техническая конференция преподавателей и студентов: материалы 47-й Международ. науч.-техн. конф. преподавателей и студентов, Витебск, 23 апреля 2014 г. / УО «ВГТУ»; ред.: Е. В. Ванкевич [и др.]. – Витебск, 2014. – С. 366–368

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

2.68 ГОСТ 939-94. Кожа для верха обуви. Технические условия. – Взамен ГОСТ 939-88; введ. 01.01.96. – Москва: Издательство стандартов, 1998. – 16 с.

2.69 Дмитриев, А. П. Деформационные свойства и структура современных искусственных кож на тканой основе для верха обуви / А. П.

Витебский государственный технологический университет

Дмитриев, В. Д. Борозна, А. Н. Буркин // Дизайн и технологии. – 2018. – № 65(107) – С. 29–31.

2.70 Борозна, В. Д. Физико-механические свойства искусственной кожи NUBUK, применяемой в заготовках верха обуви/ В. Д. Борозна, А. П. Дмитриев, А. Н. Буркин // Изв. высш. учебных заведений. Технология легкой промышленности. – 2013. – № 4(2013). – С. 57–60.

Витебский государственный технологический университет

ГЛАВА 3
ОЦЕНКА ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ИСКУССТВЕННЫХ КОЖ ПРИ ОДНООСНОМ РАСТЯЖЕНИИ

Витебский государственный технологический университет

В современной литературе [1.7, 1.90, 3.1, 3.2] приводится описание стандартных показателей физико-механических свойств материалов, однако, как уже отмечалось ранее, оценка таких свойств для ИК обуви проводится по ГОСТ 17316-71 и включает при одноосном растяжении только два показателя: разрывную нагрузку и удлинение образца при разрыве и при этом не указаны нормированные значения показателей, определяющих их деформационные свойства, поэтому для анализа способности ИК к формованию будем руководствоваться ГОСТ 939-94 для НК.

Испытание одноосным растяжением состоит в приложении нагрузки вдоль одной оси плоского образца материала установленных линейных размеров и форм в зависимости от вида материала и доведении удлинения до определенной величины или до разрушения образца. Одноосным растяжением образцов рекомендуется получать следующие характеристики: усилие при заданной деформации; деформация при заданном усилии; разрывная нагрузка; предел прочности при растяжении; удлинение при разрыве; деформация и её составляющие.

Деформирование материалов одноосным растяжением является наиболее простым способом получения большого числа характеристик механических свойств материалов, кроме перечисленных характеристик, возможно определение напряжения, модуля упругости, жёсткости, работы при разрыве и т.д.

3.1 Исследование деформационных свойств искусственных кож на тканой основе

В таблицах 3.1–3.2 представлены основные показатели физико-механических свойств, полученные одноосным растяжением по 10 параллельным испытаниям образцов ИК 32 артикулов: JAWA, RUGAN, ETNA, BORNOVA, RUSTIK, Бирюза, Met lack, Лак обувной, NUBUK и Экокожа. Испытания проводились на разрывной машине ИП 5158-5 растяжением образцов материалов прямоугольной формы с рабочей зоной 20×100 мм. Для испытаний образцы вырезались строго вдоль (В) и

поперѐк (П) тканевой основы. Расчѐты полученных показателей производились по формулам (3.1)–(3.4).

Таблица 3.1 – Показатели физико-механических свойств ИК

Искусственная кожа	Характер основы	Поверхностная плотность ρ_S, г/м^2	Разрывная нагрузка $P_р$, Н		Относительное удлинение при разрыве $\varepsilon_р$, %		Предел прочности $\zeta_р$, МПа		Коэффициент равномерности по нагрузке, $k_р$	Коэффициент равномерности по удлинению, k_ε
			В	П	В	П	В	П		
JAWA 330	Тканая с пропиткой	500	295	201	20	22	12,7	8,7	0,68	0,91
JAWA 008		483	189	339	11	25	8,1	14,5	0,56	0,44
JAWA 001		516	376	327	22	26	17,1	14,9	0,87	0,85
FOCA 330		484	278	308	29	42	11,9	13,3	0,90	0,69
RUGAN 001		516	400	405	33	33	18,5	18,7	0,99	1,00
RUGAN 208		533	316	490	19	28	13,3	20,6	0,65	0,68
RUGAN 901		500	303	371	29	31	13,2	16,1	0,82	0,94
RUGAN SELCUK		433	314	349	28	31	17,5	19,4	0,90	0,90
RUGAN MUSTANG		483	313	283	30	34	14,2	12,9	0,90	0,88
RUGAN YILDIZ		516	357	330	36	36	16,1	14,9	0,93	1,00
ETNA 001		516	206	411	16	28	8,9	13,4	0,50	0,57
ETNA 304		533	339	298	30	33	13,9	12,2	0,88	0,91
ETNA 317		483	245	296	29	36	10,9	13,2	0,83	0,81
ETNA 901		616	430	414	40	28	16,3	19,0	0,96	0,72
BORNOVA 901		675	447	555	39	43	17,3	21,5	0,81	0,95
RUSTIK 901		567	356	375	34	32	15,6	16,5	0,95	0,94
RUGAN 107	Тканая без пропитки	533	323	491	18	30	13,0	19,8	0,66	0,61
RUGAN 224		600	368	457	32	35	15,6	19,4	0,81	0,91
RUGAN 409		500	206	318	16	28	8,9	13,8	0,65	0,57
RUGAN 514		467	219	329	17	27	14,6	15,1	0,97	0,63
Бирюза 3763		567	411	438	19	32	17,9	19,0	0,94	0,60
Metlack, бордо		467	293	397	20	34	13,9	18,9	0,74	0,59
Metlack, т-синий		467	331	298	17	40	16,6	14,9	0,90	0,43
Лак обувной/140, белый		567	296	319	18	42	14,0	15,1	0,93	0,40
Лак обувной/140, голубой		567	296	321	18	38	14,2	15,4	0,92	0,47
NUBUK-231		624	321	444	25	32	11,6	16,1	0,72	0,78
NUBUK-517		603	503	334	35	26	18,2	12,2	0,66	0,74
NUBUK-605		559	372	406	25	28	13,2	14,5	0,92	0,88
Экокожа		784	232	284	38	28	6,4	8,0	0,82	0,74
Однослойная ИК корич., арт. M1042-36		546	386	372	98	137	12,1	11,6	0,96	0,72
Однослойная ИК серая, арт. M1042-26		553	414	436	135	114	12,9	13,6	0,95	0,84
Двухслойная ИК, арт. Hongxin 11022-16		435	235	135	71	140	13,0	7,5	0,57	0,51

Витебский государственный технологический университет

Таблица 3.2 – Величины удлинений ИК при 10 МПа, %

Растяжение	Искусственная кожа															
	JAWA 330	JAWA 008	JAWA 001	FOCA 330	RUGAN 001	RUGAN 107	RUGAN 208	RUGAN 224	RUGAN 409	RUGAN 514	RUGAN 901	RUGAN SELCUK 001	RUGAN MUSTANG	RUGAN YILDIZ	ETNA 001	ETNA 304
В	15	–	13	24	19	13	13	21	–	17	21	15	21	19	–	22
П	–	19	19	30	23	18	17	25	21	20	23	19	25	24	19	27

Растяжение	Искусственная кожа															
	ETNA 317	ETNA 901	BORNOVA 901	RUSTIK 901	Бирюза 3763	Met lack, бордо	Met lack, т-синий	Лак обувной/140, белый	Лак обувной/140, голубой	NUBUK-231	NUBUK-517	NUBUK-605	Экокожа	Однослойная ИК корич., арт. M1042-36	Однослойная ИК серая, арт. M1042-26	Двухслойная ИК, арт. Hongxin 11022-16
В	26	27	25	21	15	14	9	12	12	21	16	19	20	78	104	51
П	26	22	27	23	25	20	27	33	28	18	20	18	27	97	76	-

Для возможного включения в перечень показателей, позволяющих оценить степень пригодности материала к формованию [1.96, С. 122] исследованы характеристики упругих и энергетических свойств материалов при полуцикловых испытаниях. Показатели таких характеристик рассчитываются по следующим формулам.

Упругое удлинение $\varepsilon_{упр.}$ при заданном напряжении 10 Н/мм^2 (%):

$$\varepsilon_{упр} = \varepsilon_1 - \varepsilon_{ост}, \tag{3.1}$$

где ε_1, $\varepsilon_{ост}$ – относительное удлинение и остаточное удлинение при напряжении 9,81 МПа (%).

Условный модуль упругости E (Н/мм^2) и жèсткость D (Н):

$$E = \frac{\sigma_1}{\varepsilon_1}, \tag{3.2}$$

$$D = E \cdot F, \tag{3.3}$$

где ζ_1 − напряжение 10 МПа.

Витебский государственный технологический университет

Работа при разрыве A_R (Дж):

$$A_R = \int_0^{\Delta L} P dl. \quad (3.4)$$

Удельные работы при разрыве A_V (Дж/м^3) и при растяжении A_m (Дж/кг):

$$A_V = A_R/V, \quad (3.5)$$

$$A_V = A_R/m, \quad (3.6)$$

где V − объѐм рабочей зоны образца (м^2); m − масса рабочей части элементарной пробы (г), которая определяется после разрушения испытуемого материала.

Так как деформация материалов, применяемых для деталей верха обуви, не подчиняется закону Гука, поэтому для удобства определения коэффициентов математической зависимости между удлинением и вызывающей еѐ силой такую зависимость [1.6, С. 286] представляют в виде:

$$\varepsilon = A \cdot Q^n, \quad (3.7)$$

где A − коэффициент растяжимости материала, Q − усилие, определяемое формулой $Q=0,1 \cdot P$ (изменение величины нагрузки P до 0,75 от разрывной нагрузки $P_Р$), n − показатель степени.

Полученные результаты приведены в таблицах 3.3 и 3.4.

Таблица 3.3 – Дополнительные показатели свойств ИК

ИК	Условное усилие $P_У = 0,75\ P_р$, Н		Условное относительное удлинение $\varepsilon_у$, %		Условная жѐсткость $D_У$, Н		Условный модуль упругости $E_У$, МПа	
	В	П	В	П	В	П	В	П
1	2	3	4	5	6	7	8	9
JAWA 330	221,2	151,0	15	16	1503	925	64,77	39,85
JAWA 008	141,5	253,9	9	19	1652	1357	70,62	57,99
JAWA 001	282,1	245,4	17	20	1683	1248	76,50	56,71
FOCA 330	208,1	230,6	22	32	954	731	41,13	31,52
RUGAN 001	300,2	303,7	25	25	1209	1218	55,96	56,37
RUGAN 107	242,2	368,1	14	23	1782	1615	71,86	65,13
RUGAN 208	236,7	367,4	15	21	1619	1767	68,03	74,26
RUGAN 224	276,2	342,6	24	26	1160	1303	49,17	55,22
RUGAN 409	154,5	238,8	12	21	1266	1121	55,06	48,72
RUGAN 514	164,3	246,9	13	20	1850	1222	84,87	56,04
RUGAN 901	226,9	278,1	22	23	1057	1189	45,94	51,69
RUGAN SELCUK	235,7	261,7	21	23	1141	1135	63,37	63,04
RUGAN MUSTANG	234,9	212,2	22	26	1051	832	47,79	37,81
RUGAN YILDIZ	267,4	247,8	27	27	998	909	44,94	40,95
ETNA 001	154,5	308,1	12	21	1285	1443	55,40	47,06
ETNA 304	254,0	223,3	23	25	1111	891	45,54	36,50

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы 3.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ETNA 317	183,7	222,0	21	27	859	829	38,34	37,01
ETNA 901	322,2	310,9	30	21	1073	1476	40,65	56,68
BORNOVA 901	335,1	416,2	29	30	1139	1370	44,13	53,11
RUSTIK 901	267,2	281,6	25	24	1053	1184	46,18	51,93
Бирюза 3763	308,0	328,6	13	30	2397	1088	104,20	47,32
Met lack, бордо	219,7	297,8	15	25	1479	1180	70,44	56,19
Met lack, т-синий	248,6	223,4	13	29	1995	753	99,77	37,63
Лак обувной/140, белый	222,2	239,6	13	34	1667	713	78,64	33,64
Лак обувной/140, голубой	221,9	240,8	14	29	1622	844	77,97	40,60
NUBUK-231	240	333	18	21	1334	1583	48,3	57,3
NUBUK-517	378	251	22	18	1719	1400	62,3	51,1
NUBUK-605	279	304	19	20	1462	1511	51,8	54,0
Экокожа	174	213	28	28	616	768	17,1	21,7
Однослойная ИК коричневая, арт. M1042-36	290	279	72	95	400	294	12,5	9,2
Однослойная ИК серая, арт. M1042-26	311	327	91	76	339	428	10,6	13,4
Двухслойная ИК арт. Hongxin 11022-16	176	101	53	105	3330	3384	185,0	188,0

Таблица 3.4 – Показатели деформационных свойств ИК

ИК	Удлинение ε_A при 100 Н, %		Работа при разрыве A_R, Дж		Удельная работа при разрыве A_v, Дж/м^3 $\times 10^3$		Удельная работа при растяжении A_m, Дж/кг		Показатель степени n $\varepsilon = A \cdot Q^n$		Коэффициент растяжимости A	
	В	П	В	П	В	П	В	П	В	П	В	П
JAWA330	7	15	2,9	1,7	1234	738	2864	1711	0,69	0,73	7,3	15,7
JAWA 008	6	10	1,8	3,7	478	1569	1119	3948	0,69	0,75	5,5	10,1
JAWA 001	6	12	4,3	3,5	1941	1575	4270	3238	0,67	0,63	6,3	12,6
FOCA330	7	18	4,4	6,0	1889	2590	4383	6461	0,81	0,67	9,0	8,2
RUGAN 001	6	16	6,8	4,8	3133	2206	6324	4764	0,86	0,65	8,2	16,1
RUGAN 107	5	11	3,2	6,5	1284	2612	2977	6054	0,75	0,69	5,5	10,1
RUGAN 208	6	11	3,3	5,6	1395	2348	3102	5223	0,70	0,69	6,2	9,9
RUGAN 224	6	16	6,1	5,7	2596	2404	5105	4728	0,84	0,68	8,1	15,1
RUGAN 409	8	13	1,7	3,9	760	1698	1749	3905	0,68	0,69	7,4	12,5
RUGAN 514	8	12	1,9	3,5	869	1722	2038	4038	0,70	0,73	7,9	11,9
RUGAN 901	6	14	4,9	4,5	2118	1939	4871	4459	0,97	0,73	7,3	14,4

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы 3.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
RUGAN SELCUK	6	14	4,7	4,2	2606	2359	5391	4882	0,75	0,64	7,9	14,8
RUGAN MUSTANG	6	13	5,1	4,7	2335	2135	5136	5052	0,91	0,67	7,9	13,7
RUGAN YILDIZ	12	7	6,5	6,4	2928	2895	6068	6427	0,69	0,89	11,7	9,6
ETNA 001	8	10	1,7	4,9	712	2139	1652	4638	0,63	0,70	7,7	10,5
ETNA 304	7	16	5,5	4,2	2247	1736	5123	3958	0,75	0,65	8,8	15,9
ETNA 317	8	15	3,9	5,0	1734	2219	3885	5344	0,83	0,69	9,6	15,2
ETNA 901	7	13	8,5	4,2	3231	1588	6717	3494	0,86	0,71	9,6	12,3
BORNOVA 901	7	17	8,7	8,0	3385	3112	6567	6323	0,83	0,70	9,3	15,2
RUSTIK 901	6	15	6,5	4,5	2832	1972	5713	3980	0,87	0,77	8,4	13,8
Бирюза 3763	19	18	4,7	6,8	2053	2937	4180	5977	0,68	0,65	18,5	18,7
Met lack, бордо	8	14	2,6	4,8	1254	2782	2462	4869	0,69	0,70	7,9	13,6
Met lack, т-синий	4	21	3,1	4,6	1575	2309	3386	4965	0,65	0,70	5,1	20,9
Лак обувной, белый	5	22	2,9	5,7	1382	2695	2593	5056	0,79	0,79	5,3	21,9
Лак обувной, голубой	6	19	2,8	4,9	1353	2349	2491	4323	0,73	0,72	6,1	18,6

Анализ полученных результатов показал, что величина удельной работы при разрыве зависит от поверхностной плотности и характера обработки тканой основы ИК. Известно, что чем выше у материала условные работа разрыва, модуль упругости и условная жесткость, тем выше способность материала сопротивляться растягивающим усилиям, т.е. деформироваться. Наибольшую среднюю абсолютную работу разрыва (8,4 Дж) имеет ИК BORNOVA 901 с пропитанной основой и с наибольшей поверхностной плотностью 675 г/м^2, а наименьшую (3,7 Дж) − ИК Met lack, бордо с поверхностной плотностью 467 г/м^2 без пропитки основы. При этом ИК RUGAN SELCUK имеет наименьшую поверхностную плотность 433 г/м^2, однако при этом средняя работа разрыва данного материала достаточно высока (4,5 Дж), так как ИК имеет пропитанную полимерами основу.

Работа при разрыве определяет количество затрачиваемой на разрушение материалов энергии и при этом, чем она выше, тем ниже формуемость материала. Однако данный показатель не может быть положен в основу оценки формовочных свойств ИК и формоустойчивости обуви, так как материал при формовании не должен разрушаться. Показатели прочностных свойств материалов, такие как удельная работа при

Витебский государственный технологический университет

разрыве, редко используют для характеристики деформационных свойств материалов, так как в современной реологии вопросы разрушения полимеров и их деформирования рассматриваются независимо друг от друга.

Среди ИК наибольший интерес с точки зрения деформирования представляют те материалы, которые выдерживают относительное удлинение не менее 15 %, так как такие материалы будут обладать необходимыми деформационными свойствами для формования заготовок верха обуви. Все выбранные в качестве объектов исследования ИК удовлетворяют данному показателю.

Кривые «удлинение – нагрузка» для некоторых из исследованных ИК показаны на рисунках 3.1 и 3.2. Вид экспериментальных кривых растяжения определяется структурой и способностью ИК к ориентации и зависит от конструктивных элементов жёсткости материалов.

Так как материалы, применяемые для деталей верха обуви, не подчиняются закону Гука, поэтому такую зависимость рекомендуется аппроксимировать степенной функцией вида $\varepsilon = A \cdot Q^n$ (3.7), что было впервые предложено Зыбиным Ю. П. в работе [3.3, С. 44]. В таблице 3.4 указаны значения коэффициента растяжимости A и показателя степени n, полученные методом наименьших квадратов при аппроксимировании результатов. Следует учесть, что показатель степени n определяет характер изогнутости кривой зависимости $\varepsilon = A \cdot Q^n$.

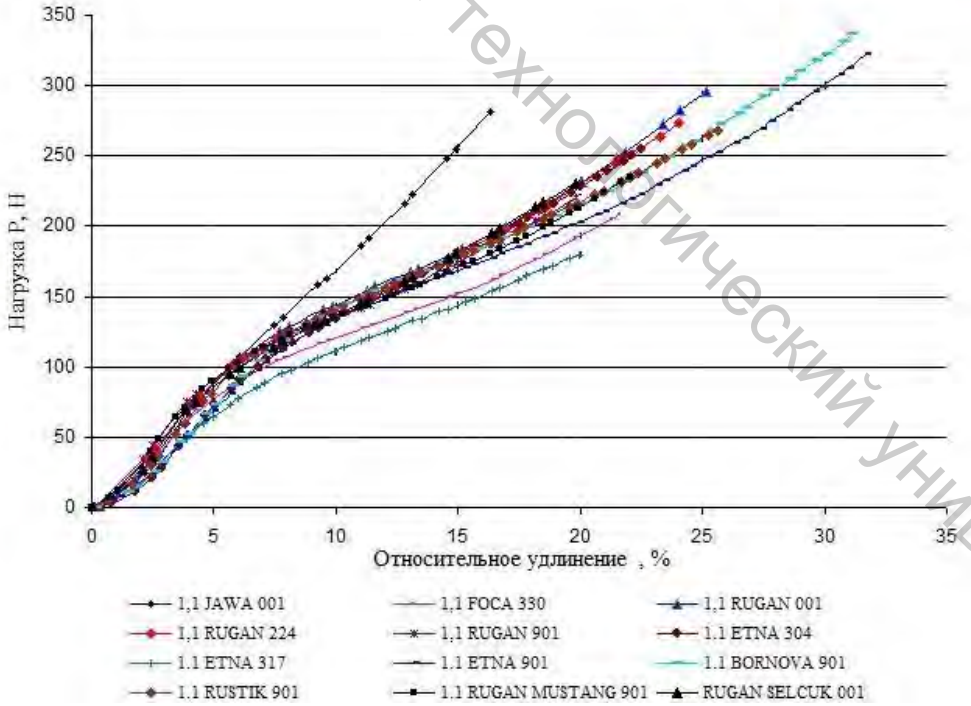


Рисунок 3.1 – Экспериментальные кривые «относительное удлинение – нагрузка» (вдоль тканой основы ИК)

Витебский государственный технологический университет

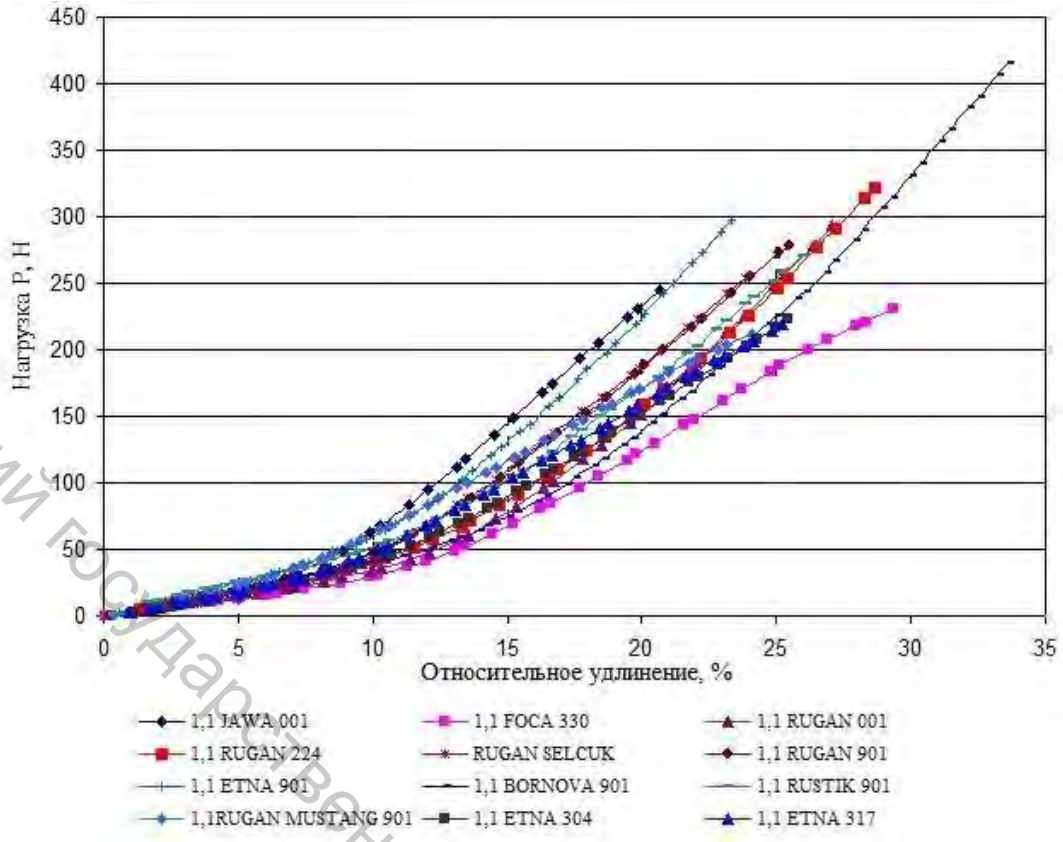


Рисунок 3.2 – Экспериментальные кривые «относительное удлинение – нагрузка» (поперѐк тканой основы ИК)

Согласно [1.7, С. 286] значения коэффициента растяжимости *A* для НК должны быть в пределах 8–30 % / 100 Н (при ширине образца 10 мм и длине 100 мм), а значение показателя степени *n* принимается постоянным, так как колеблется незначительно от 0,55 до 0,7 (например, для опойка *n*=0,5; для шевро *n*=0,6, а для выростка и свиной кожи *n*=0,7). Как показали исследования образцов ИК шириной 20 мм, диапазон изменения показателя *n* несколько шире и составляет от 0,68 до 0,97 вдоль основы и от 0,63 до 0,79 поперѐк основы, а коэффициент растяжимости *A* от 6 % / 100 Н вдоль и до 22 % / 100 Н поперѐк основы. Следует отметить, что показатель степени *n* находится в следующих пределах: 0,67–0,97 вдоль и 0,63–0,77 поперѐк тканой основы, а коэффициент растяжимости: 6–10 % / 100 Н вдоль и 8–16 % / 100 Н поперѐк основы для образцов ИК размером 10×100 мм.

Анализ полученных кривых (рис. 3.1, 3.2) показал также, что процесс одноосного деформирования всех выбранных ИК имеет почти одинаковый характер вдоль и поперѐк основы (за исключением, быть может, ИК JAWA 001, которая имеет сильно пропитанную основу и поэтому деформируется почти как «чистый, однородный» полимер по практически линейной зависимости). Установлено, что характер дефор-

Витебский государственный технологический университет

мирования образцов ИК вдоль тканой основы существенно отличается от деформирования поперѐк основы.

При растяжении вдоль основы кривые всех ИК имеют перегибы в районе 3 % и 10 % относительного удлинения, что очевидно связано со структурными изменениями, происходящими в тканой основе на макроуровне при деформировании, и поэтому кривые не имеют выраженной степенной зависимости. Характер такой зависимости представляет собой, скорее всего, функцию Гомпертца, так как на первом участке прирост нагрузки незначителен, на втором прирост увеличивается, на третьем же является практически постоянным.

Таким образом, руководствуясь принципом аналогии, можно отметить, что по указанным выше показателям приближаются по своим характеристикам к НК только незначительное количество из исследованных ИК: 1,1 JAWA 001, RUGAN SELCUK и 1,1 ETNA 304. Однако одноосное растяжение не отражает процесса формования материалов на обувной колодке, поэтому необходимо сопоставить полученные результаты с исследованием ИК двухосным растяжением, а также с результатами промышленной апробации [3.4, 3.5].

3.2 Определение комплекса показателей деформационных и формовочных свойств материалов для верха обуви при одноосном растяжении

Проведѐнный в главе 1 анализ литературных источников показал, что в настоящее время нет единого ответа на вопрос: какие из физико-механических свойств материалов для верха обуви могут составлять комплекс показателей, характеризующих их способность к формованию? Более того, нет единой точки зрения в решении поставленного вопроса. Все авторы, изучающие проблему повышения качества обуви, сходятся в одном: формовочные свойства заготовок верха обуви зависят от деформационных свойств материалов, из которых они состоят, а деформационные свойства материалов, в свою очередь, зависят от условий обработки заготовки верха в процессе формования, т.е. от технологических режимов формования.

Для определения комплекса показателей формовочных свойств материалов, применяемых в заготовках верха обуви, необходимо учесть следующие соображения, относящиеся к основному материалу верха обуви − НК.

Удлинение кожи определяют при разрыве, а нормируемая величина относительного удлинения определяется при напряжении 10 МПа [3.6]. Однако разрывное удлинение отражает ситуацию, невозможную в

Витебский государственный технологический университет

технологии изготовления и нежелательную при носке изделия. Поэтому нормируемые удлинения при напряжении 10 МПа являются важными характеристиками упругопластических свойств кожи. Они предопределяют формуемость верха обуви на колодке; формоустойчивость, приформовываемость и переприформовываемость верха обуви к стопе в процессе носки обуви.

Вышеуказанные характеристики кож для верха обуви характеризуются, главным образом, величиной общей (полной) и остаточной (пластической) деформаций, определяемых одноосным растяжением при напряжении 10 МПа. Интервал значений полного удлинения при напряжении 10 МПа, нормируемый для всех видов НК для верха обуви, в той или иной степени характеризует формуемость верха обуви и формоустойчивость обуви при ее носке. Причем величина нижнего предела общего удлинения предопределяет формуемость верха обуви в процессе производства, а величина верхнего предела определяет формоустойчивость обуви при носке. Исходя из этого, для всех видов обуви нижний предел удлинения кожи при напряжении 10 МПа установлен 20 %, так как при этом обеспечивается формуемость верха обуви на колодке.

Верхний предел общего (полного) удлинения при указанном напряжении дифференцирован по видам обуви и способу еѐ изготовления. При установлении нормы верхнего предела полного удлинения при напряжении 10 МПа руководствуются тем соображением, что при изготовлении любой бесподкладочной обуви эта величина должна быть ниже, чем при изготовлении обуви с подкладкой, так как формоустойчивость такой обуви определяется верхним пределом удлинения кожи из-за отсутствия армирующих элементов (межподкладки и основной подкладки). Поэтому такая величина установлена в 40 % для бесподкладочной и 50 % для всех видов обуви с подкладкой, кроме детской. Для детской обуви общая деформация при 10 МПа установлена в 40 %, так как в процессе носки она подвергается более интенсивным циклическим воздействиям, что может привести к растаптыванию обуви.

Для обеспечения комфортности обуви для взрослых, а для детской обуви и для нормального развития стопы, в требования включен показатель «остаточное удлинение при напряжении 10 МПа». Этот показатель, как и полное удлинение, также имеет нижний и верхний предел. Величина полного удлинения при напряжении 10 МПа характеризует не только формуемость и формоустойчивость верха обуви, но и определяет предполагаемую величину остаточной деформации материала. Поэтому значения верхнего предела полного удлинения по видам обуви и способам их изготовления вполне оправданы, так как повышение общего удлинения увеличивает долю остаточных деформаций.

Для кож конкретного целевого назначения включение в показатели величины остаточного удлинения оправдано, так как его величина

Витебский государственный технологический университет

существенно влияет на комфортность обуви. Известно, что характеристикой комфортности обуви является также степень приформовываемости верха обуви к стопе в процессе носки обуви, так как стопа каждого человека индивидуальна. Указанная характеристика кож особенно важна для детской обуви, так как стопа ребенка изменяется «не по дням, а по часам». Если материал верха детской обуви не обладает указанным свойством, то это приводит к деформации стопы ребенка со всеми вытекающими последствиями. Таким образом, показатель «остаточная деформация» является основным из критериев, определяющих физико-механические требования к кожам для верха всех видов обуви.

В работах [1.6, 1.40] рекомендуется при формовании деталей верха обуви использовать материалы, которые при 10 МПа одноосного растяжения испытывают следующие величины деформаций: для обуви повседневной носки − 4–10 %, для обуви модельной женской и мужской − 6–12 %, для детской обуви − 6–10 %. При этом наилучшего эффекта формования можно достичь, если такие же значения будут составлять и остаточные деформации.

Для обеспечения наилучшего эффекта «приформовываемости» верха обуви к стопе кожи должны сохранять остаточные деформации после формования в пределах 5–7 %. Остаточная деформация должна быть минимальной при изготовлении бесподкладочной обуви, так как приформовываемость в этой обуви осуществляется за счет создаваемого внутри обуви влажно-теплового воздействия в результате контакта стопы с верхом обуви, что может привести к повышению величины остаточной деформации за счет снижения доли обратимой деформации в результате эффективного влажно-теплового воздействия. Поэтому в кожах для верха повседневной бесподкладочной обуви нормируется верхний предел остаточных деформаций − не более 8 %.

Несколько ниже (в пределах 2 %) нормируется величина остаточных деформаций для кож верха обуви с ворсовой отделкой, так как в этих кожах несколько выше (около 17 %) содержание равновесной влаги из-за большей степени доступности структурных элементов кожи к сорбции атмосферной влаги по сравнению с кожами покрывного крашения.

Особое место по этому показателю занимают кожи для верха детской обуви, способные «переприформовываться» в процессе носки обуви. В связи с этим величина остаточной деформации кож для верха детской подкладочной обуви приравнена к требованиям, предъявляемым к кожам для модельной обуви с покрытием (12–14 %) и ворсовым (10–12 %). Для бесподкладочной детской обуви они ниже на 2 %, для сохранения формоустойчивости обуви, с одной стороны, а с другой − для учета эффекта влажно-тепловой обработки при соприкосновении стопы ребенка непосредственно с кожей верха обуви.

Витебский государственный технологический университет

При оценке удлинений кожи важно учитывать тот факт, что высокопрочные кожи могут иметь меньший нижний предел удлинения, чем у малопрочных, что и предусмотрено в стандартах, нормирующих разные удлинения кож различной прочности.

Одним из важных технологических показателей является анизотропия структуры и свойств материалов, проявляющаяся в распределении удлинений по площади и направлению. Характеристикой неравномерности удлинения топографических участков кожи считают отношение поперечного удлинения к продольному при напряжении 9,81 МПа. С точки зрения технологии производства изделий коэффициент неравномерности удлинения следует определять для конкретного участка как отношение минимального удлинения к максимальному удлинению независимо от направления раскроя образцов.

Важным показателем, определяющим способность материала приобретать пространственную форму при формовании, является его особенность при растягивании сокращаться в поперечном направлении [1.10, С. 38]. Это свойство характеризуется коэффициентом поперечного сокращения μ. У всех видов ИК и НК, применяемых в деталях верха обуви, с ростом продольной деформации увеличивается поперечная деформация. Коэффициент поперечного сокращения зависит от структуры материалов, величины растяжения и от направления приложения нагрузки и характеризует степень однородности материала [1.7].

Таким образом, проведѐнные исследования показали, что в комплекс показателей оценки пригодности материалов к формованию верха обуви, которые необходимо учитывать при определении качества, следует отнести следующие:

1) ε_1 – относительное удлинение при напряжении 10 МПа (%);

2) $\varepsilon_р$ – относительное удлинение при разрыве (%);

3) A – коэффициент растяжимости, т.е. относительное удлинение образца шириной 10 мм при нагрузке в 100 Н;

4) μ – коэффициент поперечного сокращения;

5) $K_Ф$ – коэффициент формоустойчивости;

6) $K_Д$ – коэффициент соотношения остаточной и упругой деформации;

7) $K_П$ – коэффициент сохранения прочности при максимальной деформации заготовки в процессе формования.

Показатели 6 и 7 предложено ввести впервые.

Третий и четвертый из перечисленных выше показателей определяются соответственно по формулам (3.6) и (3.7).

Предел прочности при растяжении ($\zeta_р$) определяется в МПа:

Витебский государственный технологический университет

$$\sigma_{Д} = \frac{P_{Д}}{F}, \qquad (3.8)$$

где $P_р$ – нагрузка при разрыве, Н; F – площадь поперечного сечения, мм^2.

Относительное удлинение при напряжении 10 МПа (ε_1) в процентах:

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta L_{1.}}{L} \cdot 100, \qquad (3.9)$$

где ΔL_1 – удлинение, соответствующее заданному напряжению, мм; L – первоначальная рабочая длина образца, мм.

Коэффициент формоустойчивости $K_Ф$ рассчитывается по формуле

$$К_Ф = \frac{\varepsilon_{ост.}}{\varepsilon_{общ.}}, \qquad (3.10)$$

где $\varepsilon_{ост.}$ – относительное остаточное удлинение материала при формовании (%), $\varepsilon_{общ.}$ – относительное общее удлинение материала при формовании (%).

Коэффициент соотношения остаточной и упругой деформации $K_Д$ определяется по формуле

$$К_Д = \frac{\varepsilon_{ост.}}{\varepsilon_{упр.}}, \qquad (3.11)$$

где $\varepsilon_{упр.}$ – относительное упругое удлинение при формовании (%).

Коэффициент сохранения прочности при максимальной деформации заготовки в процессе формования $K_П$:

$$K_П = \frac{P_i}{P_р}, \qquad (3.12)$$

где P_i – прочность материала после его предварительной деформации на величину ε_i при формовании (Н), $P_р$ – прочность контрольного образца, не подверженного предварительному формованию (Н).

Для оценки формовочных свойств материалов необходимо определить диапазон номинальных значений указанных показателей, которые в свою очередь зависят от способа формования верха обуви [3.7].

Анализ возможных значений выбранных основных показателей, которые характеризуют формовочные свойства НК, показал следующее:

− относительное удлинение ε_1 при 10 МПа может изменяться согласно ТНПА от 15 до 40 %, а иногда до 50 %. В работе [1.10, С. 199]

Витебский государственный технологический университет

Зыбин Ю. П. указывает, что относительное удлинение при напряжении 10 МПа составляет 15–19 % для НК, применяемых в обуви внутреннего способа формования, а для других способов формования рекомендаций нет;

− относительное удлинение при разрыве $\varepsilon_р$ должно быть больше величин деформации, возникающих в заготовках верха обуви при формовании, но на какую величину – чѐтких рекомендаций также нет;

− коэффициент растяжимости A для НК, согласно исследованиям Зурабяна К. М. [1.7], изменяется в пределах от 8 до 30 %/ 100 Н, но как использовать данный показатель при различных способах формования не объясняет;

− коэффициент поперечного сокращения μ для НК изменяется от 0,5 до 1,4 [1.7, С. 156] и считается оптимальным для формования, если его величина близка к единице, однако неясно, как использовать, например, ИК, у которых значение μ составляет широкий диапазон от 0,1 до 0,8;

− коэффициент формоустойчивости материалов $K_Ф$, как показатель способности материала сохранять приданную форму, определен во многих работах, при этом его величина для успешного формования заготовок верха обуви должна быть не менее 0,75 после выбора режимов формования [1.6];

− коэффициент соотношения остаточной и упругой деформации $K_Д$ предлагается ввести, как меру оценки способности материала деформироваться наилучшим образом при определенном способе формования, который должен быть близок 0,67;

− коэффициент сохранения прочности $K_П$ при максимально возможной деформации заготовки в процессе формования введѐм как показатель, оценивающий потребительские свойства материалов. Его величина может быть принята за меру, определяющую степень изменения первоначальных свойств материалов после формования, ухудшение которых может привести в дальнейшем к негативным последствиям при носке изделия, и поэтому он должен быть близок к единице.

При отсутствии однозначной оценки формовочных свойств материалов для верха обуви необходимо определить номинальные значения показателей такой оценки. Некоторые из показателей и интервалы их изменения были установлены только для НК, тогда как за последнее время ассортимент применяемых для верха обуви материалов существенно расширился. Поэтому актуальным является разработка комплексной оценки формовочных свойств материалов верха обуви внутреннего способа формования на основе предложенных показателей с учѐтом их номинальных значений.

Витебский государственный технологический университет

3.3 Оценка пригодности искусственных кож к формованию верха обуви

Для определения степени пригодности материалов, в том числе ИК, к формованию деталей верха обуви на входном контроле качества, обеспечивающей необходимую формоустойчивость обуви, предложено оптимальное количество одиночных показателей. Из опыта применения в промышленности различных натуральных и искусственных материалов отечественного и зарубежного производства, анализа литературных источников, проведѐнных лабораторных испытаний для получения комплексной оценки формовочных свойств ИК для внутреннего способа формования установлены следующие номинальные значения семи выбранных показателей.

Относительное удлинение при разрыве ($\varepsilon_р$) не менее 20 %, так как должно быть больше, чем максимальное удлинение при внутреннем способе формования.

Относительное удлинение при напряжении 10 МПа (ε_1) считаем достаточным, если его значение изменяется от 15 до 19 %.

Коэффициент растяжимости (A) должен быть в пределах 8–30 % / 100 Н.

Коэффициент поперечного сокращения (μ) по своему значению обязан быть близок к единице.

Коэффициент формоустойчивости ($K_Ф$) должен быть не менее 0,75 при оптимальных режимах формования, а на входном контроле отличен от нуля.

Коэффициент соотношения остаточной и упругой деформации ($K_Д$) должен быть равен 0,67.

Коэффициент сохранения прочности при максимальной деформации ($K_П$) в процессе формования примем номинальным, если он не менее 0,7.

Результаты проведѐнных экспериментов представлены в таблице 3.5.

Максимальное значение деформации материалов верха в районе носочно-пучковой части обуви составляет около 15 %, поэтому значения коэффициентов поперечного сокращения, формоустойчивости, соотношения остаточной и упругой деформации и сохранения прочности определяется при 15%-ом одноосном растяжении образцов.

Витебский государственный технологический университет

Таблица 3.3 − Значения показателей деформационных свойств ИК Т при 15 % одноосного растяжения

ИК	Деформация продольного растяжения $\varepsilon_{п.р.}$,%		Деформация поперечного сжатия $\varepsilon_{п.сж.}$,%		Коэффициент поперечного сокращения μ		Коэффициент формоустойчивости $K_ф$		Коэффициент соотношения остаточной и упругой деформации $K_Д$		Прочность контрольного образца $P_Р$, Н		Прочность после предварительной деформации P_i , Н		Коэффициент сохранения прочности $K_П$	
	В	П	В	П	В	П	В	П	В	П	В	П	В	П	В	П
JAWA 001	14,4	13,8	12	17	0,83	1,23	0,07	0,13	0,07	0,15	376	327	337	236	0,90	0,72
FOCA 330	16,0	18,0	13	16	0,81	0,89	0,16	0,16	0,19	0,19	278	308	234	264	0,84	0,86
RUGAN 001	14,6	16,8	14	18	0,96	1,07	0,25	0,20	0,33	0,25	400	405	389	351	0,97	0,87
RUGAN 224	16,6	17,2	10	8	0,60	0,47	0,18	0,12	0,22	0,14	368	457	319	427	0,87	0,93
RUGAN 901	14,8	16,6	12	7	0,81	0,42	0,21	0,13	0,27	0,15	303	371	295	370	0,97	1,00
ETNA 304	16,4	17,4	12	6	0,73	0,34	0,24	0,19	0,32	0,24	339	298	321	283	0,95	0,95
ETNA 317	16,4	15,4	13	14	0,79	0,91	0,07	0,16	0,07	0,19	245	296	191	244	0,78	0,82
ETNA 901	16,4	15,4	11	18	0,67	1,17	0,12	0,18	0,14	0,22	430	414	389	413	0,90	1,00
BORNOVA 901	16,0	15,6	10	12	0,63	0,77	0,17	0,20	0,21	0,25	447	555	392	502	0,88	0,90
RUSTIK 901	14,6	16,0	6	15	0,41	0,94	0,15	0,17	0,17	0,20	356	375	354	373	0,99	0,99
RUGAN MUSTANG	14,6	18,2	7	10	0,48	0,55	0,16	0,17	0,24	0,21	313	283	300	249	0,96	0,88
RUGAN SELCUK	15,0	16,6	8	10	0,53	0,60	0,20	0,12	0,25	0,14	314	349	295	307	0,94	0,88
Бирюза 3763	14,6	15,2	11	9	0,78	0,62	0,16	0,15	0,19	0,18	411	438	366	403	0,89	0,92
Лак обувной/ 140, белый	15,7	15,8	11	10	0,70	0,61	0,11	0,12	0,14	0,15	296	319	240	257	0,81	0,80
Met lack,бордо	14,8	15,3	10	9	0,65	0,58	0,13	0,15	0,21	0,19	293	397	235	321	0,80	0,81

Витебский государственный технологический университет

Для определения коэффициентов $K_Ф$ и $K_Д$ образцы материалов выдерживаются под нагрузкой в течение одного часа при нормальных условиях окружающей среды (температура 20±3 ºС, относительная влажность 65±5 %, т.е. без имитации режимов формования). После выдержки образцов без нагружения в течение суток замеряются относительное остаточное ($\varepsilon_{ост.}$) и относительное упругое ($\varepsilon_{упр.}$) удлинения. Для нахождения значения коэффициента сохранения прочности $K_П$ деформированные на 15 % образцы после полной их релаксации снова подвергаются одноосному растяжению до разрыва.

По массивам экспериментальных данных также получены кривые зависимости «нагрузка − удлинение» для значений нагрузок до 75 % от разрывной нагрузки образцов после их предварительного 15 % деформирования, которые представлены на рисунках 3.3 и 3.4.

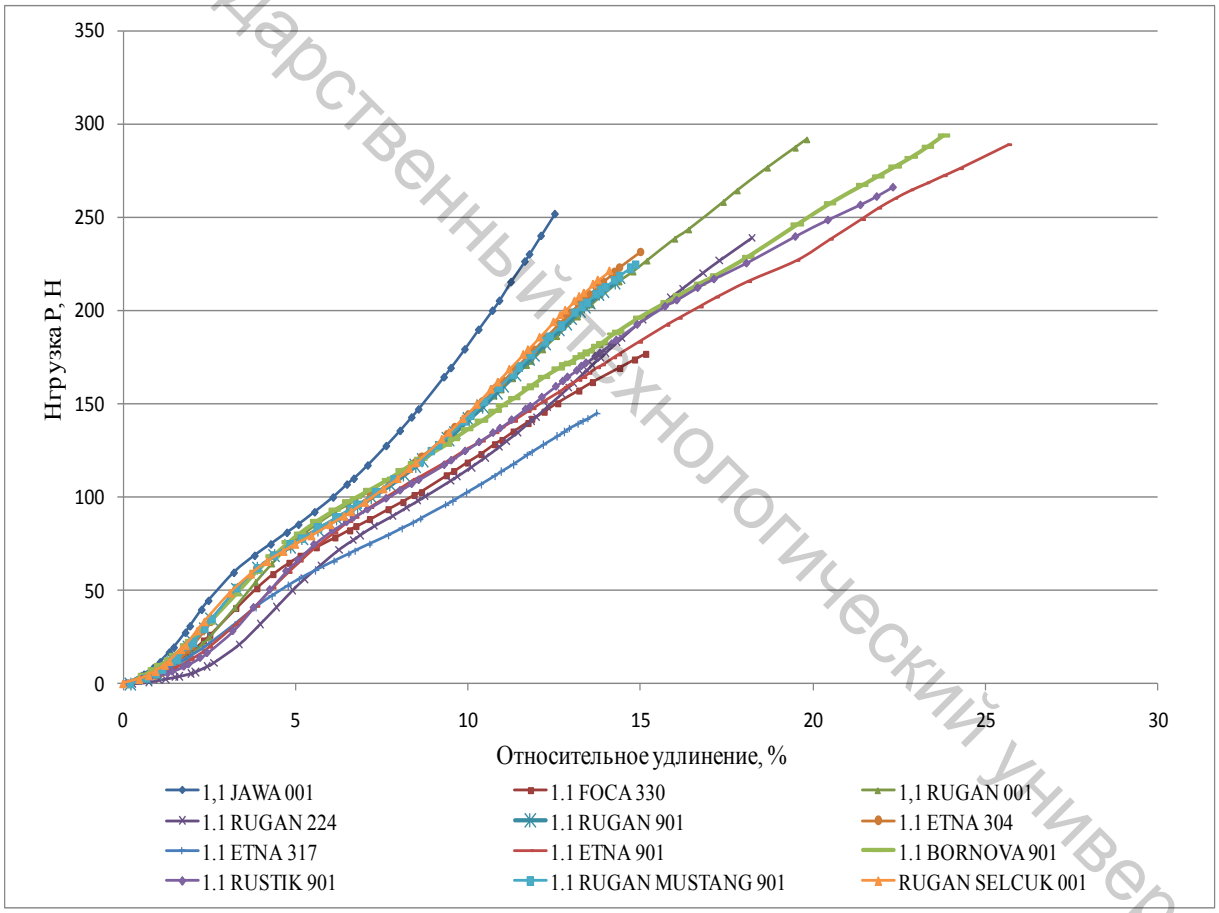


Рисунок 3.3 − Кривые «относительное удлинение – нагрузка» после предварительного деформирования ИК на 15 % (вдоль тканой основы)

Витебский государственный технологический университет

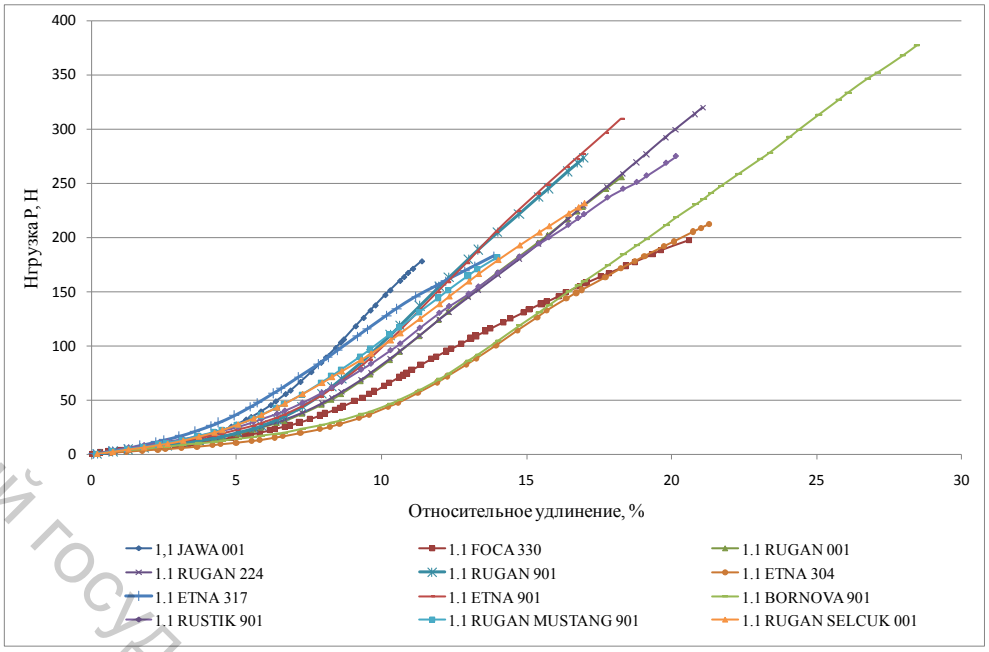


Рисунок 3.4 – Кривые «относительное удлинение – нагрузка» после предварительного деформирования ИК на 15 % (поперѐк тканой основы)

Сравнение полученных кривых с кривыми без предварительного деформирования образцов показало, что при наличии у большинства ИК коэффициента сохранения прочности, меньшего единицы (кроме RUGAN 901 и ETNA 901), вид кривых практически не изменился.

По массивам экспериментальных данных получены аналогичные кривые для НК, которые изображены на рисунках 3.5–3.8.

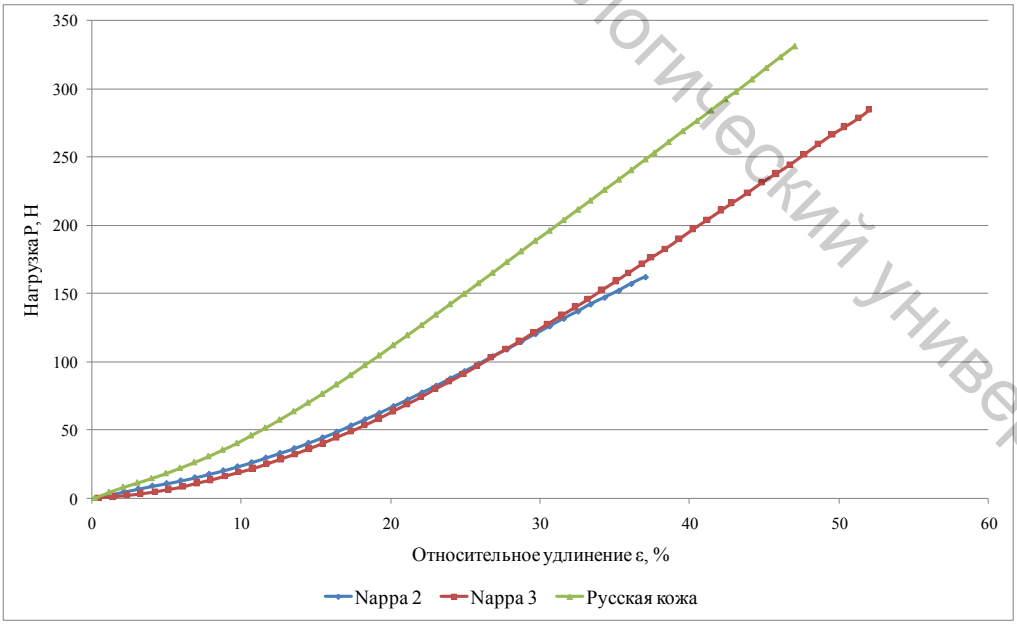


Рисунок 3.5 – Кривые «относительное удлинение – нагрузка» вдоль хребтовой линии НК

Витебский государственный технологический университет

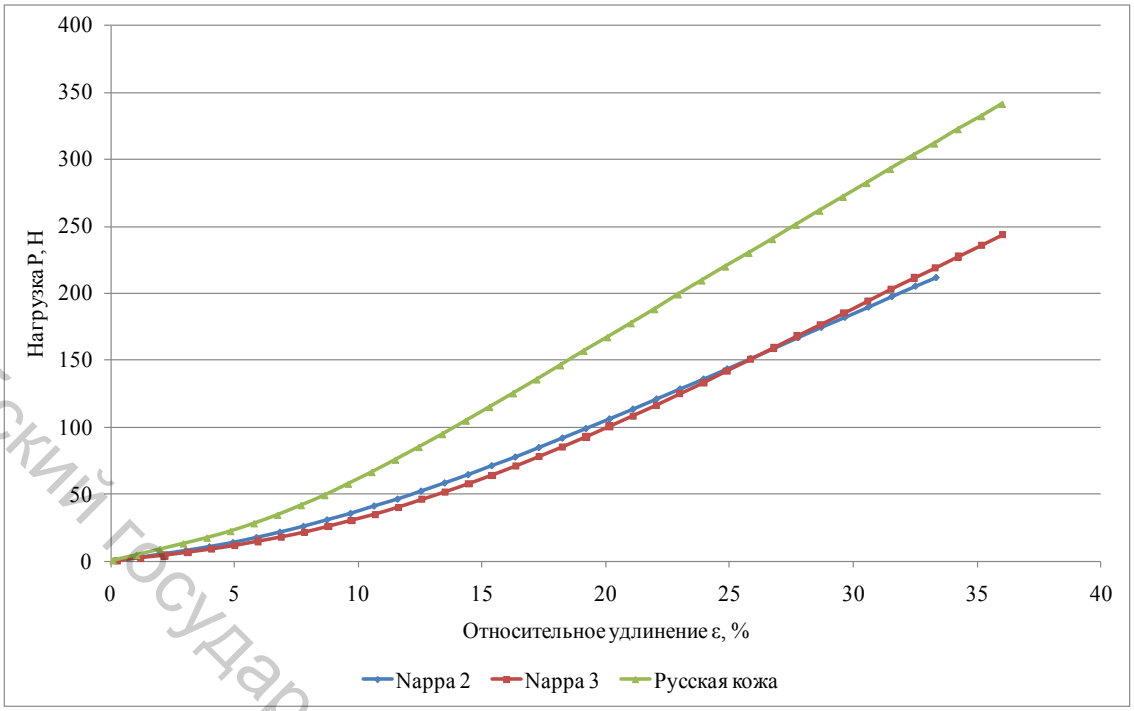


Рисунок 3.6 – Кривые «относительное удлинение – нагрузка» поперѐк хребтовой линии НК

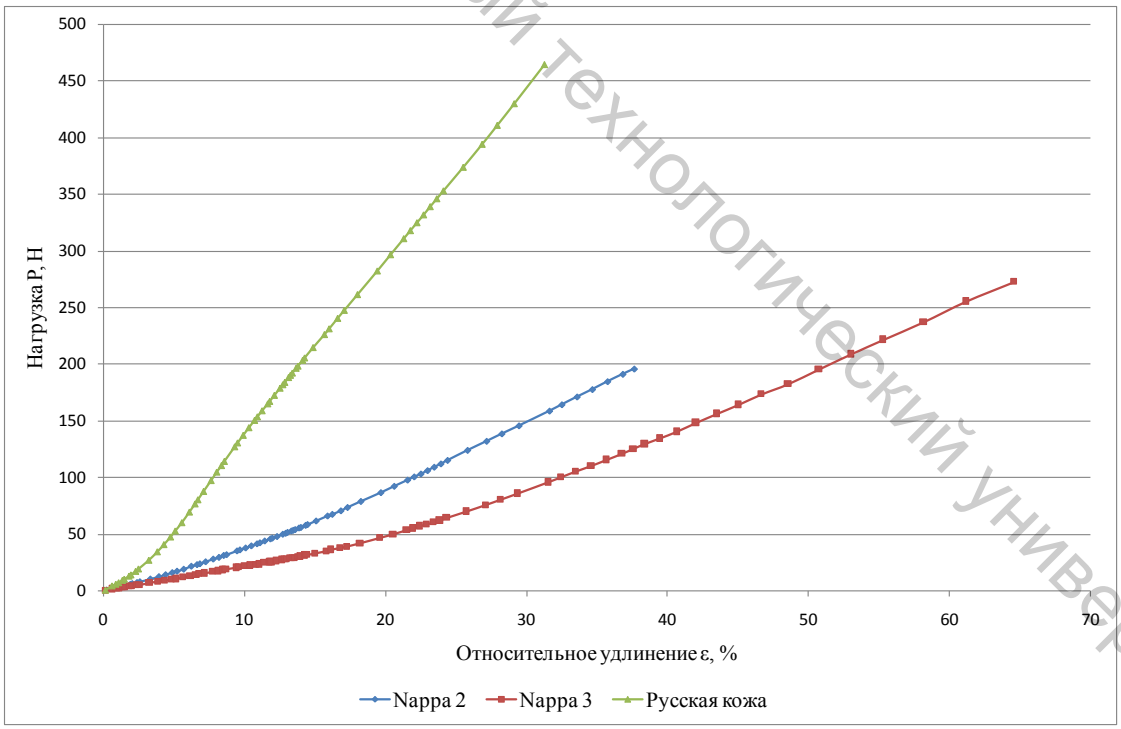


Рисунок 3.7 – Кривые «относительное удлинение – нагрузка» вдоль хребтовой линии НК после предварительного деформирования на 15 %

Витебский государственный технологический университет

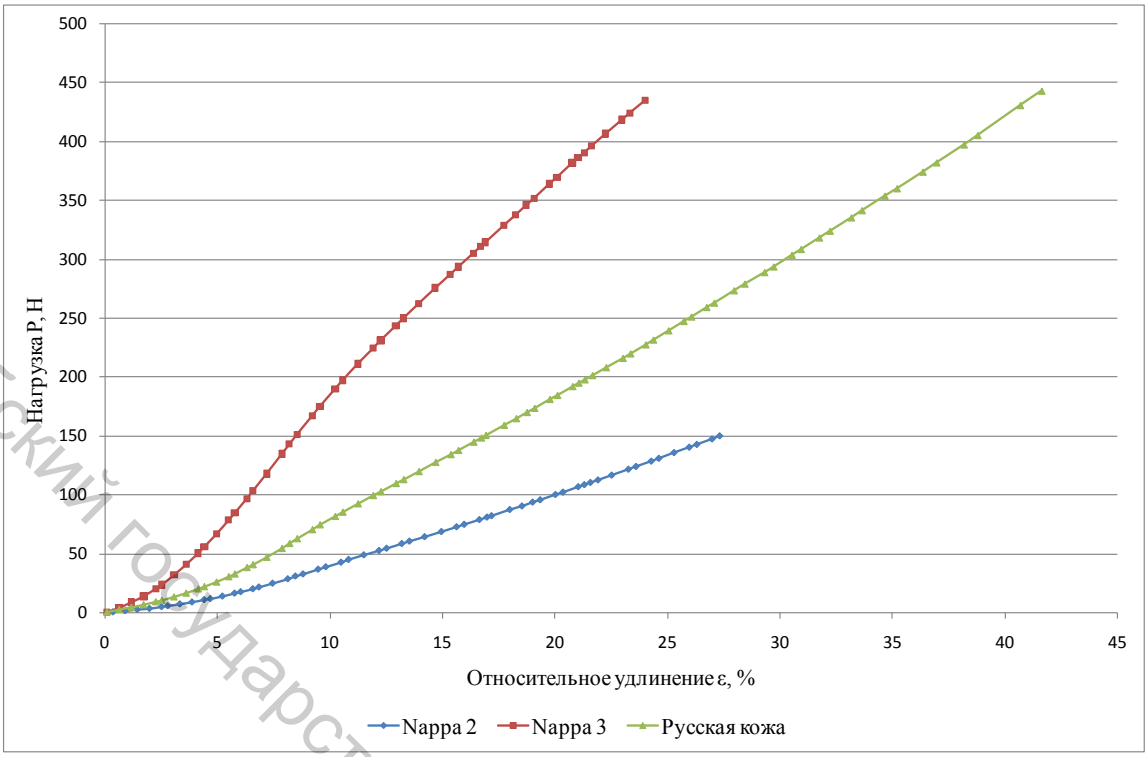


Рисунок 3.8 – Кривые «относительное удлинение – нагрузка» поперѐк хребтовой линии НК после предварительного деформирования на 15 %

Сравнение полученных кривых зависимости «нагрузка – относительное удлинение» для НК вдоль и поперѐк хребтовой линии (рис. 3.5, 3.6) без предварительного деформирования с кривыми после предварительного 15 % деформирования образцов (рис. 3.7, 3.8) показало значительное изменение характера кривых.

Для проведения сравнительного анализа по ГОСТ 17316-71 испытаны также образцы с рабочей зоной 20×100 мм НК Nappa 2, Nappa 3 (Великобритания) и Русская кожа, которые применяются предприятиями концерна Беллегпром в заготовках верха обуви (табл. 3.6). Для сравнения в таблице 3.7 также представлены результаты испытания образцов указанных НК с рабочей зоной 10×50 мм по ГОСТ 938.11-69.

Анализ результатов исследований, проведѐнных согласно ГОСТ 939-94, показал, что указанные кожи не удовлетворяют нормативу по среднему значению предела прочности (не менее 13–18 МПа) и практически выходят за рамки нормируемого интервала (15–40 %) для относительного удлинения при напряжении 10 МПа. Только по равномерности удлинения (не менее 60 %) они соответствуют ТНПА.

Установлено, что у большинства НК коэффициент сохранения прочности больше единицы. Это указывает на то, что происходит упрочнение материала после предварительного деформирования.

Витебский государственный технологический университет

Таблица 3.6 – Показатели деформационных свойств НК по ГОСТ 17316-71

НК	Предел прочности при растяжении $\sigma_р$, МПа		Удлинение при разрыве $\varepsilon_р$, %		Удлинение ε_1 при напряжении 10 МПа, %		Равномерность удлинения, %	Коэффициент растяжимости A		Коэффициент поперечного сокращения μ при 15 % ε_i		Коэффициент формоустойчивости $K_ф$ при 15 % ε_i		Коэффициент соотношения остат. и упруг. деформации $K_Д$ при 15 % ε_i		Прочность контрольного образца $P_р$, H		Прочность после предварительной 15% деформации Pi, Н		Коэффициент сохранения прочности $K_П$	
	В	П	В	П	В	П		В	П	В	П	В	П	В	П	В	П	В	П	В	П
Nappa 2	10	13	48	42	47	33	88	4,6	3,6	0,90	0,69	0,35	0,36	0,54	0,57	221	282	260	204	1,18	0,72
Nappa 3	14	12	65	51	50	42	74	6,0	4,3	0,35	0,89	0,27	0,40	0,37	0,67	381	323	364	435	0,96	1,14
Русская кожа	15	16	62	48	42	31	77	2,9	2,4	0,81	0,91	0,43	0,41	0,77	0,71	442	451	615	591	1,39	1,31

Таблица 3.7 – Показатели деформационных свойств НК по ГОСТ 938.11-69

НК	Предел прочности при растяжении $\sigma_р$, МПа		Относительное удлинение при разрыве $\varepsilon_р$, %		Относительное удлинение ε_1 при 10 МПа, %		Коэффициент равномерности предела прочности K_σ	Равномерность удлинения, %	Коэффициент равномерности удлинения при 10 МПа	Относительное остаточное удлинение $\varepsilon_{ост.}$, %		Относительное упругое удлинение $\varepsilon_{упр.}$, %		Коэффициент $K_Д$		Условный модуль упругости E, МПа		Жесткость D, Н	
	В	П	В	П	В	П				В	П	В	П	В	П	В	П	В	П
Nappa 2	14	11	65	49	36	31	0,79	75	0,86	15	13	21	18	0,71	0,72	28	32	311	352
Nappa 3	18	11	60	58	36	40	0,61	96	0,90	16	16	20	24	0,80	0,67	28	25	347	305
Русская кожа	18	11	58	58	33	44	0,61	100	0,75	12	20	21	24	0,57	0,83	30	23	428	297

Витебский государственный технологический университет

Для определения степени пригодности материалов к формованию внутренним способом по единичным оценочным показателям производится расчѐт комплексного оценочного показателя деформационных свойств:

$$K_{\text{К}} = \sqrt[7]{\prod_{i=1}^{7} K_i}, \tag{3.13}$$

где K_i, $i=\overline{1;7}$ − равнозначные единичные оценочные показатели деформационных и формовочных свойств материалов.

По результатам проведѐнных экспериментов (табл. 3.1–3.5) значения равнозначных одиночных оценочных показателей K_i находятся как безразмерные коэффициенты.

Оценочный показатель K_1=1, если относительное удлинение при разрыве $\varepsilon_{\text{р}}$ составляет не менее 20 %, так как деформация заготовки верха обуви при внутреннем способе формования не превышает 15 %, и K_1= 0, если $\varepsilon_{\text{р}}$ превышает 20 %, так как в этом случае материал непригоден к формованию.

Значение оценочного показателя K_2 находим по формуле

$$K_2 = \frac{17-|\varepsilon_i-17|}{17}, \tag{3.14}$$

т.к. отклонение относительного удлинения ε_i при напряжении 10 МПа от его среднего номинального значения, равного 17 %, при формовании заготовок верха обуви внутренним способом в большую или меньшую сторону недопустимо.

Оценочный показатель K_3 принимает значение, равное 1, если коэффициент растяжимости A находится в пределах от 8 до 30 %/100 Н. Если A<8 %/100 Н или A>30 %/100 Н, то рассчитываем соответственно по формулам:

$$K_3 = \frac{8-|A-8|}{8}, \tag{3.15}$$

$$K_3 = \frac{30-|A-30|}{30}. \tag{3.16}$$

Величину K_4 вычисляем по значению коэффициента поперечного сокращения μ, используя формулу:

$$K_4 = 1 - |\mu - 1|. \tag{3.17}$$

Значение оценочного показателя K_5 равно значению коэффициента формоустойчивости $K_{\text{Ф}}$, а значение K_6 рассчитываем, исходя из зна-

Витебский государственный технологический университет

чения коэффициента соотношения остаточной и упругой деформации $K_Д$, по формуле:

$$K_6 = \frac{0{,}67 - |K_Д - 0{,}67|}{0{,}67}, \tag{3.18}$$

так как $K_Д$ должен быть равен 0,67.

Оценочный показатель K_7 будет равен коэффициенту сохранения прочности $K_П$ при максимальной деформации заготовки в процессе формования (для внутреннего способа формования – 15 %).

Полученные значения единичных оценочных показателей деформационных и формовочных свойств ИК и НК приведены в таблицах 3.8 и 3.9.

Витебский государственный технологический университет

Таблица 3.8 – Значения оценочных показателей K_i деформационных и формовочных свойств ИК

ИК	K_1		K_2		K_3		K_4		K_5		K_6		K_7	
	В	П	В	П	В	П	В	П	В	П	В	П	В	П
JAWA 001	1,00	1,00	0,76	0,88	0,79	1,00	0,83	0,77	0,07	0,13	0,10	0,22	0,90	0,72
FOCA 330	1,00	1,00	0,59	0,24	1,00	1,00	0,81	0,89	0,16	0,16	0,28	0,28	0,84	0,86
RUGAN 001	1,00	1,00	0,88	0,65	1,00	1,00	0,96	0,93	0,25	0,20	0,49	0,37	0,97	0,87
RUGAN 224	1,00	1,00	0,76	0,53	1,00	1,00	0,60	0,47	0,18	0,12	0,33	0,21	0,87	0,93
RUGAN 901	1,00	1,00	0,76	0,65	0,91	1,00	0,81	0,42	0,21	0,13	0,40	0,22	0,97	1,00
ETNA 304	1,00	1,00	0,71	0,41	1,00	1,00	0,73	0,34	0,24	0,19	0,48	0,36	0,95	0,95
ETNA 317	1,00	1,00	0,47	0,47	1,00	1,00	0,79	0,91	0,07	0,16	0,10	0,28	0,78	0,82
ETNA 901	1,00	1,00	0,41	0,71	1,00	1,00	0,67	0,83	0,12	0,18	0,21	0,33	0,90	1,00
BORNOVA 901	1,00	1,00	0,53	0,41	1,00	1,00	0,63	0,77	0,17	0,20	0,31	0,37	0,88	0,90
RUSTIK 901	1,00	1,00	0,76	0,65	1,00	1,00	0,41	0,94	0,15	0,17	0,25	0,30	0,99	0,99
RUGAN MUSTANG	1,00	1,00	0,76	0,53	0,99	1,00	0,51	0,55	0,16	0,17	0,45	0,31	0,96	0,88
RUGAN SELCUK 001	1,00	1,00	0,88	0,88	0,99	1,00	0,53	0,60	0,20	0,12	0,37	0,21	0,94	0,88
Бирюза 3763	1,00	1,00	0,53	0,53	1,00	1,00	0,78	0,62	0,16	0,15	0,28	0,27	0,89	0,92
Лак обувной/140	1,00	1,00	0,71	0,06	0,66	1,00	0,70	0,61	0,11	0,12	0,21	0,22	0,81	0,80
Met lack, бордо	1,00	1,00	0,82	0,82	1,00	1,00	0,65	0,58	0,13	0,15	0,31	0,28	0,80	0,81

Таблица 3.9 – Значения оценочных показателей K_i деформационных и формовочных свойств НК

НК	K_1		K_2		K_3		K_4		K_5		K_6		K_7	
	В	П	В	П	В	П	В	П	В	П	В	П	В	П
Nappa 2	1,00	1,00	0,01	0,02	0,58	0,45	0,90	0,69	0,35	0,36	0,81	0,85	1,18	0,72
Nappa 3	1,00	1,00	0,01	0,01	0,75	0,54	0,35	0,89	0,27	0,40	0,55	1,00	0,96	1,14
Русская кожа	1,00	1,00	0,02	0,01	0,36	0,30	0,81	0,91	0,43	0,41	0,85	0,94	1,39	1,31

Витебский государственный технологический университет

Полученные значения комплексного оценочного показателя деформационных свойств $K_К$ приведены в таблице 3.10 и на рисунке 3.9.

Таблица 3.10 – Значения комплексного оценочного показателя деформационных свойств некоторых из исследованных материалов

Номер образца	Материал		$K_К$		
			В	П	Среднее
1	ИК	JAWA 001	0,44	0,54	0,49
2		FOCA 330	0,56	0,50	0,53
3		RUGAN 001	0,72	0,63	0,67
4		RUGAN 224	0,59	0,48	0,53
5		RUGAN 901	0,64	0,50	0,57
6		ETNA 304	0,66	0,51	0,58
7		ETNA 317	0,56	0,66	0,61
8		ETNA 901	0,48	0,62	0,55
9		BORNOVA 901	0,55	0,58	0,56
10		RUSTIK 901	0,53	0,61	0,57
11		RUGAN MUSTANG 901	0,60	0,54	0,57
12		RUGAN SELCUK 001	0,61	0,53	0,57
13		Бирюза 3763	0,56	0,53	0,54
14		Лак обувной/140, белый	0,48	0,36	0,42
15		Met lack, бордо	0,56	0,55	0,56
16	НК	Nappa 2	0,40	0,39	0,39
17		Nappa 3	0,32	0,42	0,37
18		Русская кожа	0,43	0,39	0,41

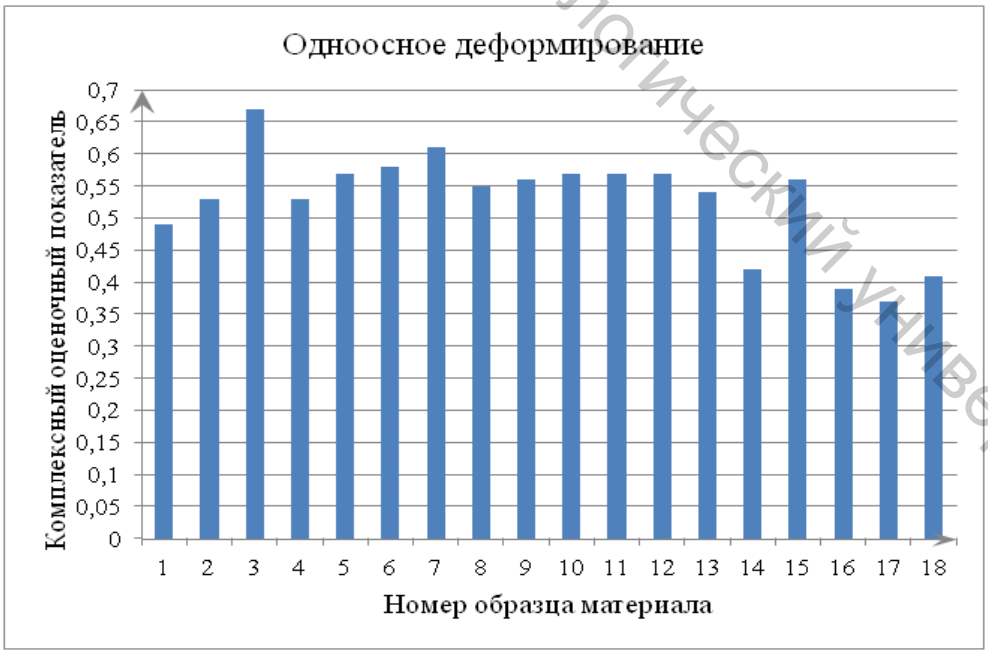


Рисунок 3.9 – Диаграмма значений комплексного оценочного показателя деформационных свойств материалов

Витебский государственный технологический университет

Исследования показали, что явно низкие значения для ИК на тканой основе имеют одиночные оценочные показатели K_5 и K_6. Так как режимы формования заготовок верха обуви существенно влияют на её формоустойчивость, поэтому значение комплексного показателя существенно увеличится при значениях коэффициента формоустойчивости K_5 более 0,75, что может быть достигнуто только путём подбора оптимальных режимов формования (термофиксации). Величина коэффициента K_6 может быть увеличена предварительным деформированием материала в процессе его производства или при изготовлении обуви, что приведёт к снятию излишней его пластичности, а также за счёт разработки новой технологии производства ИК с необходимыми свойствами [3.8, 3.9].

В качестве оценки деформационных свойств материалов по семи выбранным показателям воспользуемся методом Харрингтона, который представляет собой ранжирование уровня качества от 0 до 1 по четырём градациям оценки: отлично, хорошо, удовлетворительно и плохо [3.10].

Оценка, по которой принимается решение о степени пригодности материала к формованию верха обуви, определяется по безразмерной шкале желательности следующим образом: 0,00–0,20 – очень плохо; 0,20–0,37 − плохо; 0,37–0,63 – удовлетворительно; 0,63–0,80 – хорошо и 0,80–1,00 – очень хорошо.

Таким образом, практически все исследованные ИК обладают удовлетворительными деформационными свойствами для использования в заготовках верха обуви внутреннего способа формования, и только ИК RUGAN 001 следует отнести к материалам, которые имеют оценку «хорошо». Следует также учитывать ориентацию деталей из ИК в заготовке обуви, так как значения комплексного оценочного показателя деформационных свойств зависят от направления растяжения, такое различие составляет 0,15 для ИК ETNA 304. Например, при использовании ИК Лак обувной/140 в деталях веха обуви, расположенных в районе союзки заготовки, следует располагать только вдоль тканевой основы.

Существенно улучшить пригодность ИК для использования в обуви внутреннего способа формования можно путём разработки технологических режимов сборки обуви, оптимальным подбором материалов в систему заготовки верха обуви, а также при производстве ИК за счёт предварительного проектирования деформационных и формовочных свойств с необходимыми для формования показателями.

Таким образом, при исследовании показателей физико-механических свойств ИК установлено, что коэффициент растяжимости поперёк основы находится в пределах 8–22 % / 100 Н и соответствует диапазону данного показателя для материалов, используемых в деталях верха обуви. Из исследованных ИК 50 % имеют нижний уровень указанного показателя ниже рекомендуемого в 8 % / 100 Н при растяжении

Витебский государственный технологический университет

образцов вдоль основы. В литературных источниках рекомендуется аппроксимировать зависимость «нагрузка – удлинение» материалов для верха обуви степенной функцией, показатель степени которой определяет одностороннюю изогнутость кривых относительно оси удлинений. Однако установлено наличие у экспериментальных кривых точек перегиба в районе 3 % и 10 % относительного удлинения при растяжении вдоль тканой основы у всех ИК, поэтому кривые не имеют выраженной степенной зависимости.

Анализ полученных кривых также показал, что процесс одноосного деформирования имеет почти одинаковый характер для всех ИК, но имеет существенные различия при деформировании вдоль и поперѐк основы. Исключением является ИК JAWA 001 с сильно пропитанной полимерами основой, поэтому данный материал деформируется почти как «чистый, однородный» полимер.

Обоснован дополнительный перечень показателей, которые следует учитывать при получении комплексной оценки деформационных свойств материалов. Комплекс регламентируемых ТНПА показателей физико-механических свойств ИК для верха обуви, которые определяют степень их пригодности к формованию, следует дополнить показателями, которые нормируются для НК, а именно: предел прочности, относительное удлинение при напряжении 10 МПа; коэффициент растяжимости и коэффициент равномерности.

Для выбора на этапе подготовки производства материалов в заготовку верха обуви по степени их пригодности к формованию предложено использовать семь показателей деформационных и формовочных свойств, получаемых одноосным растяжением. К таким показателям предложено отнести: $\varepsilon_р$ – относительное удлинение при разрыве; ε_1 – относительное удлинение при напряжении 10 МПа; A – коэффициент растяжимости; μ – коэффициент поперечного сокращения; $K_Ф$ – коэффициент формоустойчивости; $K_Д$ – коэффициент соотношения остаточной и упругой деформации и $K_П$ – коэффициент сохранения прочности при максимальной деформации материала заготовки верха обуви в процессе формования. Последние два показателя предложены впервые. Каждый из показателей определяет наличие необходимых характеристик ИК для успешного формования заготовки верха. Установлены номинальные значения указанных показателей для материалов, используемых в заготовках верха обуви внутреннего способа формования.

На основе полученных экспериментальных данных по семи показателям деформационных и формовочных свойств рассчитаны соответствующие единичные оценочные показатели и на их основе комплексный оценочный показатель деформационных свойств материалов $K_К$, как среднее геометрическое рассчитанных единичных оценочных показателей. По шкале желательности Харингтона установлено, что все ис-

Витебский государственный технологический университет

следованные ИК следует считать удовлетворительными материалами для верха обуви внутреннего способа формования.

Исследования показали, что снижение значения комплексного оценочного показателя деформационных свойств ИК определяется малыми значениями двух единичных оценочных показателей, рассчитанных по значениям коэффициентов формоустойчивости – $K_{Ф}$ и соотношения остаточной и упругой деформации – $K_{Д}$. Значение комплексного показателя качества формовочных свойств ИК существенно увеличится при значениях коэффициента формоустойчивости больших 0,75, что можно сделать только за счѐт выбора рациональных режимов формования, т.е. влажно-тепловой обработкой заготовки верха обуви. Значение оценочного показателя, рассчитанного по величине коэффициента соотношения остаточной и упругой деформации, можно изменить в большую сторону снятием излишней пластичности с помощью предварительного деформирования материала в процессе его производства или при изготовлении обуви, а также за счѐт разработки новой технологии производства ИК с заданными свойствами.

Витебский государственный технологический университет

Список использованных источников к 3 главе

3.1 Садовский, В. В. Товароведение одежно-обувных товаров. Общий курс: учеб. пособие / В. В. Садовский [и др.]; под общ. ред. В. В. Садовского, Н. М. Несмелова. – Минск : БГЭУ, 2005. – 427 с.

3.2 Сыцко, В. Е. Товароведение непродовольственных товаров: учеб. пособие / В. Е. Сыцко [и др.]; под ред. В. Е. Сыцко, М. Н. Миклушова. – Минск : Выш. шк., 1999. – 633 с.

3.3 ГОСТ 938.0-75. Кожа. Правила приемки. Методы отбора проб. – Введ. 05.03.1975. – Москва : Изд-во стандартов. 1975. – 42 с.

3.4 Дмитриев, А. П. Деформационные свойства искусственных кож на тканой основе / А. П. Дмитриев, А. Н. Буркин // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2010. – Вып. 19. – С. 22−27.

3.5 Буркин, А. Н. Прочность и деформационные свойства современных искусственных кож / А. Н. Буркин, А. П. Дмитриев // Актуальные проблемы прочности: материалы 50-го Международного научного симпозиума, Витебск, 1 октября 2010 г. : в 2 ч. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2010 – Ч. 1. − С. 40−42.

3.6 ГОСТ 939-94. Кожа для верха обуви. Технические условия. – Введ. 01.01.96. – Минск : Белстандарт, 1996. – 15 с.

3.7 Буркин, А. Н. Разработка критериев оценки формовочных свойств материалов / А. Н. Буркин, А. П. Дмитриев, О. А. Петрова-Буркина // Вестник БГЭУ. – 2012. − № 6(95) – С. 76−83.

3.8 Петрова-Буркина, О. А. Комплексная оценка способности обувных материалов к формованию внутренним способом / О. А. Петрова-Буркина, А. П. Дмитриев, А. Н. Буркин // Изв. вузов. Технология лѐгкой промышленности. – Санкт-Петербург, 2012. – № 1(15). – С. 46–50.

3.9 Дмитриев, А. П. Оценка качества материалов для заготовки верха обуви внутреннего способа формования / А. П. Дмитриев, В. Д. Борозна, А. Н. Буркин // Материалы докладов 48-й Международной науч.-технич. конф. преподавателей и студентов, посвящѐнной 50-летию университета, Витебск, апрель 2015 г.: в 2 т. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2015. – Т. 2. − С. 276–278.

3.10 Подиновский, В. В. Оптимизация по последовательно применяемым критериям / В. В. Подиновский, В. М. Гаврилов. – Москва. : Сов. радио, 1975. – 192 с.

Витебский государственный технологический университет

ГЛАВА 4
ОЦЕНКА ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ИСКУССТВЕННЫХ КОЖ ПРИ ДВУХОСНОМ РАСТЯЖЕНИИ

При современных способах формования заготовка верха обуви закреплена по периметру, и форма еѐ обеспечивается растяжением объемным элементом (при внутреннем способе формования раздвижной колодкой), т.е. происходит двухосное деформирование материала, поэтому исследование процесса деформирования материалов одноосным растяжением существенно отличается от реального деформирования материала при формовании.

Для получения оценки деформационных и формовочных свойств материалов, определяющих формоустойчивость обуви при еѐ эксплуатации, следует проводить деформирование их образцов двухосным растяжением.

Глава посвящена получению показателей формовочных свойств ИК по разработанным методикам на основе запатентованных средств измерений, проведению сравнительного анализа результатов проведѐнных экспериментов, получению оценки деформационных свойств ИК, применяемых в заготовках верха обуви, а также разработке рекомендаций по повышению качества обуви и еѐ комплектующих. Важное практическое значение также имеет сравнение экспериментальных данных, полученных одноосным и двухосным растяжением.

4.1 Математическая модель деформирования материалов на поверхностях вращения

В работе [4.1] получены зависимости величин изменения площади при деформации и относительных удлинений материала по меридиану и параллели формующей сферической поверхности от высоты подъема шарового пуансона. Первоначально без учѐта толщины формуемого материала, так как диаметр формующего пуансона несоизмеримо больше толщины формуемого материала.

Рисунок 4.1 иллюстрирует растяжение образца плоского материала радиусом R сферическим сегментом того же радиуса.

Витебский государственный технологический университет

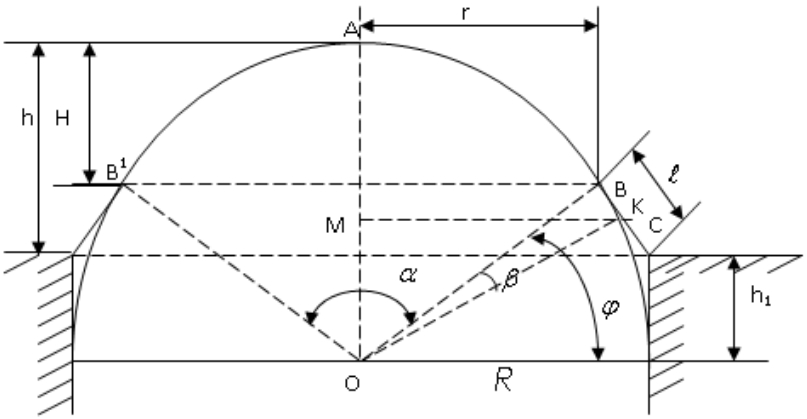


Рисунок 4.1 – Схема для расчѐта деформаций плоских материалов при продавливании полусферой

Относительное изменение площади при формовании или «плоская» деформация рассчитывается по формуле

$$\varepsilon_s = \frac{S - S_0}{S_0} \cdot 100\% \,, \tag{4.1}$$

где S_0 − первоначальная площадь деформируемого кругового образца радиуса R, т.е. $S_0 = \pi R^2$, S – площадь поверхности, полученная продавливанием исходного образца при подъѐме сферического пуансона на высоту h.

Площадь S состоит из суммы двух площадей: S_1 − площади боковой поверхности усечѐнного конуса с радиусами R нижнего и r верхнего оснований и образующей l и S_2 − площади части образца, непосредственно контактирующего с полусферой.

Так как площадь боковой поверхности усеченного конуса $S_1 = \pi(R + r) \cdot l$, то с учетом, что

$$\angle OBC = \frac{\pi}{2}, \; l = h_1 = R - h \text{ и } r = R cos\varphi,$$

получаем

$$S_1 = \pi R(R - h) \cdot (1 + cos\varphi). \tag{4.2}$$

Так как $tg\frac{\varphi}{2} = \frac{h_1}{R}$, то

$$1 + cos\varphi = \frac{2R^2}{R^2 + (R - h)^2}. \tag{4.3}$$

Подставив в формулу (4.2) полученный результат (4.3), имеем

Витебский государственный технологический университет

$$S_1 = \frac{2\pi R^3(R-h)}{R^2+(R-h)^2}.$$

Площадь сферического сегмента с центральным углом α контакта материала с полусферой высотой $H = R - Rsin\varphi$ с учѐтом того, что $\sin\varphi = \frac{2h_1R}{R^2+h_1^2}$ имеет вид:

$$S_2 = \frac{2\pi R^2h^2}{R^2+(R-h)^2}.$$

А значит, площадь полной поверхности после продавливания на высоту h:

$$S = \frac{2\pi R^3(R-h)+2\pi R^2h^2}{R^2+(R-h)^2}.$$

Тогда относительное изменение площади имеет вид

$$\varepsilon_S = \frac{h^2}{R^2+(R-h)^2} \cdot 100\%. \quad (4.4)$$

Расчет величины меридиального относительного удлинения кругового образца, формуемого на полусфере, произведѐм согласно формуле

$$\varepsilon_m = \frac{L-d}{d} \cdot 100\%, \quad (4.5)$$

где d − первоначальный диаметр образца, L – длина образца по меридиану после подъѐма сферического пуансона на высоту h.

Получим аналог формулы (1.8).

Так как $L = \alpha R + 2(R-h)$ и с учѐтом того, что

$$\alpha = 2\left(\frac{\pi}{2} - \varphi\right) = \pi - 4arctg\frac{R-h}{R}, \quad (4.6)$$

то $L = \pi R - 4Rarctg\left(1 - \frac{h}{R}\right) + 2(R-h)$.

Тогда формула для расчѐта меридиального относительного удлинения (4.4) принимает следующий вид:

$$\varepsilon_m = \left(\frac{\pi}{2} - \frac{h}{R} - 2arctg\left(1 - \frac{h}{R}\right)\right) \cdot 100\%. \quad (4.7)$$

При расчѐте радиального (по параллели) относительного удлинения материала учтѐм, что некоторый первоначальный радиус образца ρ

Витебский государственный технологический университет

после его деформации полусферой приобретѐт новую величину $\rho = \overset{\frown}{AB} + BK$.

Так как при этом происходит и некоторое меридиальное удлинение $\varepsilon_m = \frac{\rho'}{\rho} - 1$, а значит, первоначальный радиус был равен

$$\rho = \frac{\overset{\frown}{AB}+BK}{\varepsilon_m+1} = \frac{R\cdot\frac{\alpha}{2}+R\cdot tg\beta}{\varepsilon_m+1}.$$

С учетом полученных результатов (4.6) и (4.7) имеем

$$\rho = R\cdot\frac{\frac{\pi}{2}-2arctg\left(1-\frac{h}{R}\right)+tg\beta}{\frac{\pi}{2}-2arctg\left(1-\frac{h}{R}\right)-\frac{h}{R}+1}. \quad (4.8)$$

Относительное удлинение образца по параллели, соответствующей углу β, находим по формуле

$$\varepsilon_r = \frac{2\pi KM-2\pi\rho}{2\pi\rho}\cdot 100\% \text{ или } \varepsilon_r = \left(\frac{KM}{\rho}-1\right)\cdot 100\%.$$

Из Δ КМО следует, что $KM = KO\cdot sin\left(\frac{\alpha}{2}+\beta\right)$, при этом

$KO = \frac{R}{cos\beta}$, т.е. радиальный радиус выбранной параллели

$KM = \frac{R\cdot sin\left(\frac{\alpha}{2}+\beta\right)}{cos\beta}$.

Итак, получаем

$$\varepsilon_r = \left(\frac{cos\left(\beta-2arctg\left(1-\frac{h}{R}\right)\right)\left(\frac{\pi}{2}-2arctg\left(1-\frac{h}{R}\right)-\frac{h}{R}+1\right)}{\left(\frac{\pi}{2}-2arctg\left(1-\frac{h}{R}\right)+tg\beta\right)\cdot cos\beta}\right)\cdot 100\% . \quad (4.9)$$

Величина удлинения ε_r по параллели, совпадающей с краем образца, контактирующего с полусферой ($\beta = 0$), рассчитывается по формуле:

$$\varepsilon_r = \left(\frac{h(2R-h)\left(\frac{\pi}{2}-2arctg\left(1-\frac{h}{R}\right)-\frac{h}{R}+1\right)}{(R^2+(R-h)^2)\left(\frac{\pi}{2}-2arctg\left(1-\frac{h}{R}\right)\right)}-1\right)\cdot 100\%. \quad (4.10)$$

Все полученные результаты для вычисления величин деформаций (4.3), (4.5) и (4.9) являются функциями только одной переменной вели-

Витебский государственный технологический университет

чины h − подъема сферического пуансона. Следует учесть, что формула (4.9) дает возможность рассчитать радиальное относительное удлинение только для параллелей, соответствующих углу $\beta \in \left[0; 2arctg\left(1-\frac{h}{R}\right)\right]$.

В случае, когда параллель находится непосредственно на сфере, то есть

$$\beta \in \left]2arctg\left(1-\frac{h}{R}\right); \frac{\pi}{2}\right],$$

эта зависимость принимает вид

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon_m+1}{\beta} \cdot \sin\beta - 1.$$

Анализ формул (4.7) и (4.10) показал, что в районе полюса полусферы $\varepsilon_r \approx \varepsilon_m$, а в месте зажима материала $\varepsilon_r = 0$. Величины деформаций материала, оцениваемые показателями ε_s и ε_m, зависят от отношения величины продавливания (h) к радиусу рабочей части образца (R). При этом показатель h аналогичен коэффициенту удлинения при постоянной нагрузке.

В государственном стандарте Республики Беларусь для определения прочности при продавливании и растяжении продавливанием текстильных материалов, в том числе нетканых по СТБ ИСО 2960-2001 «Материалы текстильные. Определение прочности при продавливании методом диафрагмы» [4.2] для испытаний принят образец материала с диаметром рабочей части 113 мм (S≈10000 мм^2). Указанный размер кругового образца применяется также в ряде стран, использующих метрическую систему единиц. Данный размер образца позволяет провести более точные измерения параметров растяжения продавливанием, так как приближѐнно соответствует средней ширине носочно-пучковой части обувной колодки. Аналогично и для кожевенных материалов вместо применявшихся ранее пуансонов радиусом 5 мм по ГОСТ 29078-91 [1.91] или образцов других диаметров, например, 1,2 дюйма, целесообразно исследование процесса двухосного деформирования материалов для верха обуви производить на круговых образцах большего диаметра, а именно 113 мм.

Наибольшее значение относительного удлинения материала по параллели BB' (рис. 4.1), соответствующей краю его соприкосновения со сферой диаметром 113 мм («крайней» параллели) в зависимости от величины продавливания, наблюдается при подъеме пуансона на высоту 40 мм. После подъема пуансона на 70,8 % от максимально возможного продавливания относительное удлинение материала по «крайней» параллели уменьшается до нуля (рис. 4.2).

Витебский государственный технологический университет

Рисунок 4.2 – Кривая зависимости между величиной радиального относительного удлинения по «крайней» параллели и высотой подъема сферического пуансона диаметром 113 мм

Анализ полученных зависимостей показал, что наибольшие по сравнению с линейными удлинениями значения у плоской деформации. Так как при одноосном растяжении возможен расчет только относительного линейного удлинения материала, поэтому при двухосном симметричном растяжении целесообразно учитывать также одно из линейных удлинений. Так как максимальная деформация по параллели всегда меньше меридиальной вытяжки материала при одной и той же высоте подъема пуансона, поэтому при получении деформационных характеристик материалов, формуемых поверхностями тел вращения, целесообразно учитывать именно удлинение по меридиану, которое в дальнейшем будем называться меридиальным относительным удлинением.

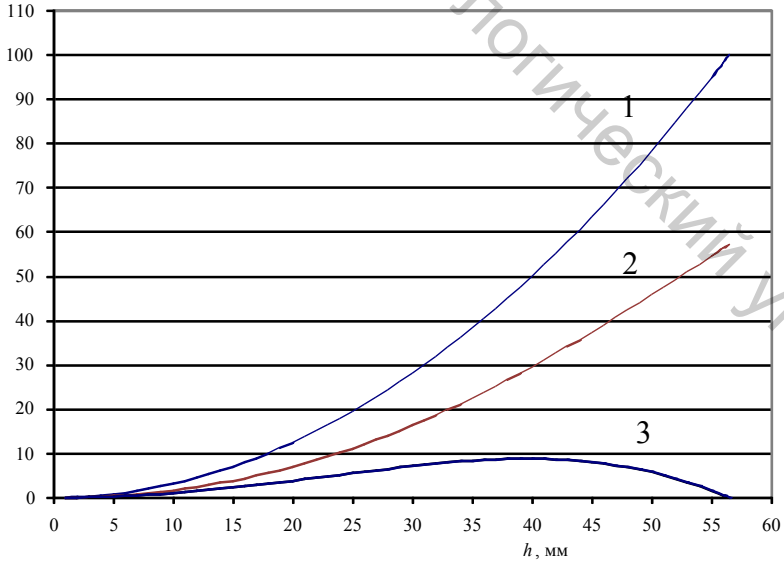


Рисунок 4.3 – Кривые зависимости между величиной «плоской» деформации (1), относительными меридиальным (2) и радиальным (3) удлинением по «крайней» параллели и высотой подъема сферического пуансона диаметром 113 мм

Витебский государственный технологический университет

Как отмечалось в разделе 1.3 главы 1, при расчѐте получаемых деформаций авторы исследований формовочных свойств материалов используют различные формулы (например, (1.5), (1.8)). М. П. Куприянов в работе [1.18] рассматривает более детально растяжение образца кожи радиусом R при испытании еѐ на прорыв шариком (сферическим закруглѐнным штырѐм) радиусом r и получает следующие формулы для расчѐта удлинения по меридиану сферы и конусу:

$$\varepsilon_{\text{М}} = C\varphi + \frac{1 - C\sin\varphi}{\cos\varphi} - 1 \text{ (без учѐта } \delta\text{)}, \tag{4.11}$$

$$\varepsilon_{\text{М}} = \left(C + \frac{\delta}{R}\right)(\varphi - tg\varphi) + \frac{1}{\cos\varphi} - 1 \text{ (с учѐтом } \delta\text{)}, \tag{4.12}$$

где $C = \frac{r}{R}$ – постоянная прибора, δ – толщина материала.

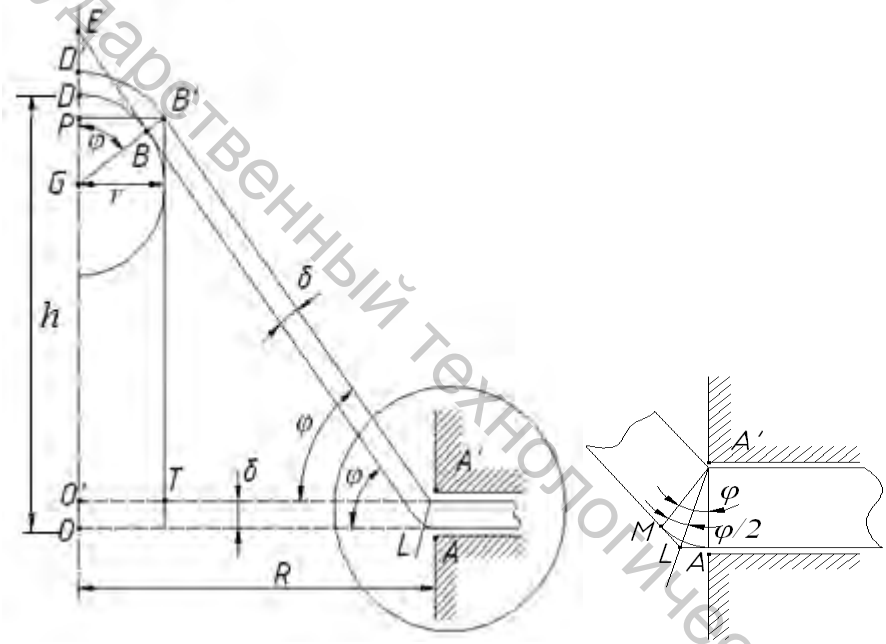


Рисунок 4.4 – Схема для расчѐта деформаций плоского кругового образца радиусом R при продавливании шариком радиусом r

Полученные зависимости автор называет функциями тягучести кожи (т.к. учитывается угол φ) и еѐ толщины δ, а значение угла φ (рис. 4.4) предлагает находить в зависимости от величины подъѐма пуансона H:

$$H = \left(R - \delta tg\frac{\varphi}{2}\right) tg\varphi + r - \frac{r}{\cos\varphi}, \tag{4.13}$$

что вызывает определѐнные трудности при решении этого уравнения.

Поэтому одной из поставленных в работе задач является получение математической модели расчѐта величин деформаций при продавливании круговых плоских образцов материалов жѐсткими пуансонами

Витебский государственный технологический университет

в форме тел вращения, в зависимости только от параметров продавливающего устройства и высоты продавливания. Такие универсальные зависимости для любого продавливающего устройства, в основу которого положен принцип продавливания кругового образца сферической поверхностью, получены в работах [4.3, 4.4].

При определении относительного меридиального удлинения по формуле (4.10) учтѐм, что длина образца по меридиану L после подъѐма сферического пуансона на высоту h состоит из длин дуг $\overset{\smile}{DB}$ и $\overset{\smile}{MA}$, а также из длины отрезка BM (рис. 4.4). Поэтому с учѐтом того, что радиус образца материала $R=l_0/2 \neq r$ и материал имеет толщину δ (формула (4.11)) для расчѐта относительного меридиального удлинения образца сферической поверхностью принимает вид:

$$\varepsilon_m = \left[\begin{array}{c} \frac{2(r+\delta)}{l_0}\left(arcsin\frac{r+\delta}{\sqrt{(h-r-\delta)^2+\left(\frac{l_0}{2}\right)^2}} + arctg\frac{2(h-r-\delta)}{l_0}\right) + \\ +\frac{2}{l_0}\sqrt{h^2-2h\cdot(r+\delta)+\left(\frac{l_0}{2}\right)^2}-1 \end{array}\right]\cdot 100\% \quad (4.14)$$

При получении формулы (4.14) учтѐн тот факт, что центральный угол φ, определяющий дугу соприкосновения материала с полусферой, совпадает с углом перегиба материала в месте его крепления, из-за подобия $\Delta GPB' \sim \Delta OEL \sim \Delta AMA'$ вычисляется по формуле:

$$\varphi = arcsin\frac{r+\delta}{\sqrt{(h-r-\delta)^2+\left(\frac{l_0}{2}\right)^2}} + arctg\frac{2(h-r-\delta)}{l_0}. \quad (4.15)$$

Для испытания формовочных свойств материалов, используемых для верха обуви, Зыбиным А. Ю. в работах [1.91, С. 48-41; 4.5] предложено деформировать зажатый по кругу образец пуансоном в виде стакана с вмонтированными по его краям шарикоподшипниками, то есть тороидальной поверхностью.

Величину относительного меридиального удлинения автор рассчитывает в зависимости от величины угла перегиба φ по формуле $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}\cdot 100$, причѐм

$$\frac{\Delta l}{2} = (R+\delta)\cdot(0.01745\varphi - tg\varphi) + S\cdot\left(\frac{1}{cos\varphi}-1\right), \quad (4.16)$$

где R – радиус шарикоподшипника, δ – толщина материала, S – расстояние от оси шарикоподшипника до края зажима.

Получим аналогичную формулу для расчѐта деформации при формовании тороидальной поверхностью любых параметров.

Витебский государственный технологический университет

Для чего исключим в формуле (4.14) величину угла перегиба φ и получим зависимость величины меридиальной относительной деформации кругового образца радиуса $\frac{l_0}{2}$ от толщины материала δ и величины подъема h пуансона тороидальной формы (рис. 4.5).

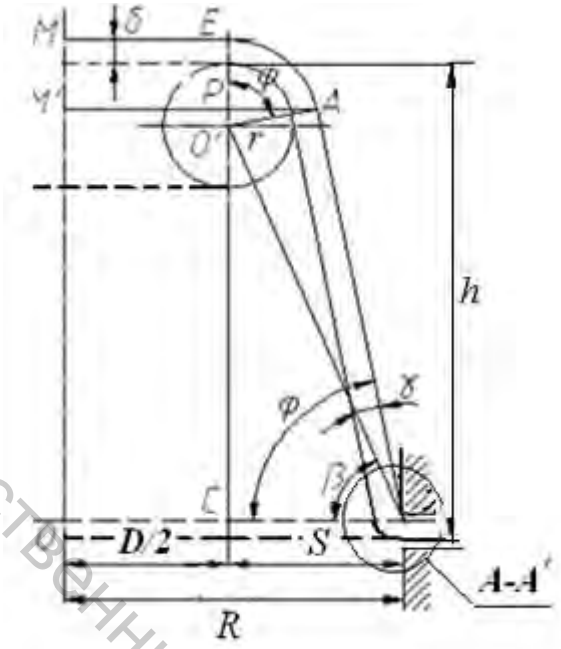


Рисунок 4.5 – Схема деформации кругового образца плоского материала продавливанием пуансоном тороидальной формы

Величину меридиальной относительной деформации определим по формуле (4.4), где длина образца по меридиану $L = 2\left(ME + \overset{\frown}{EA} + AB\right)$.

Так как $ME = \frac{D}{2}$, то длина дуги $\overset{\frown}{AE} = (r + \delta)\varphi$ и

$$AB = \sqrt{OC^2 + S^2 - (r + \delta)^2} = \sqrt{h^2 + S^2 - 2h \cdot (r + \delta)},$$

с учётом (4.13) $\varphi = \beta + \gamma = arcsin\frac{r+\delta}{\sqrt{(h-r-\delta)^2+S^2}} + arctg\frac{h-r-\delta}{S}$, получаем

$$L = D + 2(r + \delta)\left(arcsin\frac{r + \delta}{\sqrt{(h - r - \delta)^2 + S^2}} + arctg\frac{h - r - \delta}{S}\right) + \\ +2\sqrt{h^2 + S^2 - 2h(r + \delta)} \qquad (4.17)$$

Итак, величина меридиальной относительной деформации на поверхности тора рассчитывается по формуле (4.18):

Витебский государственный технологический университет

$$\varepsilon_m = \left[\begin{array}{c} D + 2(r+\delta)\left(arcsin\dfrac{r+\delta}{\sqrt{(h-r-\delta)^2+S^2}} + arctg\dfrac{h-r-\delta}{S} \right) + \\ +2\sqrt{h^2-2h(r+\delta)+S^2} - l_0 \end{array} \right] \cdot \frac{100}{l_0}\%$$

где D – удвоенное расстояние от центра образующей окружности тора до оси вращения OM, мм; r – радиус образующей окружности тора, мм; S – расстояние от центра образующей тор окружности до места зажима образца, мм.

Полученные формулы (4.14) и (4.18) позволяют определить значения высоты продавливания h для получения требуемой величины ε_m в приборах и устройствах, имеющие различные параметры продавливающего элемента.

В работе [4.6] на основе полученных результатов исследована проблема получения оптимального радиуса образца, формуемого растяжением на полусфере, с использованием коэффициента поперечного сокращения μ, как одного из основных показателей, характеризующих способность плоского материала принимать пространственную форму. Некоторые теоретические зависимости, которые необходимы для изучения закономерностей формования материала и определения влияния на него различных одиночных факторов, получены в работе [4.8]. В работе [4.7] при исследовании равновесия сил при формовании также получена упрощѐнная модель формования листового материала на поверхности с двумя радиусами кривизны, которая является общим случаем формования шарового купола и является предметом дальнейших исследований.

Таким образом, установлено, что исследование свойств материалов двухосным растяжением на телах вращения следует проводить с учѐтом получаемых при продавливании величин меридиальной относительной деформации. Полученные формулы позволяют определить величины меридиальных удлинений в зависимости от высоты подъѐма формующего пуансона в любых устройствах и приспособлениях, в которых используются продавливающие элементы сферической или тороидальной форм.

4.2 Разработка методик исследования деформационных свойств материалов

Как уже отмечалось, при создании изделий обувной промышленности важную роль в обеспечении требуемого уровня их качества играют свойства применяемых материалов. При выборе материалов, применяемых для изготовления соответствующих деталей верха обуви, необ-

Витебский государственный технологический университет

ходимо знать не только их физико-механические характеристики, получаемые в основном одноосным растяжением их образцов, но и иметь чѐткие представления о деформационных свойствах используемых материалов, которые можно исследовать, моделируя процесс формования двухосным растяжением.

На кафедре «Техническое регулирование и товароведение» Витебского государственного технологического университета авторами монографии [4.9–4.11] разработано универсальное устройство в виде специального приспособления, присоединяемого к зажимам разрывных машин для испытания материалов верха обуви двухосным растяжением. На рисунке 4.6 представлен его внешний вид.

Рисунок 4.6 – Универсальное устройство к разрывной машине для испытания на растяжение образца материала верха обуви

Наиболее близкими по технической сущности и получаемым результатам к данному приспособлению являются:

− присоединяемое к разрывной машине устройство для определения прочности кожи и лицевого слоя при продавливании шариком, которое используется для измерения нагрузки, приводящей к появлению трещин на образце или его прорыву [1.79];

− прибор ПОИК, на котором по ГОСТ 29078-91 сферическим растяжением определяются предел прочности при растяжении кожи и лицевого слоя, меридиальное удлинение при появлении трещин лицевого слоя и при прорыве кожи [1.80].

Основным недостатком прибора ПОИК является невозможность автоматического фиксирования результатов эксперимента. К главным недостаткам присоединяемого к разрывной машине устройства для продавливания шариком следует отнести его конструктивную сложность и

Витебский государственный технологический университет

ограниченную применимость, так как с помощью данного устройства возможно продавливание пуансоном в виде шарика одного диаметра.

Основным отличием приспособления от прибора ПОИК является возможность присоединения к разрывным машинам различных модификаций. Использование в пуансонах сменных наконечников различных пространственных форм и применение в приспособлении зажимного устройства в виде извлекаемой из устройства кассеты, фиксирующей образец отформованного материала, существенно отличает его от устройства, рекомендуемого ГОСТ 938.16-70.

Технической задачей, на решение которой была направлена разработка нового устройства, являлось создание приспособления к разрывной машине для получения деформационных и формовочных свойств материалов и их систем, применяемых в деталях верха обуви, двухосным растяжением поверхностями различной конфигурации. На разработанное устройство получен патент РБ на изобретение [4.12]. Техническая сущность предложенного приспособления поясняется рисунком 4.7.

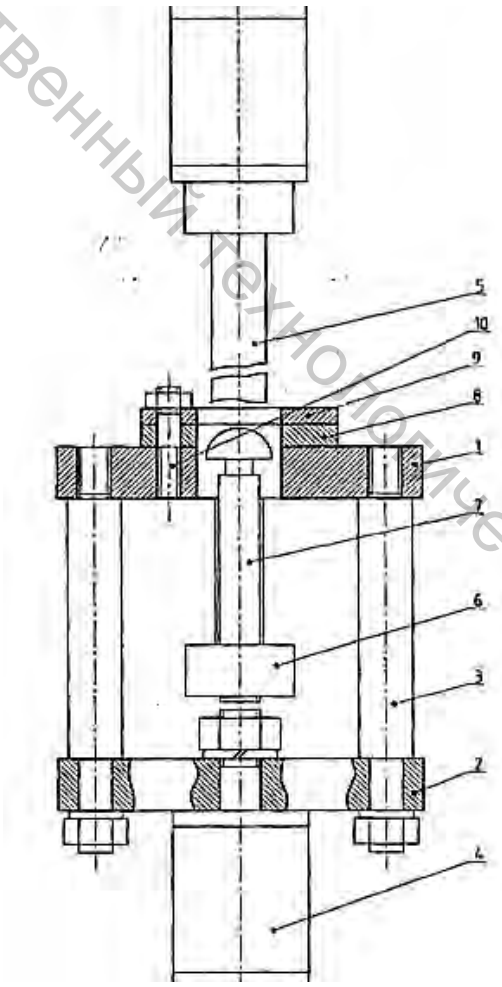


Рисунок 4.7 – Схема универсального устройства к разрывной машине для испытания на растяжение образца материала верха обуви

Витебский государственный технологический университет

Приспособление к разрывной машине для испытания материалов верха обуви двухосным растяжением состоит из пластины 1, содержащей кассету для зажатия в ней образца материала, и нижней планки 2, связанных между собой стойками 3. Нижнее 8 и верхнее 9 кольца кассеты крепятся между собой с помощью двух болтов 10, удерживая деформируемый образец материала выемками колец. Кассета, содержащая образец материала, двумя болтами жестко соединяются с пластиной 1. В середине пластины 1 имеется отверстие, в которое входит наконечник пуансона 7, основание которого укреплено на подвижной планке 6. Посредством направляющих планка 6 соединена с планкой, соединѐнной со стержнем верхнего зажимного устройством 5 крепления к разрывной машине. Пуансон 7 имеет сменные наконечники сферической, тороидальной или другой формы поверхности вращения (рис. 4.8).

Рисунок 4.8 – Кассета с отформованным образцом и сменные наконечники сферической и тороидальной формы

Нижнее зажимное устройство 4 предназначено для крепления устройства к разрывной машине.

При проведении испытаний продавливанием образец тестируемого материала помещается в выемки кассеты между нижним кольцом 8 и верхним кольцом 9 и удерживается между ними посредством болтов. Кассета с образцом материала укрепляется также болтами на планке 1. До начала испытаний наконечник пуансона должен лишь касаться тестируемого образца в кассете, не деформируя его. После включения разрывной машины и перемещения нижнего зажима наконечник пуансона 7 деформирует образец. Нагружение прекращается при достижении необходимой величины деформации или разрушении материала. При разрушении образца нагрузка регистрируется на дисплее пульта оператора или по шкале удлинений разрывной машины. Определяются нагрузка и величина перемещения формующего пуансона при появлении трещин или разрыве листового материала, непосредственно наблюдая процесс его деформации. После разрушения образца подвижная траверса автоматически или по команде оператора возвращается в исходное положение.

Витебский государственный технологический университет

Таким образом, предлагаемое приспособление может применяться для исследования деформационных свойств материалов верха обуви и их систем двухосным растяжением и предназначено для сравнения поведения материалов при формовании поверхностями различных тел вращения.

Для испытаний согласно ГОСТ 938.0-75 «Кожа. Правила приѐмки. Методы отбора проб» из участка материала, предназначенного для физико-механических испытаний или не ближе 100 мм от края рулона ИК по ГОСТ 17316-71, рядом с образцами для определения предела прочности при одноосном растяжении вырубались специальными резаками диаметром 60±1 мм (рабочая зона 25±1 мм) по два круговых образца материалов. Образцы перед испытанием кондиционируются при относительной влажности воздуха 65±5 % и температуре 20±2 % не менее 24 ч. Поверхность образцов не должна иметь механических повреждений. Образцы нумеруются, при этом место и способ нанесения номера выбирают так, чтобы не вызывать изменения свойств образцов.

Испытуемый образец материала кладут на верхнюю поверхность нижнего кольца кассеты, совмещая отверстия для крепѐжных болтов, затем накладывают верхнее кольцо кассеты, которое прижимают до отказа вместе с образцом к нижнему кольцу с помощью ключа двумя прижимными болтами. Собранную таким образом кассету посредством двух дополнительных крепѐжных болтов устанавливают на верхней поверхности пластины 1 приспособления. Таким образом, деформируемый образец материала между двумя содержащими выемки кольцами кассеты зажат четырьмя крепѐжными и прижимными болтами.

Перед проведением испытания проверяют, чтобы наконечник пуансона был ниже образца или только его касался. Затем включают разрывную машину и зажатый в кассете образец подвергают деформированию наконечником пуансона. При появлении дефектов на лицевом слое или прорыве образца материала отмечают нагрузку и величину подъѐма пуансона. По величине хода пуансона со сферическим или тороидальным наконечником соответственно по формулам (4.14) и (4.18) рассчитывают значения относительной меридиальной деформации и при необходимости производят запись диаграммы «нагрузка – удлинение».

Разработанное приспособление позволяет также определить величину остаточной деформации отформованного образца. Для чего после получения необходимой величины относительной меридиальной деформации образец материала выдерживается в течение часа в нагруженном состоянии. Затем траверса с пуансоном опускается, и кассета с отформованным образцом отсоединяется от пластины приспособления и при стандартных условиях среды выдерживается в течение суток, после чего проводится замер остаточной стрелы прогиба образца ($h_{\text{ост.}}$) и

Витебский государственный технологический университет

определяются коэффициенты формоустойчивости и соотношения остаточной и упругой деформаций:

$$K_{Ф}=\frac{\text{ост.}}{\text{общ.}}, \quad (4.19)$$

$$K_{Д}=\frac{\text{ост.}}{\text{общ.}-\text{ост.}}, \quad (4.20)$$

где $h_{ост.}$ – высота отформованного образца через сутки после испытания (мм), $h_{общ.}$ – высота отформованного образца после испытания (мм).

На разработанном приспособлении выдавливание материала происходит при помощи сменных наконечников сферической формы радиусом 10 мм и тороидальной формы с осевым радиусом 8,5 мм и радиусом окружности, образующей тор 1,5 мм (рис. 4.6). На использование пуансона тороидальной формы получен патент на полезную модель «Продавливающий элемент преимущественно для контроля качества материалов и соединений верха обуви» [4.13].

Расчѐт величины деформации по меридиану осуществляется по расчѐтным формулам (4.14) и (4.18) в зависимости от высоты подъѐма пуансона h и толщины материала δ с учѐтом параметров продавливающего приспособления:

– при продавливании сферическим наконечником: R = 17,5 мм; r = 10 мм,

– при продавливании наконечником тороидальной формы: l_0 = 2R = 25 мм; S = 4 мм, D = 17 мм, r =1,5 мм.

Полученные результаты заносятся в таблицу (например, таблица 4.1) и получают экспериментальные кривые «относительная меридиальная деформация − нагрузка» (например, рис. 4.9 и рис. 4.10).

Таблица 4.1 – Результаты испытаний формованием на сфере

Материал	Толщина δ, мм	Нагрузка P при 15 % ε_m, Н	Высота подъѐма $h_{общ}$ при 15 % ε_m, мм	Коэффициент формоустойчивости $K_Ф$ при 15 % ε_m, мм	Относительная меридиальная деформация ε_m, %	Нагрузка $P_р$, Н
ИК RUSTIK 901	1,14	211	6,52	0,93	52,52	906
ИК RUGAN MUSTANG	1,10	220	6,56	0,84	50,16	859
ИК Бирюза 3763	1,15	246	6,49	0,90	30,17	580
НК Nappa 2	1,08	84	6,58	0,85	40,45	599

Витебский государственный технологический университет

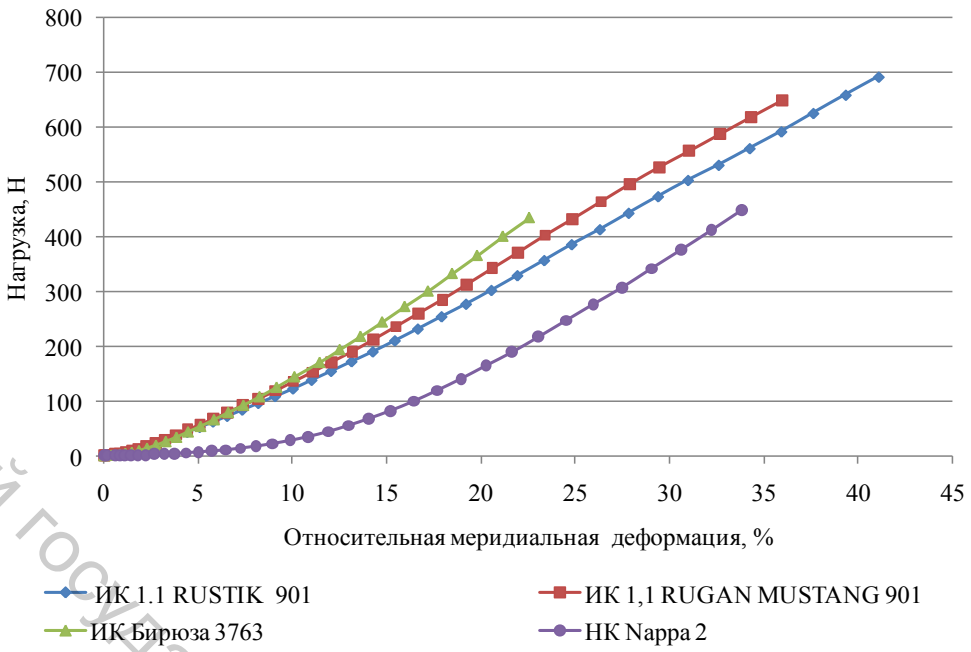


Рисунок 4.9 – Экспериментальные кривые «нагрузка – относительная меридиальная деформация» при формовании сферой

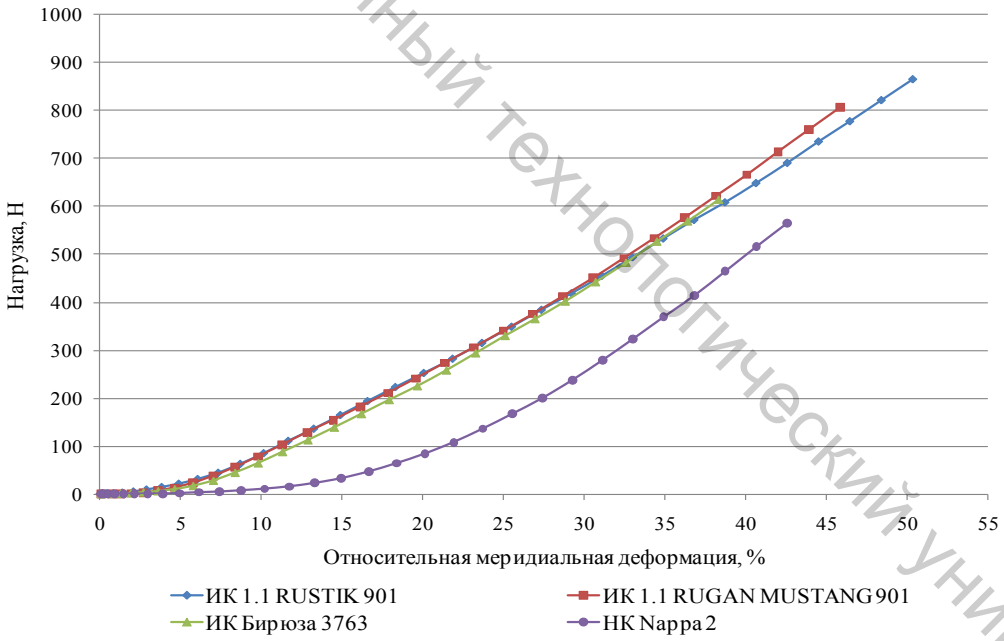


Рисунок 4.10 – Экспериментальные кривые «нагрузка – относительная меридиальная деформация» при формовании тором

На рисунках 4.9 и 4.10 показаны графики, построенные при нагрузках до $0{,}75 \cdot P_р$, для некоторых из исследованных ИК и НК при продавливании наконечниками сферической и тороидальной форм.

Витебский государственный технологический университет

Предварительный анализ полученных кривых показал, что характер зависимости при продавливании материалов сферой и тором практически одинаков. При формовании материала сферой для получения одной и той же величины относительной меридиальной деформации необходимо большее усилие, чем при продавливании тором. Площадь соприкосновения материала с поверхностью шарового пуансона выше, чем при формовании тором, а значит выше силы трения.

Разработанное приспособление предназначено для исследования деформационных свойств материалов верха обуви и их систем, а также для сравнения поведения материалов при формовании поверхностями различных тел вращения. Испытания следует проводить по нескольким стандартам: ГОСТ 938.16-70, ГОСТ 29078-91, ИСО 3379 и ИСО 17695.

4.3 Исследование формовочных свойств искусственных кож двухосным растяжением

Целью данного исследования является испытание выбранных материалов формованием пуансонами сферической и тороидальной формы. На первом этапе испытания проводились на специальном приспособлении к разрывной машине для испытания материалов верха обуви двухосным растяжением (рис. 4.6).

Для проведения испытаний из каждого вида ИК и НК было отобрано по 10 образцов диаметром 60 мм (рабочая зона 25±1 мм). Все отобранные образцы испытывались на устройстве с применением пуансонов со сменными наконечниками сферической формы радиусом 10 мм и тороидальной формы с осевым радиусом 8,5 мм и радиусом окружности, образующей тор 1,5 мм. Расчѐт величин получаемых деформаций осуществляется с помощью электронных таблиц MS Excel по формулам (4.14) и (4.18).

Для определения предельных значений деформирования материалов вначале на указанном устройстве проведены эксперименты по продавливанию образцов сферическим пуансоном. Результаты приведены в таблицах 4.2 и 4.3.

Таблица 4.2 – Деформационные свойства ИК при сферическом растяжении

Меридиальная деформация, %	Бирюза 3763	Met lack, бордо	Met lack, т-синий
при изменении цвета материала	19,8	15,2	21,5
при разрыве основы	28,5	32,7	34,1
при разрыве покрытия	54,9	57,2	53,4

Витебский государственный технологический университет

Таблица 4.3 – Деформационные свойства НК при сферическом растяжении

Меридиальная деформация, %	Nappa 2	Nappa 3	Русская кожа
при изменении цвета материала	27,3	–	26,8
при появлении трещин лицевого слоя	28,5	30,6	39,4
при разрыве	40,6	43,2	47,8

При испытании двухосным деформированием установлено, что для ИК на тканой основе вначале происходит разрыв основы образцов и резкое падение прилагаемой нагрузки, а затем уже наблюдается разрыв покрытия. При деформировании образцов НК вначале появляются трещины лицевого слоя, а затем наступает разрыв материала и при этом выраженного падения нагрузки не происходит. При этом относительная меридиальная деформация при разрыве основы ИК составляет 52–64 % от величины относительной меридиальной деформации при разрыве их покрытия, а для НК аналогичное значение между появлением трещины и разрывом составляет 70–83 %. При анализе процесса двухосного деформирования в дальнейшем под деструкцией образцов для ИК предложено понимать разрыв основы, а для НК – разрыв образца [4.14].

Результаты, полученные деформированием образцов материалов наконечниками сферической и тороидальной форм, представлены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Деформационные характеристики при двухосном растяжении

Артикул	Материал	Меридиальная деформация при деструкции ε_m, %		Нагрузка при деструкции P_d, Н	
		сферой	тором	сферой	тором
1	2	3	4	5	6
JAWA 001	ИК с пропиткой основы	37	48	745	913
FOCA 330		39	48	652	874
RUGAN 001		41	53	798	1056
RUGAN 901	ИК без пропитки основы	37	56	741	901
RUGAN SELCUK		29	43	597	806
RUGAN MUSTANG		50	58	859	1044
ETNA 304		39	58	688	882
ETNA 317		41	59	703	1052
ETNA 901		45	78	976	1167

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы 4.4

1	2	3	4	5	6
BORNOVA 901	ИК без пропитки основы	54	72	1003	1321
RUSTIK 901		53	68	906	1178
RUGAN 224		54	66	739	1106
Бирюза 3763		29	54	577	977
Met lack, бордо		33	49	546	711
Лак обувной/140, бел.		41	64	454	660
Nappa 2	НК	41	56	599	759
Nappa 3		43	62	786	1033
Русская кожа		48	51	888	942

Анализ полученных результатов [4.15] показал, что для образцов ИК меридиальная деформация при деструкции находится в диапазоне от 29 % до 54 % при формовании пуансоном сферической формы и от 43 % до 78 % при формовании пуансоном в виде тора. Предельные нагрузки при этом соответственно составляют 454–1003 Н и 660–1321 Н. Для НК меридиальная деформация при деструкции на сфере – 41–48 % при нагрузках в 599–888 Н; относительная меридиальная деформация при деструкции на торе – 51–62 % при нагрузке в 759–1033 Н. Меридиальная деформация при деструкции на торе в 1,4 больше, чем на сфере, и нагрузка при деструкции также соответственно больше в 1,3 раза.

В большинстве случаев образцы при продавливании пуансонами различной формы деформируются неоднородно, причѐм зона однородного растяжения расположена в центре кругового образца, что определяется наличием сил трения образца о поверхность продавливающего пуансона. Более низкая неоднородность отмечается при продавливании тороидальным пуансоном, чем сферическим. Установлена достаточно тесная корреляционная связь между деформационными характеристиками ИК, полученными растяжением на сфере и на торе [4.16], которая подтверждается коэффициентами корреляции в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Значения коэффициентов корреляции ИК

Основа ИК	Групповой коэффициент корреляции при растяжении на сфере и торе		Общий коэффициент корреляции	
	по ε_m	по P_d	по ε_m	по P_d
с пропиткой	0,71	0,83	0,70	0,84
без пропитки	0,67	0,85		

Витебский государственный технологический университет

С помощью полученных значений нагружения и рассчитанных по высоте подъёма пуансона величин относительных меридиальных деформаций построены графики, отображающие характер зависимости между этими величинами (рис. 4.11–4.14) при формовании сферической и тороидальной поверхностями при нагружении до 0,75 разрывной нагрузки образцов.

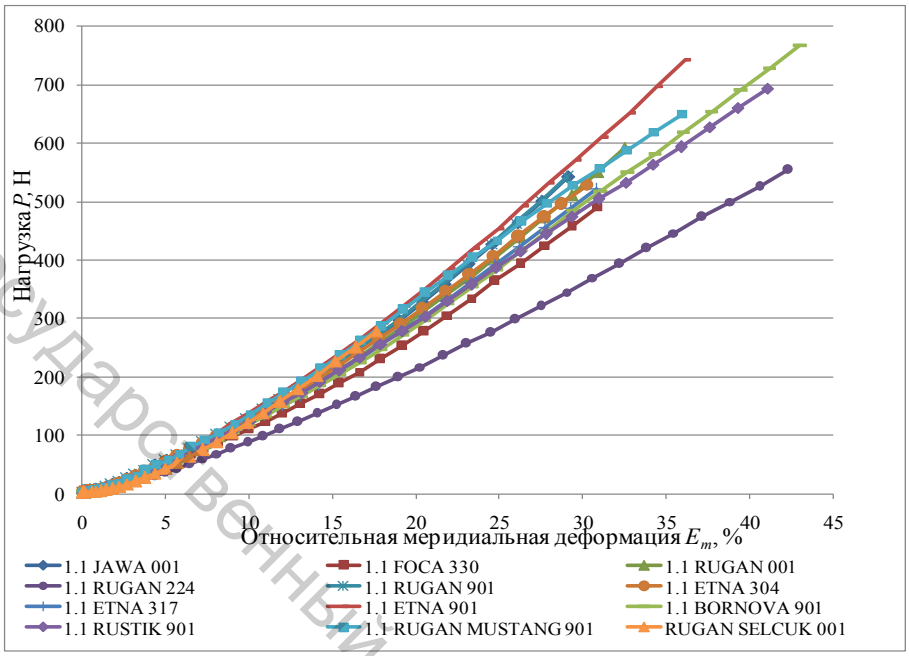


Рисунок 4.11 – Кривые зависимости нагрузки от меридиальной деформации при формовании ИК сферой

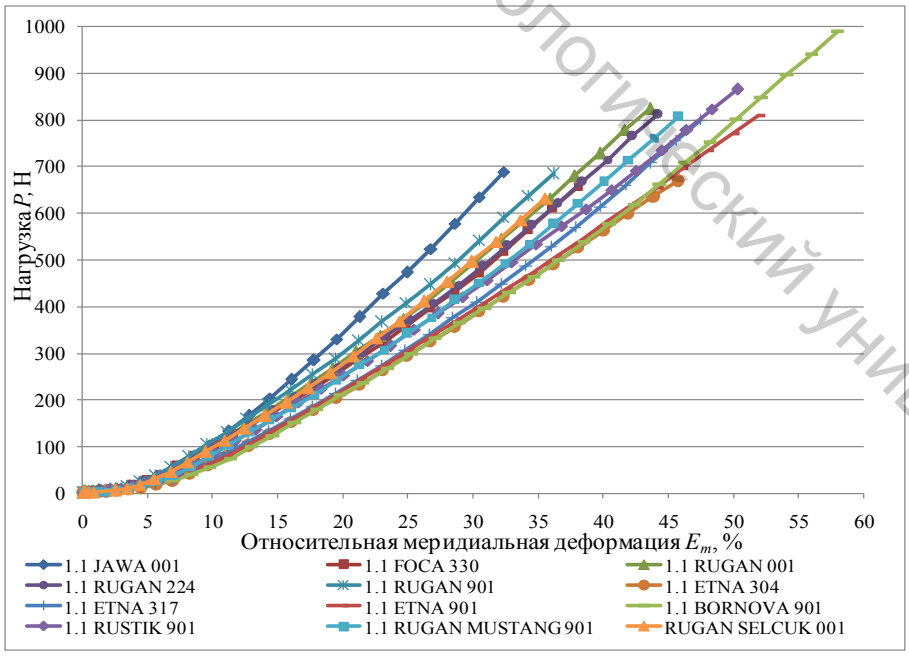


Рисунок 4.12 – Кривые зависимости нагрузки от меридиальной деформации при формовании ИК тором

Витебский государственный технологический университет

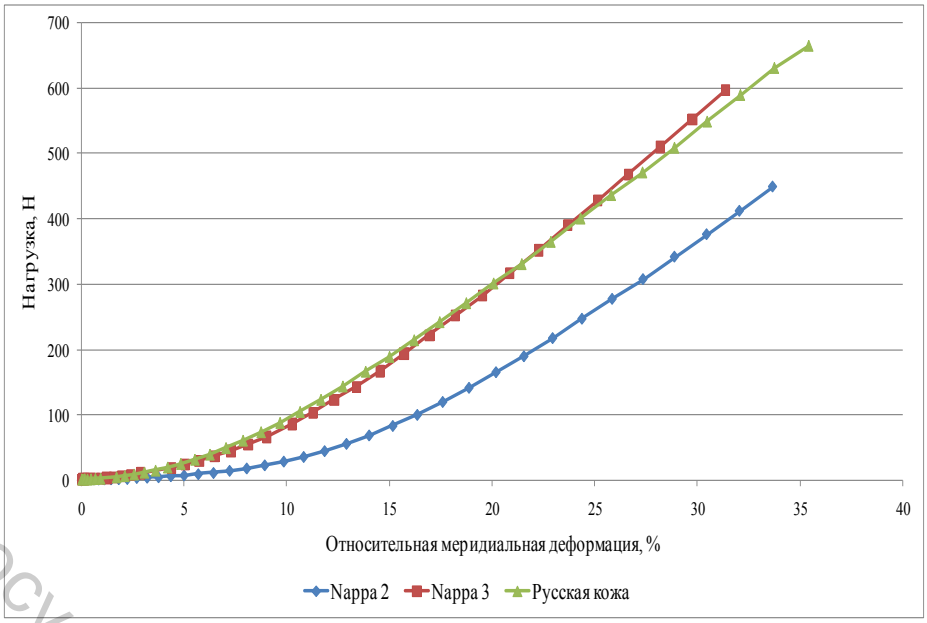


Рисунок 4.13 – Кривые зависимости нагрузки от меридиальной деформации при формовании НК сферой

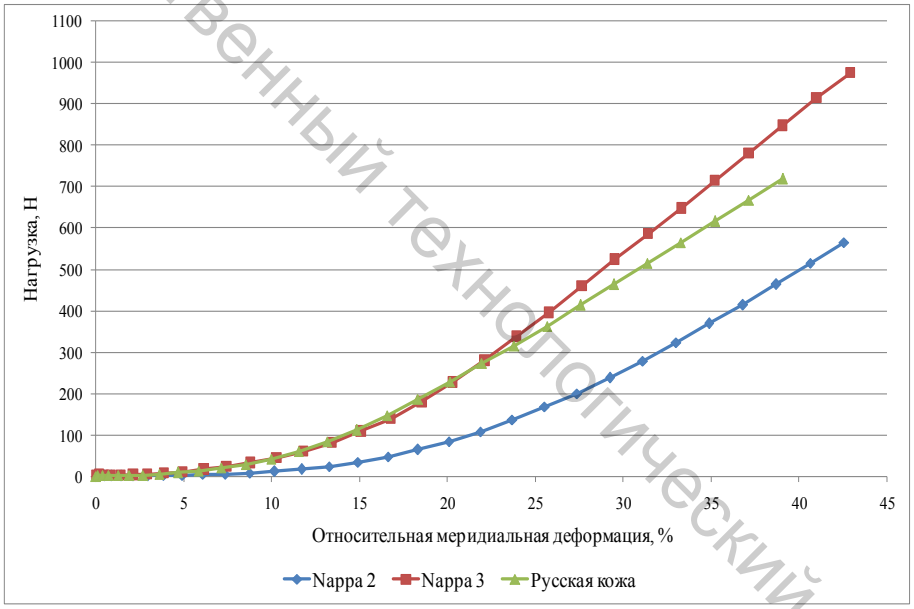


Рисунок 4.14 – Кривые зависимости нагрузки от меридиальной деформации при формовании НК тором

Полученные кривые имеют одинаковый вид как при формовании сферической, так и при формовании тороидальной поверхностью, и с высокой степенью достоверности (R^2) могут быть описаны степенной функцией вида $\varepsilon_m=\alpha\cdot P^{\beta}$ [4.17].

Установлено, что при формовании образцов материалов тором такая зависимость для большинства ИК становится близкой к линейному виду $\varepsilon_m=a\cdot P+b$. С помощью таблиц Microsoft Excel получены аппрокси-

Витебский государственный технологический университет

мирующие функции (рис. 4.15), а диапазон их коэффициентов представлен в таблице 4.6.

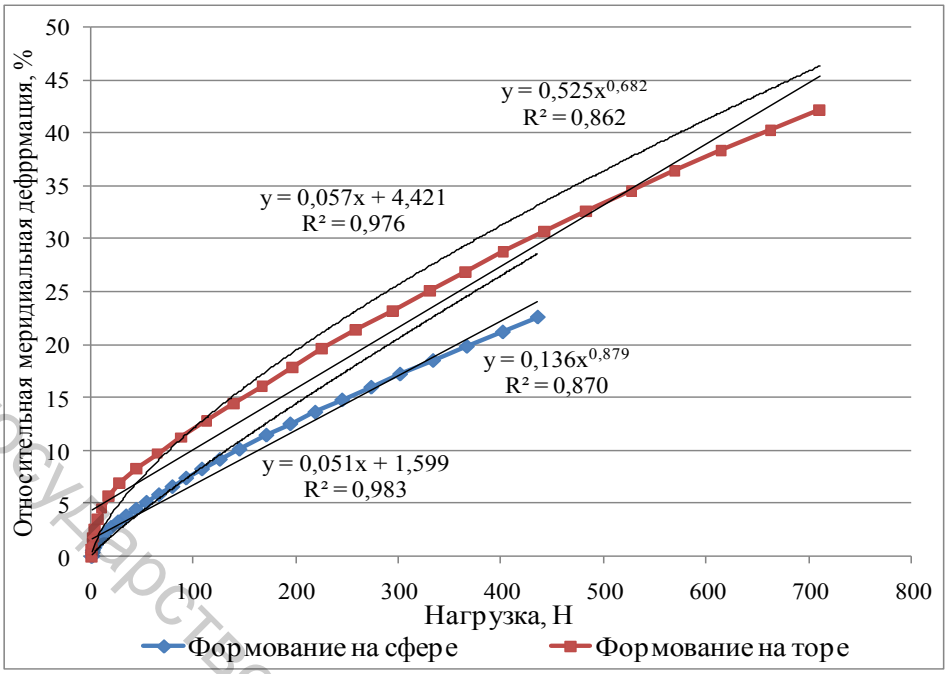


Рисунок 4.15 – Кривые зависимости относительной меридиальной деформации от нагрузки при формовании ИК Бирюза 3763 сферой или тором и аппроксимирующие их функции

Таблица 4.6 – Коэффициенты аппроксимирующих функций

Пуансон	Вид аппроксимирующей функции					
	$\varepsilon_m = \alpha \cdot P^{\beta}$			$\varepsilon_m = a \cdot P + b$		
	α	β	R^2	a	b	R^2
ИК						
сфера	0,04–0,16	0,86–1,13	0,85–0,96	0,04–0,08	0,84–2,30	0,97–0,99
тор	0,09–0,53	0,68–0,94	0,82–0,95	0,04–0,07	2,52–5,56	0,96–0,99
НК						
сфера	0,23–0,47	0,77–0,88	0,71–0,87	0,05–0,07	2,97–4,62	0,91–0,97
тор	0,33–0,89	0,67–0,78	0,74–0,81	0,04–0,07	4,78–7,34	0,87–0,95

По группам материалов получены следующие результаты аппроксимирования.

ИК с пропиткой основы:

$\varepsilon_m = 0{,}088\ P^{0{,}983}$ ($D_\alpha = 0{,}0008$; $D_\beta = 0{,}0047$) – *на сфере;*

$\varepsilon_m = 0{,}287 \cdot P^{0{,}791}$ ($D_\alpha = 0{,}0101$; $D_\beta = 0{,}0034$) – *на торе;*

$\varepsilon_m = 0{,}054 \cdot P + 1{,}620$ ($D_a = 3{,}36 \cdot 10^{-5}$; $D_b = 0{,}1081$) – *на сфере;*

$\varepsilon_m = 0{,}055 \cdot P + 3{,}709$ ($D_a = 4{,}89 \cdot 10^{-5}$; $D_b = 0{,}5183$) – *на торе.*

ИК без пропитки основы:

$\varepsilon_m = 0{,}090\ P^{0{,}992}$ ($D_\alpha = 0{,}0004$; $D_\beta = 0{,}0032$) – *на сфере;*

Витебский государственный технологический университет

$\varepsilon_m = 0{,}342\ P^{0{,}760}$ ($D_\alpha = 0{,}0172$; $D_\beta = 0{,}0037$) – *на торе;*
$\varepsilon_m = 0{,}062 \cdot P + 1{,}413$ ($D_a = 6{,}48 \cdot 10^{-5}$; $D_b = 0{,}0968$) – *на сфере;*
$\varepsilon_m = 0{,}056 \cdot P + 3{,}483$ ($D_a = 3{,}73 \cdot 10^{-5}$; $D_b = 0{,}3364$) – *на торе.*

Для ИК с любой основой:

$\varepsilon_m = 0{,}091 \cdot P^{0{,}976}$ ($D_\alpha = 0{,}0008$; $D_\beta = 0{,}0042$) – *на сфере;*
$\varepsilon_m = 0{,}288\ P^{0{,}789}$ ($D_\alpha = 0{,}0141$; $D_\beta = 0{,}0042$) – *на торе;*
$\varepsilon_m = 0{,}056\ P + 1{,}522$ ($D_a = 6{,}03 \cdot 10^{-5}$; $D_b = 0{,}1087$) – *на сфере;*
$\varepsilon_m = 0{,}055 \cdot P + 3{,}513$ ($D_a = 4{,}88 \cdot 10^{-5}$; $D_b = 0{,}4640$) – *на торе.*

НК:

$\varepsilon_m = 0{,}320\ P^{0{,}819}$ ($D_\alpha = 0{,}0108$; $D_\beta = 0{,}0020$) – *на сфере;*
$\varepsilon_m = 0{,}529\ P^{0{,}725}$ ($D_\alpha = 0{,}0647$; $D_\beta = 0{,}0018$) – *на торе;*
$\varepsilon_m = 0{,}059 \cdot P + 3{,}522$ ($D_a = 0{,}0001$; $D_b = 0{,}6025$) – *на сфере;*
$\varepsilon_m = 0{,}055 \cdot P + 6{,}097$ ($D_a = 0{,}0002$; $D_b = 1{,}0955$) – *на торе.*

Так как коэффициенты аппроксимирующих функций имеют соизмеримые величины при достаточно малых значениях дисперсий, значит, имеется корреляционная связь. Коэффициенты корреляции аппроксимирующих функций имеют следующие значения: $r_\alpha = -0{,}87$; $r_\beta = -0{,}96$; $r_a = 0{,}81$; $r_b = 0{,}76$. Близость коэффициентов корреляции по абсолютной величине к единице указывает на достаточно тесную связь между коэффициентами степенной и линейной функций, аппроксимирующих процесс деформирования ИК сферой и тором. Для степенной функции такая зависимость является взаимно-обратной, т. е. при росте еѐ коэффициентов при формовании материала сферой соответствующие коэффициенты степенной функции при деформировании тором убывают.

Характер кривых для различных материалов практически одинаков (рис. 4.16 и рис. 4.17).

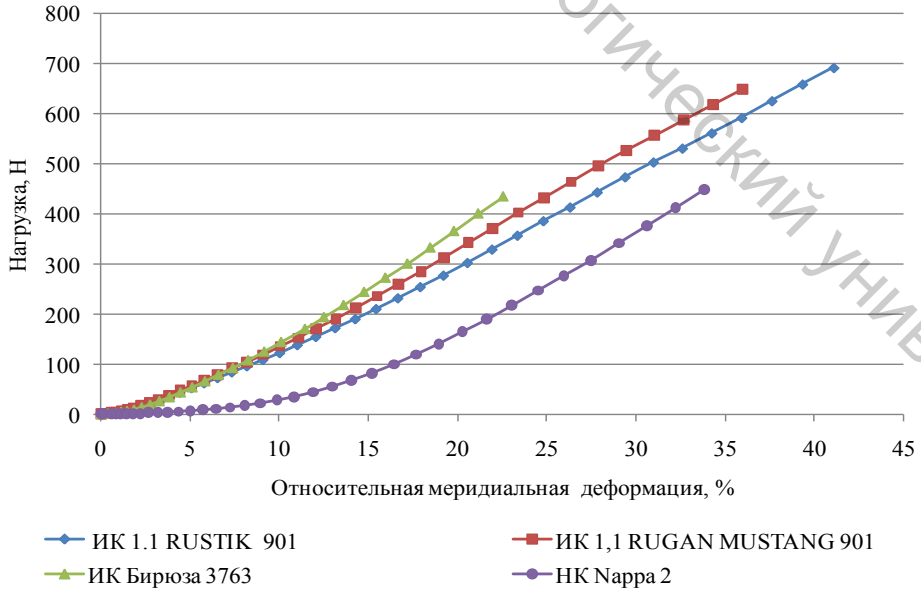


Рисунок 4.16 – Кривые зависимости величины нагрузки от относительной меридиальной деформации при формовании сферой

Витебский государственный технологический университет

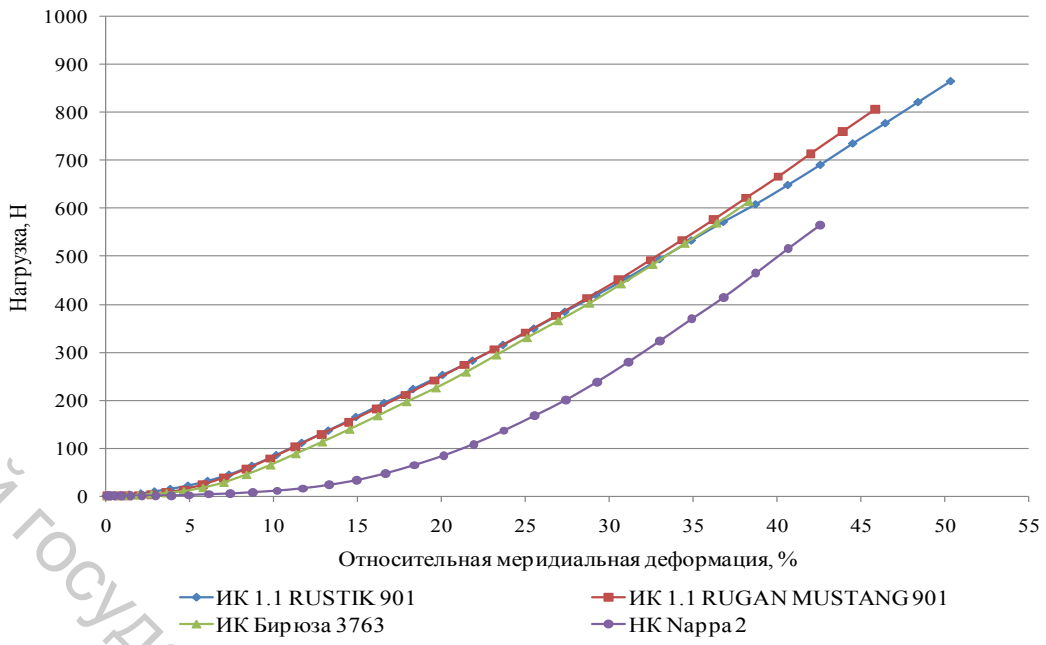


Рисунок 4.17 – Кривые зависимости величины нагрузки от относительной меридиальной деформации при формовании тором

Сравнение результатов деформирования образцов показало, что при формовании материала сферой наблюдается увеличение прилагаемой нагрузки для получения такой же величины относительной меридиальной деформации, что и при продавливании тором. Так для достижения относительной меридиальной деформации на сфере в 15 % необходима нагрузка в 1,3 раза выше, чем для получения той же деформации на торе, т.к. соприкосновения материала с поверхностью сферического пуансона выше, чем при формовании тором, а значит и выше силы трения, которые необходимо преодолеть. При продавливании тором в среднем на 30 % больше значения относительных меридиальных деформаций при деструкции материала, чем при продавливании сферой.

Сравнение полученных значений величин относительной меридиальной деформации при продавливании образцов наконечниками пуансона различных форм показало, что деформирование тором даèт более высокие величины удлинений, чем при продавливании сферой, в среднем в 1,2 (для ИК RUGAN MUSTANG) – 1,9 (для ИК Бирюза 3763) раза. Разрывные нагрузки при продавливании тором соответственно в 1,2–1,7 раза превышают нагрузки при деструкции ИК при формовании на сфере. Так, например, для ИК Бирюза 3763 при нагрузке в 100 Н относительная меридиальная деформация на сфере равна 12 %, а на торе составляет 8 %, что в 1,5 раза ниже. Установлено, что чем выше приложенная нагрузка, тем ниже этот коэффициент, так для указанного материала такое соотношение при нагрузке в 400 Н составляет уже 1,4. ИК, имеющие одинаковую поверхностную плотность, но с пропитанной или

Витебский государственный технологический университет

непропитанной основой, при растяжении сферой ведут себя по-разному. Так имеющие одинаковую поверхностную плотность ρ_S=567 г/м^2 ИК RUSTIK 901 с пропитанной основой имеет более высокое значение относительной меридиальной деформации при деструкции (53 %), чем без пропитки основы ИК Бирюза 3763, Met lack, бордо, Лак обувной/140 (29–41 %), т.е. в 1,3–1,8 раза первые являются более тягучими. Однако данный результат не столь очевиден при продавливании тором (соответственно 68 % и 49–66 %, т.е. в 1,1–1,4 раза более тягучи). Такой же вывод можно сделать относительно нагрузки при деструкции на сфере, которая для ИК RUSTIK 901 составляет 906 Н, а для ИК Бирюза 3763, Met lack, бордо, Лак обувной/140 лежит в диапазоне 454–577 Н (т.е. в 1,6–1,9 раза меньше), а при деструкции на торе соответственно 1178 Н и 660–977 Н (т.е. в 1,2–1,8 раза меньше).

Итак, деформационные характеристики материалов двухосным растяжением можно получать не только при продавливании пуансоном в виде жѐсткой сферы, что рекомендовано ТНПА, но и пуансонами тороидальной формы. Использование тороидальной поверхности для деформирования образцов материалов впервые предложено В. Н. Сухарниковым и А. Н. Жаровым в работе [4.18]. Однако продавливающее устройство (рис. 1.23) в виде стакана с шарикоподшипниками по его периметру предложены авторами для максимального исключения сил трения при деформировании, т. е. не для моделирования процесса формования заготовки верха обуви на поверхности обувной колодки.

Тороидальная поверхность, имеющая два параметра: радиус образующей тор окружности и расстояние до оси еѐ вращения, имеет преимущество перед сферической поверхностью, которая имеет только один параметр формующей поверхности (радиус сферы). Известно, что при формовании верха обуви наибольшие деформации возникают в носочной части заготовки, которая хорошо моделируется поверхностью полусферы [4.19]. Соотношение же между двумя параметрами тороидальной поверхности продавливающего пуансона позволяет более точно моделировать процесс деформирования материала другими частями обувной колодки, а наличие плоской части поверхности деформированного образца – проще рассчитывать значения деформаций и усилий, возникающих в материалах, и которые должны учитываться при проектировании заготовок и параметров процесса формования.

При анализе результатов исследований деформационных свойств материалов, полученных одноосным растяжением и двухосным деформированием на сфере и торе, выявлены следующие закономерности.

При двухосном растяжении ИК имеют более высокие разрывные нагрузки, чем при одноосном растяжении. Так при выдавливании сферой такое увеличение составляет от 140 % (Бирюза 3763) до 304 % (RUGAN MUSTANG 901), а при продавливании тором соответственно

Витебский государственный технологический университет

от 223 % для ИК Лак обувной (238 % для ИК Бирюза 3763) и до 429 % для ИК ETNA 901 (369 % для ИК RUGAN MUSTANG 901).

Итак, при продавливании сферой образцы ИК в среднем имеют нагрузки при деструкции в 2,2 раза, а при продавливании тором в 2,9 раза большее, чем разрывная нагрузка при одноосном растяжении.

Исследованные для сравнения НК при двухосном деформировании на сфере выдерживают нагрузки при деструкции в среднем в 2,4, а на торе в 2,9 раза выше, чем при одноосном растяжении.

Более информативным является показатель сравнения относительных разрывных удлинений. При продавливании образцов ИК сферой увеличение относительной меридиальной деформации при деструкции по сравнению с разрывным относительным удлинением при одноосном растяжении составляет от 104 % (RUGAN SELCUK 001) до 228 % (Лак обувной/140), что значительно ниже, чем при продавливании тором, когда такое превышение составляет от 154 % (RUGAN SELCUK 001) до 356 % (Лак обувной/140).

Итак, при продавливании сферой образцы ИК в среднем имеют меридиальную деформацию при деструкции в 1,5 раза, а при продавливании тором в 1,2 раза большее, чем наименьшее разрывное относительное удлинение при одноосном растяжении.

Для сравнения, исследованные НК при двухосном деформировании на сфере имеют меридиальную деформацию при деструкции в среднем в 0,9 ниже, а на торе в 1,2 раза выше, чем наименьшее значение разрывных относительных удлинений при одноосном растяжении по ГОСТ 17316-71, т.е. их значения практически совпадают [4.20].

Сравнение увеличений относительных меридиальных деформаций образцов ИК и НК производилось по отношению к наименьшим из значений разрывных относительных удлинений либо вдоль основы, либо поперѐк основы ИК или хребтовой линии НК, однако в любом из направлений такое увеличение имеет место почти для всех образцов материалов. Так, если наименьшее относительное удлинение при разрыве одноосным растяжением в 18 % наблюдалось у ИК Лак обувной/140 вдоль еѐ основы, то при выдавливании данного материала сферой и тором относительная меридиальная деформация при деструкции соответственно равны 41 % и 64 %. Наибольшее относительное удлинение при разрыве одноосным растяжением в 43 % у ИК BORNOVA 901, а при деформировании сферой и тором эти значения составляют соответственно 54 % и 72 %.

Проведѐнный сравнительный анализ кривых зависимостей «относительная деформация – нагрузка», полученных как при одноосном растяжении в направлении минимального разрывного удлинения, так и при двухосном деформировании сферой и тором, показал также идентич-

Витебский государственный технологический университет

ность их характеров, что иллюстрирует рисунок 4.18 на примере ИК Бирюза 3763.

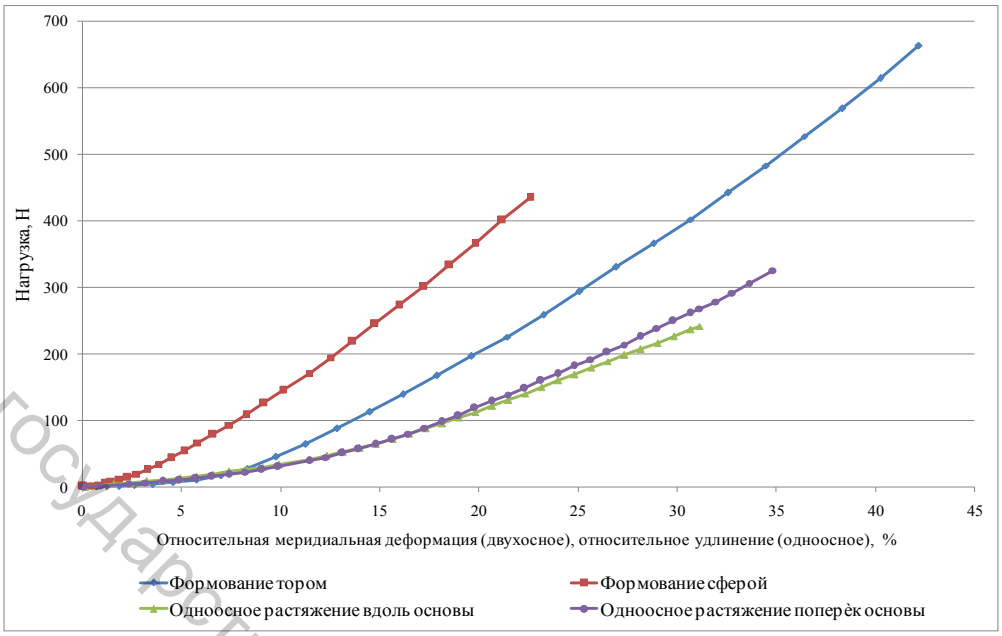


Рисунок 4.18 – Кривые зависимости «деформация – нагрузка» при двухосном и одноосном растяжениях для ИК «Бирюза 3763»

Между наименьшим относительным разрывным удлинением ИК при одноосном растяжении и соответствующими величинами относительной меридиальной деформации при деструкции двухосным растяжении на сфере и торе установлена линейная корреляционная связь. На рисунке 4.19 изображены точечные графики такой зависимости для ИК и прямые линии регрессии.

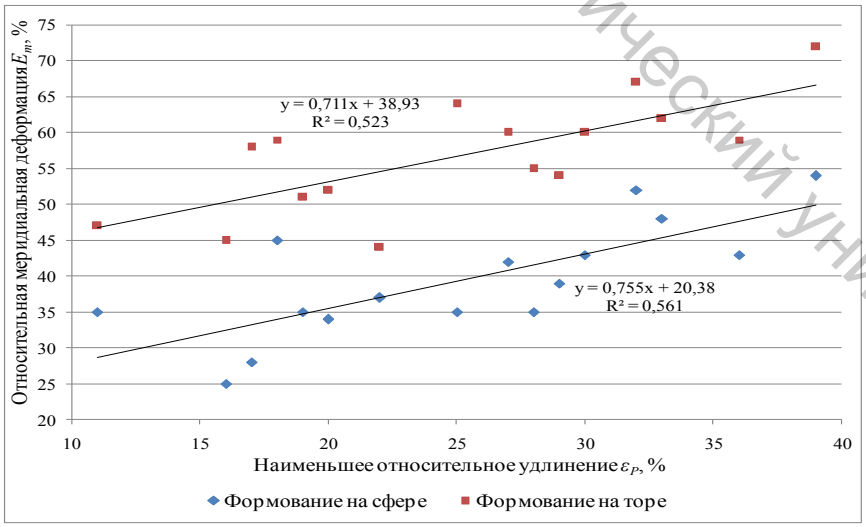


Рисунок 4.19 – Зависимости между разрывными удлинениями при одноосном растяжении и относительной меридиальной деформацией при деструкции ИК двухосным растяжением и прямые регрессии

Витебский государственный технологический университет

Прямые, аппроксимирующие указанные зависимости, являются практически параллельными с коэффициентами наклонов 0,71 и 0,76 соответственно. Прямая регрессии, полученная при продавливании образцов тором, находится по оси ординат на 19 % выше, чем прямая регрессии, полученная при продавливании образцов ИК сферой. Значения коэффициентов корреляции представлены в таблицах 4.7−4.10.

Таблица 4.7 – Корреляционная таблица разрывных удлинений ИК при одноосном и двухосном растяжении

№ образца	ИК	Основа	Наименьшее $\varepsilon_р$, %, при одноосном растяжении	Среднее $\varepsilon_{m\ сф\ ср}$, % деструкции на сфере	Коэффициент корреляции	Средняя $\varepsilon_{m\ тр\ ср}$, %, при деструкции на торе	Коэффициент корреляции
1	VECTRA 901	Нетканая	19	34	0,86	52	0,88
4	ASTRA 521		25	35		64	
3	ASTRA 001		27	42		60	
5	POLO 901		30	41		62	
2	VECTRA 901		33	55		69	
7	JAWA 008	Тканая с пропиткой	11	35	0,77	48	0,76
16	ETNA 001		16	21		51	
11	RUGAN 208		19	35		52	
8	JAWA 330		20	36		44	
6	JAWA 001		22	37		44	
13	RUGAN SELCUK		28	35		55	
19	ETNA 901						
9	FOCA 330		29	39		54	
12	RUGAN 901						
18	ETNA 317						
14	RUGAN MUSTANG		30	44		58	
17	ETNA 304						
21	RUSTIK 901		32	53		68	
10	RUGAN 001		33	41		53	
15	RUGAN YILDIZ		36	43		59	
20	BORNOVA 901		39	54		72	
24	RUGAN 409	Тканая без пропитки	16	28	0,88	40	0,75
25	RUGAN 514		17	28		52	
26	Бирюза 3763						
28	Met lack, т-синий						
22	RUGAN 107		18	42		58	
29	Лак обувной/140, белый						
30	Лак обувной/140, голубой						
27	Met lack, бордо		20	33		59	

Витебский государственный технологический университет

Таблица 4.8 – Корреляционная таблица разрывных нагрузок ИК при одноосном и двухосном растяжении

№ образца	ИК	Характер основы	Нагрузка при разрыве одноосным растяжением $P_р$, Н	Нагрузка при деструкции на сфере $P_{d\,сф}$, Н	Коэффициент корреляции	Нагрузка при деструкции на торе $P_{d\,тр}$, Н	Коэффициент корреляции
1	VECTRA 901	Нетканая без пропитки	169	515	0,81	837	0,77
4	ASTRA 521		219	744		1102	
3	ASTRA 001		258	1024		1353	
5	POLO 901		281	754		1082	
2	VECTRA 901		292	1049		1276	
7	JAWA 008	Тканая с пропиткой	189	507	0,73	838	0,72
8	JAWA 330		201	609		923	
16	ETNA 001		206	359		753	
18	ETNA 317		245	703		1052	
9	FOCA 330		278	652		874	
14	RUGAN MUSTANG 901		283	859		1044	
17	ETNA 304		298	688		882	
12	RUGAN 901		303	741		901	
13	RUGAN SELCUK 001		314	367		806	
11	RUGAN 208		316	630		1029	
6	JAWA 001		327	745		913	
15	RUGAN YILDIZ 901		330	841		887	
21	RUSTIK 901		356	906		1178	
10	RUGAN 001		400	798		1056	
19	ETNA 901		414	976		1167	
20	BORNOVA 901		447	1003		1321	
24	RUGAN 409	Тканая без пропитки	206	390	0,73	669	0,76
25	RUGAN 514		219	366		703	
27	Met lack, бордо		293	546		711	
29	Лак обувной /140, белый		296	454		660	
30	Лак обувной /140, голубой		296	471		660	
28	Met lack, т-синий		298	507		718	
22	RUGAN 107		323	761		946	
23	RUGAN 224		368	739		1106	
26	Бирюза 3763		411	577		974	

Полученные модели проверены на пригодность с помощью критерия Фишера [4.21, С. 150]. Проверка показала адекватность полученных моделей с 95%-й достоверностью.

Витебский государственный технологический университет

Таблица 4.9 – Корреляционная таблица разрывных удлинений при одноосном и двухосном растяжении НК

№ образца	НК	Среднее удлинение при разрыве одноосным растяжением $\varepsilon_р$, %	Меридиальная деформация при деструкции на сфере $\varepsilon_{m\ сф.}$, %	Коэффициент корреляции	Меридиальная деформация при деструкции на торе $\varepsilon_{m\ тор}$, %	Коэффициент корреляции
31	Napra 2	42	41	0,54	56	0,40
32	Napra 3	51	43		62	
33	Русская кожа	48	48		51	

Таблица 4.10 – Корреляционная таблица разрывных нагрузок при одноосном и двухосном деформировании НК

№ образца	НК	Разрывная нагрузка $P_р$, Н	Нагрузка при деструкции на сфере $P_{d\ сф.}$, Н	Коэффициент корреляции	Нагрузка при деструкции на торе $P_{d\ тор}$, Н	Коэффициент корреляции
31	Napra 2	221	599	0,98	759	0,63
32	Napra 3	324	786		1033	
33	Русская кожа	442	888		942	

Для НК трѐх артикулов корреляционная зависимость выше как раз для разрывных нагрузок.

С учѐтом того, что процесс деформирования материалов при формовании сферической и тороидальной поверхностями имеет одинаковый характер и с учѐтом существования корреляционной связи между получаемыми деформационными характеристиками, рекомендуется проводить исследования материалов не только пуансонами сферической, но тороидальной формы. Поверхность тороидальной формы имеет явное преимущество перед сферической поверхностью, т. к. имеет два линейных параметра D и r (рис. 4.5). Выбор определѐнного соотношения между этими параметрами позволяет моделировать различные части раздвижной обувной колодки при оценке показателей качества формовочных свойств материалов, а наличие участка плоской поверхности продавливаемого тором образца − более точно снимать значения величин деформирования. Установленная корреляция между деформационными показателями, получаемыми одноосным и двухосным растяжением ИК, в том числе и при деформировании тором, позволяет рекомендовать дополнить ими ТНПА.

Витебский государственный технологический университет

4.4 Оценка формовочных свойств искусственных кож для заготовок верха обуви

Всестороннее исследование свойств материалов до изготовления из них заготовки верха обуви является одним из важнейших этапов в научно-обоснованном выборе материалов для изделия, позволяющем изготовить высококачественную обувь с необходимыми свойствами.

В процессе формования верха обуви, а затем и при еѐ эксплуатации, материалы заготовки подвергаются сложному комплексу различных воздействий, таких как растяжение, сжатие, изгиб. Для оценки качества материалов и их технологическую пригодность к формованию используют наиболее просто реализуемое одноосное растяжение, так как механические свойства материалов для верха обуви чаще всего определяются именно при таком виде нагружения.

Как отмечалось в главе 1, в настоящее время всѐ большее применение при исследовании реологических свойств материалов находит двухосное растяжение, так как при формовании заготовок верха обуви раздвижными колодками материалы подвергаются именно двухосному растяжению с различной степенью двухосности. Как отмечалось ранее, в настоящее время всѐ более широкое применение получают приборы, устройства и методы, позволяющие сообщать плоским образцам в форме диска продавливающие усилия пуансонами сферической формы. Двухосное растяжение образцов материалов на поверхности жѐсткой сферы, которая может быть выполнена из любого материала, лучше имитирует процесс формования, чем одноосное деформирование, и поэтому используется в исследованиях достаточно часто. Так, например, продавливание шариком применяется при изучении свойств материалов по ГОСТ 29078-91 и по методу определения формоустойчивости с использованием прибора ПОИК. Однако, как отмечалось ранее, продавливание материалов шариками небольших размеров (r = 5; 10 мм) не соответствует реальному процессу формования, а значит, не может быть использовано для определения способности материалов формоваться. С целью создания условий деформирования материалов, наиболее приближенных к процессу формования заготовки обуви на колодке, созданы устройства и разработаны методы испытаний, основанные на сообщении образцам именно двухосного растяжения, в том числе и пуансонами большего радиуса, выполненными из материала колодки.

Какие из показателей, получаемых двухосным растяжением, являются наиболее информативными и могут быть взяты для оценки способности материалов к формованию?

Проведѐнный в главе 1 анализ работ, посвящѐнных общим вопросам деформирования НК сферической поверхностью, а также работ по

Витебский государственный технологический университет

формоустойчивости [4.22–4.29] показал, что пространственное формование протекает за счѐт выпрямления структурных элементов кожи с растяжением их по мере увеличения деформации. При одноосном растяжении деформация идѐт за счѐт ориентации структурных элементов в направлении приложения силы, а при сферическом формовании пластичность материала растѐт с увеличением вытяжки до определѐнных пределов, связанных преимущественно с распрямлением структурных элементов. Затем пластичность снижается, и вытяжка происходит преимущественно за счѐт растяжения структурных элементов. Так, при меридиальной вытяжке воздушно-сухой кожи на 5%-я остаточная деформация составляет 0,8 % (степень пластичности 16 %), а при 10 % − уже 2,4 % (степень пластичности 24 %). В пределах общей деформации 10–15 % степень пластичности около 25 % увеличивается до 37 % при деформации в 21 %, а затем снижается до 29 % при растяжении, близком к разрушающему. Установлено, что выпрямление элементов грубой структуры заканчиваются при меридиальной деформации в пределах до 20 %. В работах исследован механизм формования кож двухосным растяжением, характер связи между деформациями и напряжениями материалов для верха обуви, соотношения элементов деформации. Предлагается остаточную деформацию считывать через 35 мин после снятия нагружения, так как дальнейшая редеформация составляет величины, которыми можно пренебречь. При двухмерном растяжении кож с постоянной скоростью общая деформация в 58 % состоит из 11,2 % упругой, 23,8 % высокоэластической и 23,0 % остаточной. При исследовании соотношения упругих и пластических деформаций НК установлено, что деформация большинства материалов, пригодных к формованию, содержит 40 % остаточной и 60 % упругой (в том числе высокопластической) деформации. Таких же показателей следует придерживаться и для ИК, как заменителей НК.

В большинстве исследований показатели упругопластических свойств определяются после однократной деформации образцов, а значит, они являются характеристикой статической деформации. При этом величина деформации определяется или через изменение линейных величин (линейная деформация), или через изменение площадей (плоская деформация) и определялась при помощи приборов и приспособлений, основанных на одноосном и двухосном деформировании образцов материалов. Методики отличались лишь параметрами испытаний [4.30]. Так, например, в ЦНИИКПе разработана методика оценки формоустойчивости обувных материалов и их систем, базирующаяся на определении отношения остаточной деформации образцов к их общей деформации при двухосном растяжении.

С учѐтом сложного характера деформации верха обуви, как в процессе изготовления, так и в процессе носки, двухосное растяжение явля-

Витебский государственный технологический университет

ется доминирующим, и целесообразно использовать именно двухосное растяжение для оценки формовочных свойств материалов верха обуви.

Для получения такой оценки предлагается использовать следующие показатели.

1. Коэффициент формоустойчивости $K_{Ф}$:

$$K_{Ф} = \frac{\varepsilon_{ост.}}{\varepsilon_{общ.}}, \tag{4.21}$$

где $\varepsilon_{ост.}$ – относительное остаточное удлинение материала при формовании (%), $\varepsilon_{общ.}$ – относительное общее удлинение материала при формовании (%).

2. Коэффициент соотношения остаточной и упругой деформации $K_{Д}$:

$$K_{Д} = \frac{\varepsilon_{ост.}}{\varepsilon_{упр.}}, \tag{4.22}$$

где $\varepsilon_{ост.}$ – относительная остаточная деформация (%); $\varepsilon_{упр.}$ – относительная упругая деформация (%);

3. Коэффициент сохранения прочности при максимальной деформации заготовки в процессе формования $K_{П}$:

$$K_{П} = \frac{P_i}{P_р}, \tag{4.23}$$

где P_i – прочность материала после его предварительного двухосного деформирования на определѐнную величину (Н); $P_р$ – прочность контрольного образца, не подверженного предварительному деформированию (Н).

Предложенные коэффициенты позволяют просто и эффективно оценить на входном контроле способность материалов при деформировании принимать и сохранять заданную форму без потери прочности. Их определение не требует специального оборудования и может быть реализовано путем проведения испытаний на разрывных машинах любого типа с использованием разработанных устройств и методик. Указанные коэффициенты являются характеристиками следующих свойств материалов:

− коэффициент формоустойчивости ($K_{Ф}$) является оценкой способности материала сохранять приданную пространственную форму, а после выбора оптимальных режимов формования заготовки определяет дальнейшую формоустойчивость верха обуви;

Витебский государственный технологический университет

− коэффициент соотношения остаточной и упругой деформации ($K_Д$) определяет способность материала деформироваться наилучшим образом при определенном способе формования;

− коэффициент сохранения прочности при максимальной деформации заготовки в процессе формования ($K_П$) оценивает изменение прочностных свойств материала после формования.

По значениям коэффициентов $K_Ф$, $K_Д$ и $K_П$ предлагается рассчитывать единичные оценочные показатели формовочных свойств материалов K_5, K_6 и K_7 как при одноосном растяжении, т.е. следующим образом:

$$K_5 = K_Ф; \tag{4.24}$$

$$_6 = \frac{0{,}67 - |K_Д - 0{,}67|}{0{,}67}; \tag{4.25}$$

$$K_7 = K_П. \tag{4.26}$$

Значения комплексного оценочного показателя формовочных свойств рассчитывается, как среднее геометрическое трѐх указанных единичных оценочных показателей формовочных свойств:

$$K_к = \sqrt[3]{K_5 \cdot K_6 \cdot K_7}. \tag{4.27}$$

Оценка формовочных свойств материалов производится как при одноосном растяжении по величине $K_К$: 0,00–0,20 – очень плохо; 0,20–0,37 − плохо; 0,37–0,63 – удовлетворительно; 0,63–0,80 – хорошо и 0,80–1,00 – очень хорошо.

Так как при производстве обуви внутреннего способа формования максимальное значение деформации верха обуви происходит в районе еѐ носочно-пучковой части и составляет около 15 %, поэтому двухосным растяжением значения коэффициентов $K_Ф$, $K_Д$ и $K_П$ определяются при 15%-й относительной меридиальной деформации. Для определения степени пригодности ИК к формованию внутренним способом примем следующее:

− коэффициент формоустойчивости должен быть как можно наиболее отличным от нуля и составлять не менее 0,75 при оптимальных режимах формования заготовки верха;

− коэффициент соотношения остаточной и упругой деформации должен быть приближѐнно равен 0,67, а значит, остаточная деформация составляет 6 %, а упругая – 9 %;

− коэффициент сохранения прочности при максимальной деформации заготовки в процессе формования принимается оптимальным, если его значение не менее 0,7.

Витебский государственный технологический университет

Указанные коэффициенты определялись с помощью разработанного приспособления к разрывной машине для испытания материалов верха обуви двухосным растяжением (рис. 4.6–4.8).

Для проведения испытаний из каждого вида материалов было отобрано по 5 образцов диаметром 60 мм. Все образцы испытывались с применением наконечника сферической формы (r = 10 мм), т.к. наиболее распространѐнными устройствами, предназначенными для исследования релаксации, формоустойчивости и формуемости материалов в лабораторных и производственных условиях являются устройства, использующие пуансоны сферической формы. При проведении испытаний расчѐт высоты подъѐма пуансона для достижения 15%-й деформации по меридиану осуществлялся с помощью MS Excel по полученной формуле (4.14). В течение 60 минут, что в среднем соответствует времени нахождения заготовки на колодке, кассета с образцом выдерживалась в напряжѐнном состоянии в устройстве, а затем отсоединялась от устройства, наступал период «отдыха», в течение которого происходят усадочные процессы.

Для определения коэффициентов $K_{Ф}$ и $K_{Д}$ по изменению высоты отформованных образцов в виде полусферы определялись составляющие полной деформации в 15 %, т.е. значения относительной остаточной и относительной упругой деформаций:

$$\varepsilon_{ост.} = \frac{h_{ост.}}{h_{общ.}} \cdot 15\ \%, \tag{4.28}$$

$$\varepsilon_{упр.} = \frac{h_{общ.} - h_{ост.}}{h_{общ.}} \cdot 15\ \%, \tag{4.29}$$

где $h_{ост.}$ – высота образца через 24 часа «отдыха», мм; $h_{общ.}$ − максимальная высота образца, находящегося на пуансоне в момент окончания деформирования, мм.

Замеры высоты отформованного образца с точностью до 0,01 мм производились через 24 часа после снятия нагрузки, когда в основном завершаются релаксационные процессы. Среднее значение вычислялось по результатам пяти испытаний, при этом погрешность не превышала 1,5 % при доверительной вероятности 95 %. Для определения коэффициента $K_{П}$ по формуле (4.23) после замеров $h_{ост}$ кассета с образцом вставлялась в устройство и производился разрыв отформованного образца с фиксацией нагрузки P_i. Полученные результаты для некоторых образцов ИК приведены в таблицах 4.11–4.13.

Затем рассчитывались единичные оценочные показатели K_6, K_7 и K_8 и по ним комплексный оценочный показатель $K_К$ (табл. 4.14).

Витебский государственный технологический университет

Таблица 4.11 – Вспомогательная таблица для расчѐта составляющих деформации образцов ИК

ИК	Основа	Толщина δ, мм	Высота формования образца $h_{общ.}$, мм	Высота образца после формования на 15 % h_i, мм	Высота образца через 24 часа «отдыха» $h_{ост.}$, мм
JAWA 001	с пропиткой	1,10	9,60	5,76	4,37
FOCA 330		1,16	9,66	6,12	4,45
RUGAN 001		1,08	9,58	6,15	4,57
RUGAN 901		1,15	9,65	5,54	3,98
ETNA 304		1,22	9,72	6,14	4,06
ETNA 317		1,12	9,63	6,17	4,00
ETNA 901		1,32	9,82	6,20	2,20
BORNOVA 901		1,29	9,79	6,45	4,59
RUSTIK 901		1,14	9,64	6,11	4,10
RUGAN MUSTANG		1,10	9,60	6,52	4,34
RUGAN SELCUK		0,90	9,40	5,30	3,88
RUGAN 224	без пропитки	1,18	9,68	5,51	4,31
Бирюза 3763		1,15	9,65	6,56	4,51
Лак обувной/140		1,06	9,56	6,55	4,37
Met lack, бордо		1,05	9,55	6,93	5,54

Таблица 4.12 – Значения коэффициентов $K_Ф$ и $K_Д$

ИК	Основа	Остаточная деформация $\varepsilon_{ост.}$, %	Упругая деформация $\varepsilon_{упр.}$, %	$K_Ф$	$K_Д$
JAWA 001	с пропиткой	6,8	8,2	0,45	0,83
FOCA 330		6,9	8,1	0,46	0,85
RUGAN 001		7,2	7,8	0,48	0,91
RUGAN 901		6,2	8,8	0,41	0,70
ETNA 304		6,3	8,7	0,42	0,72
ETNA 317		6,2	8,9	0,41	0,70
ETNA 901		3,4	11,6	0,23	0,29
BORNOVA 901		7,0	8,0	0,47	0,88
RUSTIK 901		6,4	8,6	0,43	0,74
RUGAN MUSTANG		6,8	8,2	0,45	0,83
RUGAN SELCUK		6,2	8,8	0,41	0,70
RUGAN 224	без пропитки	6,7	8,3	0,45	0,80
Бирюза 3763		7,0	8,0	0,47	0,88
Лак обувной/140, бел.		6,9	8,1	0,46	0,84
Met lack, бордо		7,1	7,9	0,47	0,25

Витебский государственный технологический университет

Таблица 4.13 – Значение коэффициента сохранения прочности $K_П$

ИК	Прочность контрольного образца $P_Р$, Н	Прочность P_i после предварительного деформирования на 15 %, Н	Коэффициент сохранения прочности $K_П$
JAWA 001	745	675	0,91
FOCA 330	652	714	1,09
RUGAN 001	798	890	1,12
RUGAN 901	741	792	1,04
RUGAN SELCUK	597	650	1,04
RUGAN MUSTANG	859	675	0,79
ETNA 304	688	665	0,97
ETNA 317	703	690	0,98
ETNA 901	976	920	0,94
BORNOVA 901	1003	1155	1,15
RUSTIK 901	906	770	0,85
RUGAN 224	739	831	1,12
Бирюза 3763	577	480	0,83
Лак обувной/140	454	381	0,84
Met lack, бордо	546	447	0,82

Таблица 4.14 – Значения единичных оценочных показателей и комплексного оценочного показателя формовочных свойств ИК

ИК	Основа	K_5	K_6	K_7	$K_К$
JAWA 001	с пропиткой	0,45	0,76	0,91	0,68
FOCA 330		0,46	0,73	1,09	0,72
RUGAN 001		0,48	0,64	1,12	0,70
RUGAN 901		0,41	0,93	1,04	0,73
RUGAN SELCUK		0,42	0,80	1,04	0,70
RUGAN MUSTANG		0,41	0,95	0,79	0,68
ETNA 304		0,23	0,43	0,97	0,46
ETNA 317		0,47	0,95	0,98	0,76
ETNA 901		0,43	0,68	0,94	0,65
BORNOVA 901		0,45	0,90	1,15	0,78
RUSTIK 901		0,41	0,77	0,85	0,65
RUGAN 224	без пропитки	0,45	0,95	1,12	0,78
Бирюза 3763		0,47	0,69	0,83	0,65
Лак обувной/140, бел.		0,46	0,74	0,84	0,66
Met lack, бордо		0,47	0,37	0,82	0,52

Так как значения комплексного оценочного показателя формовочных свойств $K_К$ расположены в диапазоне от 0,65 до 0,78 (рис. 4.20), поэтому большинство исследованных ИК относятся к «хорошим» для формования верха обуви внутренним способом. ИК ETNA 304 и Met

Витебский государственный технологический университет

lack следует использовать для деталей заготовки с преобладанием одноосного растяжения [4.31].

Сравним с результатами, полученными одноосным растяжением (табл. 4.15, рис. 4.20 и рис. 4.21).

Рисунок 4.20 − Диаграмма значений комплексного оценочного показателя формовочных свойств ИК

Таблица 4.15 − Комплексный оценочный показатель $K_К$ при различных видах деформирования ИК

Номер образца	ИК	Основа	Деформирование	
			одноосное	двухосное
1	JAWA 001	с пропит-кой	0,49	0,68
2	FOCA 330		0,53	0,72
3	RUGAN 001		0,67	0,7
4	RUGAN 901		0,53	0,73
5	RUGAN SELCUK	без пропитки	0,57	0,7
6	RUGAN MUSTANG		0,58	0,68
7	ETNA 304		0,61	0,46
8	ETNA 317		0,55	0,76
9	ETNA 901		0,56	0,65
10	BORNOVA 901		0,57	0,78
11	RUSTIK 901		0,57	0,65
12	RUGAN 224		0,57	0,78
13	Бирюза 3763		0,54	0,65
14	Лак обувной/140, бел.		0,42	0,66
15	Met lack, бордо		0,56	0,52

Витебский государственный технологический университет

Рисунок 4.21 – Сравнительные диаграммы значений комплексного оценочного показателя $K_К$ деформационных и формовочных свойств ИК

Значения комплексного показателя качества формовочных свойств, полученного двухосным деформированием на сфере в 1,04–1,39 раз выше, чем при одноосном растяжении, за исключением для ETNA 304 (0,75) и Met lack, бордо (0,93).

Отсутствие высокой корреляционной связи между комплексными коэффициентами оценки формовочных свойств ИК при одноосном и двухосном растяжении следует учитывать при оценке пригодности ИК к формованию внутренним способом, т.к. заготовка верха обуви при формовании подвергается различным видам растяжения. Поэтому рекомендуется проводить исследования одноосным или двухосным растяжением для различных деталей верха [4.32].

Выбор вида испытаний (одноосное или двухосное) зависит от конструкции заготовки верха, технологии производства обуви, применяемого оборудования и оснастки, и относится к вопросам технологии обувного производства, поэтому нами не рассматривался. Тем не менее предпочтение следует отдавать двухосному растяжению как наиболее соответствующему реальному процессу формования верха обуви.

Исследования, проведѐнные с помощью разработанного специального приспособления к разрывной машине, образцов ИК выявили наличие достаточно высокой корреляционной связи между получаемыми деформационными характеристиками материалов пуансонами сферической и тороидальной формы. Общий коэффициент корреляции по значению относительных разрывных деформаций для ИК с пропиткой

Витебский государственный технологический университет

основы составляет 0,70, а по величинам разрывных нагрузок равен 0,84. В среднем на 40 % значения величин относительных меридиальных деформаций при деструкции материала на торе выше, чем при продавливании сферой. При деформировании тором также наблюдаются более высокие значения разрывных удлинений и нагрузок, чем при продавливании сферой, в среднем в 1,3 раза.

Наличие корреляционной связи между получаемыми деформационными характеристиками материалов при продавливании пуансонами в виде сферы и тора позволяет рекомендовать обувным предприятиям проводить лабораторные исследования деформационных свойств материалов двухосным растяжением с помощью пуансонов тороидальной формы. Преимущество такой несложной в изготовлении продавливающей поверхности перед сферической заключается в наличии двух варьируемых параметров, соотношение между которыми лучше моделирует различные части раздвижной обувной колодки.

Сравнительный анализ экспериментальных кривых «Относительная деформация – нагрузка» при одноосном растяжении в направлении минимального разрывного удлинения и при двухосном деформировании сферой и тором показал их идентичность.

Установлена корреляционная связь между деформационными показателями, получаемыми одноосным и двухосным растяжением ИК. Значения общих коэффициентов корреляции по всем видам ИК между относительными разрывными удлинениями при одноосном растяжении и значениями относительных меридиальных деформаций на сфере и на торе равны для ИТ с пропиткой тканой основы соответственно 0,77 и 0,86, а по разрывным нагрузкам − 0,61 и 0,69 соответственно.

Установлено, что для оценки способности материалов к формованию двухосным растяжением достаточно определить следующие показатели: коэффициент формоустойчивости ($K_Ф$); коэффициент соотношения остаточной и упругой деформации ($K_Д$); коэффициент сохранения прочности при максимальной деформации заготовки в процессе формования ($K_П$). Указанные коэффициенты следует находить при 15 % относительной меридиальной деформации при двухосном растяжении. При этом коэффициенты $K_Ф$ и $K_Д$ являются оценкой способности материала сохранять приданную форму, а после выбора оптимальных режимов формования заготовки определяют дальнейшую формоустойчивость верха обуви, а также оценивают способность материала деформироваться наилучшим образом при определенном способе формования, а коэффициент $K_П$ позволяет оценить степень изменения прочностных свойств материалов после формования.

Определены области номинальных значений указанных показателей для внутреннего способа формования и на их основе рекомендована методика расчѐта соответствующих одиночных оценочных показателей

Витебский государственный технологический университет

формовочных свойств, определение которых не требует специального оборудования, и могут быть получены с использованием разработанных методов исследования путѐм проведения испытаний на разрывных машинах любого типа.

Разработана и рекомендована к применению методика оценки качества материалов двухосным растяжением, которая позволяет на стадии конструкторско-технологической подготовки производства производить научно-обоснованный выбор материалов и не только ИК с максимальным значением комплексного оценочного показателя формовочных свойств (при $K_К \geq 0{,}37$). Разработанная методика даѐт возможность оценить технологическую пригодность материалов к использованию в заготовках верха обуви внутреннего способа формования для обеспечения необходимого уровня качества формования. Так как по шкале желательности значения комплексного оценочного показателя $K_К$ при двухосном растяжении расположены в диапазоне от 0,63 до 0,80 или близки к 0,63, то большинство исследованных ИК следует отнести к «хорошим» для внутреннего способа формования.

Витебский государственный технологический университет

Список использованных источников к 4 главе

4.1 Дмитриев, А. П. Деформация обувных материалов на полусфере / А. П. Дмитриев, О. А. Буркина, М. В. Семашко // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2008. – Вып. 14. – С. 14–20.

4.2 Растенис, И. К. Релаксация напряжений при пространственном растяжении текстильных материалов / И. К. Растенис, М. М. Гутаускас // Известия высш. учеб. завед. Технология лѐгкой пром-ти. – 1972. – Т. 4. – С. 106–108.

4.3 Дмитриев, А. П. Оценка формовочных свойств обувных материалов / А. П. Дмитриев, О. А. Буркина // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы междунар. науч.-технич. конф. молод. ученых, Могилѐв, 20–21 ноября 2008 г. / М-во образования Респ. Беларусь, М-во образования и науки Рос. Федерации, Федеральное агентство по образованию, Белорус.-Рос. ун-т; редкол.: И. С. Сазонов [и др.]. – Могилѐв. – С. 148.

4.4 Борозна, В. Д. Определение величин деформации обувных материалов при формовании поверхностями тел вращения / В. Д. Борозна, А. П. Дмитриев // Теоретические знания – в практические дела : Сборник научных статей XIII Международной научно-инновационной конференции аспирантов, студентов и молодых учѐных с элементами научной школы «Теоретические знания – в практические дела» (16–21 апреля 2012 года). В 2 ч. Ч. 2. – Омск: Филиал ФГБГОУ ВПО «МГУТУ имени К.Г. Разумовского» в г. Омске, 2012. – С. 181−183.

4.5 Материаловедение: учебник / В. А. Струк [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2008. – 519 с.

4.6 Дмитриев, А. П. Определение оптимального радиуса образца листового материала, формуемого растяжением на поверхности полушара / А. П. Дмитриев, М. В. Семашко, О. А. Буркина // Потреб. кооперация. – 2009. – № 1(24). – С. 68–72.

4.7 Дмитриев, А. П. Формование листового материала поверхностью с двумя радиусами кривизны / А. П. Дмитриев // Материалы докладов 44-й науч.-технич. конф. преподавателей и студентов ун-та / УО «ВГТУ»; редкол.: В. В. Пятов [и др.]. – Витебск, 2011. – С. 212−214.

4.8 Дмитриев, А. П. Математическое описание деформации материалов для верха обуви при двухосном растяжении / А. П. Дмитриев // Тезисы докладов XLII науч.-технич. конф. преподавателей и студентов ун-та / УО «ВГТУ»; гл. ред. В. В. Пятов. – Витебск, 2009. – С. 38–39.

4.9 Дмитриев, А. П. Методика определения деформационных свойств листовых материалов / А. П. Дмитриев, Е. В. Краснякова // Сб. материалов докладов XLII науч.-технич. конф. преподавателей и сту-

Витебский государственный технологический университет

дентов ун-та / УО «ВГТУ»; редкол.: В. В. Пятов [и др.]. – Витебск, 2009 – С. 200–202.

4.10 Дмитриев, А. П. Изменение прочности искусственных кож при их предварительном деформировании / А. П. Дмитриев, В. Д. Борозна // 53 Международная научная конференция «Актуальные проблемы прочности», 2–5 октября 2012 года, Витебск, Беларусь. Ч.1 / УО «ВГТУ». − Витебск, 2012. – С. 87−89.

4.11 Дмитриев, А. П. Исследование формовочных свойств материалов при двухосном растяжении / А. П. Дмитриев, В. Д. Борозна // Качество товаров: теория и практика: материалы докладов Международной научно-практической конференции, Витебск, Беларусь, 15–16 ноябрь, 2012 г. / УО «ВГТУ». − Витебск, 2012. – С. 86−87.

4.12 Универсальное устройство к разрывной машине для испытания на растяжение образца материала верха обуви: пат. на изобретение 20437 Респ. Беларусь, МПК G01N33/44 / А. Н. Буркин, О. А. Петрова-Буркина, В. Д. Борозна, А. П. Дмитриев, Ю. М. Кукушкина, В. А. Окуневич; заявитель Витебск. гос. технол. ун-т.– № a20130072; заявл. 21.01.2013; опубл. 08.06.2016 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр. інтэлектуал. уласнасці. – 2016.– № 5(112). – С. 117.

4.13 Продавливающий элемент преимущественно для контроля качества материалов и соединений верха обуви: пат. на полезную модель 4478 Респ. Беларусь, МПК G 01N 3/00 / А. Н. Буркин, А. П. Дмитриев, Н. В. Комлева, М. В. Семашко; заявитель Витебск. гос. технол. ун-т. № u 20070787; заявл. 11.12. 2007; опубл. 30.06.2008 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр. інтэлектуал. уласнасці. – 2008. – № 3(62). – С. 212−213.

4.14 Дмитриев, А. П. Деформационные свойства систем материалов для верха обуви / А. П. Дмитриев // Новое в технике и технологии текстильной и лѐгкой промышленности: материалы международной конференции, Витебск, ноябрь 2011 г. : в 2 ч. / УО «ВГТУ». − Витебск, 2011. – Ч. 2. − С. 48–50.

4.15 Дмитриев, А. П. Исследование деформационных свойств искусственных кож для верха обуви двухосным растяжением / А. П. Дмитриев // Экономический рост Республики Беларусь: глобализация, инновационность, устойчивость: материалы V Междунар. науч.-практ. конф. (Минск, 17–18 мая 2012 г.) : в 2 т. – Минск : БГЭУ, 2012. – Т. 1. – С. 359−360.

4.16 Дмитриев, А. П. Особенности деформационных свойств искусственных материалов для верха обуви / А. П. Дмитриев, А. Н. Буркин // Инновационные и наукоѐмкие технологии в лѐгкой промышленности: сб. тезисов докладов II Междунар. науч.-практ. конф., посвящѐнной 80-летию университета (Москва, 3 июня 2010 г.). – Москва : ИИЦ МГУДТ, 2010. − С. 175−177.

Витебский государственный технологический университет

4.17 Дмитриев, А. П. Исследование анизотропии деформационных свойств современных материалов для верха обуви / А. П. Дмитриев // Техническое регулирование: базовая основа качества товаров и услуг: междунар. сб. науч. трудов / Южно-рос. ун-т экономики и сервиса; редкол.: В. Т. Прохоров [и др.]. – Шахты, 2010. – С. 156−158.

4.18 Сухарников, В. Н. Разработка математической модели процесса формования обувной заготовки / В. Н. Сухарников, А. Н. Жаров // Известия высш. учеб. завед. Технология лѐгкой пром-ти. – 1985. – № 1. – С. 63–66.

4.19 Петропавловский, Д. Г. Анализ параметров моделирования процесса формования обувных материалов при исследовании их деформирования на полусферическом пуансоне / Д. Г. Петропавловский, А. М. Тимаков, С. П. Рыков // Дизайн и технологии, МГУДТ ; редкол.: В. С. Белгородский (гл. ред.) [и др.]. – Москва, 2016. – № 51(93). – С. 62–67.

4.20 Дмитриев, А. П. Сравнительный анализ деформационных свойств искусственных кож на текстильной основе при одноосном и двухосном растяжении / А. П. Дмитриев // Качество товаров: теория и практика: материалы докладов Международной научно-практической конференции, Витебск, Беларусь, 15–16 ноября, 2012 г. / УО «ВГТУ». − Витебск, 2012. – С. 88−90.

4.21 Тихомиров, В. Б. Планирование и анализ эксперимента (при проведении исследований в лѐгкой и текстильной промышленности) / В. Б. Тихомиров ; под ред. Ф. Н. Духовного. – Москва : Легкая индустрия, 1974. – 262 с.

4.22. Смелков, В. К. Материаловедение: учеб. пособие / В. К. Смелков. – Витебск : ВГТУ, 2005. – 300 с.

4.23 NF G 52-003. Кожа и кожматериалы. Определение остаточной деформации кожи путѐм растяжения с постоянной скоростью. – Введ. 1976-07. – Стандарт Франции. – 4 с.

4.24 PN-88/P-22131. Кожа. Определение механических показателей при растяжении. – Взамен PN-70/P-22131. – Стандарт Польши. − 6 с.

4.25 DIN 53835/1-87. Испытание текстиля. Испытание упругости при растяжении основы. – Взамен DIN 53835/1-63; введ. 1987-01. – 24 с.

4.26 Акимова, Е. В. Исследование деформационно-прочностных свойств материалов, определяемых в статическом и динамическом режимах / Е. В. Акимова, Е. Я. Михеева, А. Ю. Зыбин // Сб. тр. ЦНИИКП – Москва : ЦНИИТЭИлегпром, 1979. – С. 37–46.

4.27 Горюшина, Л. А. Исследование свойств материалов и систем материалов для верха обуви при двухосном растяжении / Л. А. Горюшина, Л. С. Беляев, Е. Я. Михеева // Исследования, направленные на

Витебский государственный технологический университет

экономическое исследование ресурсов в обувной промышленности: сб. тр. ЦНИИКП. – Москва : ЦНИИТЭИлегпром, 1983. – С. 66–72.

4.28 Буркин, А. Н. Определение формоустойчивости обуви / А. Н. Буркин, М. В. Шевцова // Материалы юбилейной научно-технической конференции. – Санкт-Петербург : СПГУТД, 2000. − Ч. 1. − С. 125−127.

4.29 Рохлин, В. П. О методе оценки формоустойчивости материалов и систем материалов для верха обуви / В. П. Рохлин, Е. Я. Михеева, Е. В. Акимова // Совершенствование технологии производства обуви: сб. тр. ЦНИИКП. – Москва : ЦНИИлегпром, 1982. – С. 11–18.

4.30 Дмитриев, А. П. Неразрушающие методы контроля качества искусственных кож для верха обуви / А. П. Дмитриев, В. Д. Борозна, А. Н. Буркин // Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов: материалы 5-й Междунар. науч.-техн. конф., Могилѐв, 24–25 сентября 2014 г. / М-во образования Респ. Беларусь, М-во образования и науки Рос. Федерации, Нац. акад. наук Респ. Беларусь, Ин-т прикладной физики НАН Респ. Беларусь, Белорусская ассоциация неразруш. контр. и техн. диагн., УП «Белгазпромдиагностика», Белорус.-Рос. ун-т; редкол.: И. С. Сазонов (гл. ред.) [и др.]. – Могилѐв, 2014. – С. 207–209.

4.31 Борозна, В. Д. Оценка формовочных свойств материалов для заготовок верха обуви / В. Д. Борозна, А. Н. Буркин, А. П. Дмитриев // Věda a technologie: krok do budoucnosti – 2013: materiálu IX mezinárodní vědecko – praktická conference (27.02.2013–05.03.2013). – Díl 23. Ekologie. Zeměpis a geologie. Chemie a chemická technologie. – Praha : Publishing House «Education and Science», 2013. – S. 57–61.

4.32 Дмитриев, А. П. Формовочные свойства искусственных кож для верха обуви / А. П. Дмитриев, В. Д. Борозна, А. Н. Буркин // Сборник научных статей и воспоминаний «Памяти В. А. Фукина посвящается». Часть 1. – Москва: МГУДТ, 2014. – С. 199–208.

Витебский государственный технологический университет

ГЛАВА 5
КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ИСКУССТВЕННЫХ КОЖ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Витебский государственный технологический университет

В нормативной базе Республики Беларусь для оценки технологических свойств обувных ИК используется только один стандарт ГОСТ 17316-71 «Кожа мягкая искусственная. Метод определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве» и нет ни одного стандарта на нормируемые значения показателей. Регламентируемые в этом ТНПА показатели физико-механических свойств недостаточно информативны, так как не позволяют в полной мере оценить способность материалов к сложному технологическому процессу формования верха обуви. Таким образом, есть необходимость в разработке дополнительных легко воспроизводимых и более информативных показателей свойств для оценки способности материалов принимать и сохранять форму, а значит пригодности к формованию заготовок верха обуви различными способами. При этом следует также учитывать наличие и возможности приборной базы обувных предприятий. Необходимо обратить внимание на тот факт, что при разработке новых показателей нужно учитывать то, насколько они удобны и легко воспроизводимы для производства и как их использование повлияет на качество выпускаемой продукции [5.1].

Обувь внутреннего способа формования отличается многообразием конструкций, формами и размерами деталей заготовки, а также применяемыми материалами. Следует также отметить, что объемную заготовку верха мы получаем путем пришивания втачной стельки к заготовкам с различным конструктивным решением заготовки верха: плоским, полуплоским и пространственным. Указанное выше приводит к тому, что при формовании заготовки верха в ней преобладает или одноосная, или двухосная деформация. В заготовках классических мокасин и обуви плоской конструкции преобладает одноосная деформация, а в заготовках верха обуви полуплоской и пространственной конструкций – двухосная деформация. Таким образом, исходя из конструкции заготовок верха, должна быть выбрана методика для оценки технологических свойств материалов. Следует также отметить, что обувь внутреннего способа формования отличается низкой формоустойчивостью и поэтому при оценке свойств материалов это необходимо предвидеть, оценивать и прогнозировать.

Как показывают проведенные исследования технологических свойств ИК по стандартным методикам, анализ полученных результатов не позволяет оценить технологическую пригодность материалов, а так-

же прогнозировать поведение их в процессе носки изделия. Предлагаемые показатели для оценки свойств материалов являются неинформативными и не дают объективную оценку их свойств.

Данная глава посвящена исследованию технологической пригодности обувных ИК по разработанным методикам. Для исследования технологических свойств ИК предлагается определять коэффициент запаса прочности, формоустойчивости и коэффициент сохранения прочности после деформации. Указанные коэффициенты могут быть интерпретированы как критерии оценки технологических свойств материалов, т.к. они позволяют доступным образом и с использованием существующих методов исследования быстро и эффективно определить способность материалов при деформировании принимать и сохранять заданную форму без потери прочности. Определение этих коэффициентов не требует специального оборудования и может быть реализовано путем проведения испытаний на разрывных машинах любого типа.

5.1 Методологический подход к оценке технологической пригодности искусственных кож

В современной литературе по материаловедению в производстве изделий легкой промышленности и товароведению непродовольственных товаров рекомендуется проводить исследование стандартных физико-механических свойств материалов для заготовки верха обуви. Оценка таких свойств ИК проводится по ГОСТ 17316-71 «Кожа искусственная мягкая. Метод определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве», в котором определяются только разрывная нагрузка и удлинение при разрыве. Однако этих показателей недостаточно для анализа технологической пригодности ИК к формованию. Для определения показателей, определяющих степень возможности использования материалов при формовании заготовок верха обуви, проанализированы другие ТНПА: ГОСТ 19196-93 «Ткани обувные. Общие технические условия», ГОСТ 3813-72«Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия. Методы определения разрывных характеристик при растяжении», ГОСТ 939-94 «Кожа для верха обуви. Технические условия», ГОСТ 938.11-69 «Кожа. Метод испытания на растяжение» [5.2–5.5].

На основе анализа указанных ТНПА определен набор показателей физико-механических свойств материалов, получаемых одноосным растяжением, которые следует учитывать при выборе ИК для верха обуви. К таким показателям отнесем следующие: толщина, поверхностная плотность, разрывная нагрузка или прочность, относительное удлинение при разрыве, коэффициент равномерности по прочности и по отно-

Витебский государственный технологический университет

сительному удлинению при разрыве, условная относительная деформация, условный модуль упругости и жесткость. Для наглядности сведем показатели двух стандартов в таблицу 5.1 и добавим показатели из международного стандарта ISO 3376:2011 «Испытания физических свойств и механические испытания. Определение предела прочности на разрыв и относительного удлинения» [5.6].

Таблица 5.1 – Показатели свойств материалов по ТНПА

Показатели качества	ГОСТ 17316-71	ГОСТ 938.11-69	ISO 3376:2011
Разрывная нагрузка (P), Н	+	-	+
Предел прочности при растяжении (ζ), МПа	-	+	-
Относительное удлинение при напряжении 10 МПа, (ε_1),%	-	+	-
Удлинение при заданной нагрузке	-	-	+
Относительное удлинение при разрыве (ε), %	+	+	+
Относительное остаточное удлинение при напряжении 10МПа (ε_o), %	-	+	-
Упругое удлинение при напряжении 10 МПа (ε_y), %	-	+	-
Напряжение при появлении трещин лицевого слоя (σ_m), Па	-	+	-
Удлинение при появлении трещин лицевого слоя (ε_m), %	-	+	-
Коэффициент равномерности	-	+	-
Условный модуль упругости (E), Па	-	+	-
Жесткость (D), Н	-	+	-

Даже поверхностный анализ показателей свидетельствует о том, что сравнивать свойства материалов можно только по одному из них – относительному удлинению при разрыве, но при этом нужно учитывать масштабный фактор, т.е. размеры рабочей части образцов и условия испытаний должны быть одинаковы.

К настоящему времени накоплен опыт применения ИК в обувном производстве, разработаны методы испытаний и показатели оценки свойств материалов. Однако сложность деформирования материалов в процессе изготовления обуви и во время еѐ носки, влияние структуры материалов на их поведение при статических и динамических воздей-

Витебский государственный технологический университет

ствиях, постоянное совершенствование процессов технологии изготовления обуви, определяющих характер и интенсивность воздействия на еѐ детали, исключает возможность однозначного решения вопроса о пригодности материалов на основании одного или нескольких показателей. Регламентируемые в ТНПА показатели физико-механических свойств не позволяют в полной мере оценить способность материалов к сложному технологическому процессу формования верха обуви. Существующий подход к оценке свойств материалов на этапе входного контроля не учитывает конструктивные особенности производимой обуви, способ формования верха обуви, технологические воздействия.

Представленный выше анализ ТНПА для оценки физико-механических свойств показал, что данные стандарты не позволяют оценить пригодность ИК к технологическому процессу, что сказывается на качестве производимой продукции.

В связи с вышесказанным предлагается новый методологический подход к оценке технологических свойств на этапе входного контроля с учетом всех особенностей производства обуви. Сущность данного подхода заключается в последовательном исследовании свойств материалов по разработанным критериям с моделированием воздействий технологических факторов на уже известных средствах измерения, имеющихся в лабораториях предприятий [5.7].

Предлагаемый методологический подход к оценке качества представлен следующими этапами (рис. 5.1):

– определение конструкции и способа формования заготовки верха обуви;

– выбор метода оценки технологических свойств ИК;

– оценка технологических свойств ИК;

– определение технологической пригодности ИК;

– предоставление рекомендаций о применении ИК в производстве обуви.

На этапе входного контроля определяем методику оценки технологических свойств при одноосном и двухосном растяжении в зависимости от типа конструкции заготовки верха обуви. В заготовках плоской конструкции и классических мокасинах преобладает одноосная деформация, а в пространственной и полуплоских конструкциях заготовок верха – двухосная деформация. Исходя из конструкции заготовок верха, выбирается методика оценки технологических свойств материалов.

Комплексный показатель технологической пригодности ($K_т$) ИК определяется следующими показателями:

– коэффициент запаса прочности, $K_{ЗП}$;

– коэффициент формоустойчивости, $K_Ф$;

– коэффициент сохранения прочности после деформации образца, $K_{ПД}$.

Витебский государственный технологический университет

Рисунок 5.1 – Схема оценки свойств ИК на этапе входного контроля

Данные показатели технологической пригодности были выбраны из следующих соображений. При формовании заготовки верха надо иметь запас прочности, поэтому удлинение материала должно быть в 1,5–2 раза больше, чем требуется для ее посадки. Величина запаса прочности материала зависит также от конструкции заготовки. Данный критерий позволяет дать характеристику материала, т. е. выявить, способен ли он выдержать нагрузки, которые прикладываются к нему в процессе формования. Поэтому за минимальное значение деформации материала берем 23 % для производства обуви внутренним способом формования (это значение в 1,5 раза больше, чем максимально возможные нагрузки, возникающие в процессе формования данным способом) и 45 % – при обтяжно-затяжном способе [5.8]. Коэффициент формоустойчивости позволяет на этапе подготовки производства установить способность выбранного материала сохранять приданную форму, причём при выборе рациональных режимов формования она может быть только улучшена. Коэффициент сохранения прочности после деформации образца служит показателем, который оценивает степень изменения прочностных свойств материалов после формования.

ИК, имеющие достаточные технологические свойства, в последующем желательно исследовать при многократном изгибе с моделированием эксплуатационных воздействий (температуры, влажности).

Витебский государственный технологический университет

Если материал попадает в область $0{,}63 \le K_т \le 0{,}80$, то его необходимо использовать в конструкциях заготовок с меньшей деформацией или большим количеством деталей в конструкции заготовки верха обуви. Если материал обладает $K_т > 0{,}80$, то его можно использовать для раскроя ответственных деталей заготовки верха обуви. Если материал попадает в область недостаточного качества ($K_т < 0{,}63$), то его не следует использовать в производстве верха обуви.

Разработанные методики позволяют оценить технологическую пригодность материалов в производстве обуви на этапе входного контроля.

5.2 Разработка методики исследования технологических свойств искусственных кож в производственных условиях

В технологическом процессе производства обуви ответственным участком при ее изготовлении является этап формования заготовки верха на колодке. Для определения способности ИК к формованию необходимо оценить их формовочные свойства. Под формовочными свойствами понимают физико-механические свойства, проявляющиеся в области деформирования материалов при формовании заготовок верха обуви тем или иным способом и позволяющие оценить способность принимать необходимую форму. Другими словами, формовочные свойства материалов определяют их способность приобретать нужную форму путем деформирования при формовании на обувной колодке при заданных ограничениях (без разрушений, без искажений размеров деталей, без складок и т.п.) и заранее определѐнных допущениях (например, насколько допускается искажение размеров деталей заготовок и т.д.) с сохранением приобретѐнной формы при выполнении последующих операций технологического процесса изготовления обуви.

Формовочные свойства заготовок верха обуви определяются деформационными свойствами материалов, из которых они состоят, в диапазоне деформаций, присущих тому или иному виду формования заготовки верха обуви.

Оценка качества материалов для верха обуви методом двухосного растяжения проводилась многими исследователями с использованием различных методов и средств, что подчеркивает важную роль данного метода в процессе контроля качества материалов. В настоящее время существуют отечественные стандарты (ГОСТ 938.16-70, ГОСТ 29078-91) и зарубежные методики (СТБ ISO 17695, ISO 3379), позволяющие проводить оценку деформационных свойств материалов двухосным

Витебский государственный технологический университет

растяжением. Незначительное различие в методиках позволяет гармонизировать данные методы проведения испытания [5.9, 5.10].

Для оценки технологических свойств при одноосном и двухосном растяжении предложены коэффициент формоустойчивости, коэффициент сохранения прочности после деформации и коэффициент запаса прочности. На их основе определяется комплексный показатель технологической пригодности, позволяющий дать адекватную оценку пригодности материала в производстве обуви.

Пробы для испытаний отбирают не ближе 100 мм от края рулона по ГОСТ 17316-71 «Кожа искусственная. Метод определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве». Элементарные пробы вырубаются специальными резаками размерами (160×20) мм с рабочей частью (100х20) мм для испытания на одноосное растяжение. Образцы выкраивают в продольном и поперечном направлении (по основе и утку) так, чтобы один образец не был продолжением другого. Для испытаний выкраивают по два образца в продольном и поперечном направлениях.

При двухосном растяжении элементарные пробы вырубаются резаками диаметром (60±1) мм с рабочей частью (25±1) мм.

Перед проведением испытания образцы ИК кондиционируют. Для этого их выдерживают в лабораторных помещениях, специальных камерах или гигростатах (эксикаторах) не менее 24 ч при относительной влажности воздуха (65±5) % и температуре (20±2) °С до достижения равновесной влажности. Поверхность пробы не должна иметь механических повреждений.

Испытание проводится на разрывной машине со скоростью движения нижнего зажима (100±10) мм/мин. Для исследования технологической пригодности ИК при двухосном растяжении испытание предложено проводить на устройстве, присоединённом к разрывной машине, представленным на рисунке 5.2.

Устройство состоит из верхнего хвостовика 1, связанного с планкой 2 и планкой 10, которые соединены между собой направляющими 12. Планка 14 с помощью двух направляющих 12 соединяется с планкой 10. К планке 14 при помощи резьбового соединения присоединяется нижний хвостовик 15, который закрепляется в разрывной машине. В середине планки 10 имеется ступенчатое отверстие, в которое входит винт 11. В вершину винта 11 ввинчивается пуансон 7. По центру планки 10 имеется ступенчатое посадочное отверстие, в которое установлена зажимная головка 3. Зажимная головка 3 состоит из основания 9, зажимного кольца 5, прижимной гайки 4. В основании 9 находятся два направляющих штифта 7, на которые устанавливается зажимное кольцо 5, которое в свою очередь прижимается к основанию 9 прижимной гайкой 4 [5.11].

Витебский государственный технологический университет

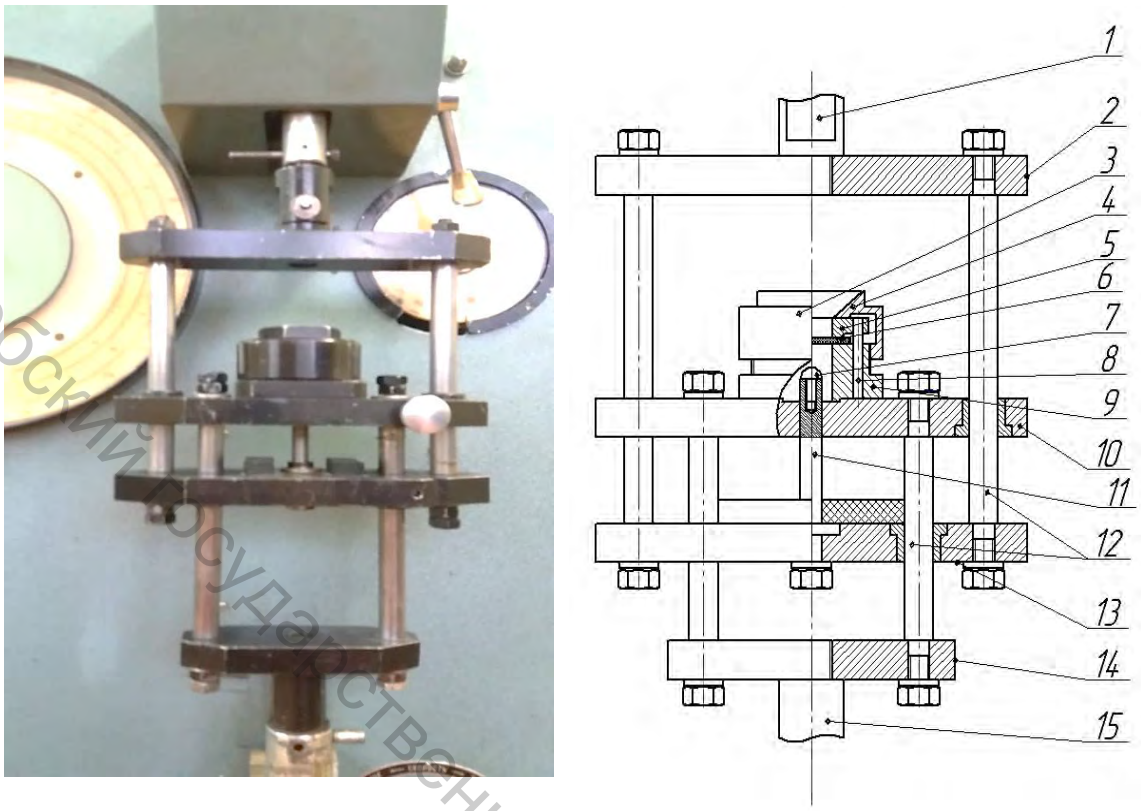


Рисунок 5.2 – Устройство к разрывной машине для оценки свойств материалов верха обуви сферическим растяжением и его схема: 1 – верхний хвостовик; 2, 10, 13, 14 – планка; 3 – зажимная головка; 4 – прижимная гайка; 5 – зажимное кольцо; 6 – тестируемый образец; 7 – пуансон; 8, 12 – направляющая; 9 – основание; 11 – винт; 15 – нижний хвостовик

Перед проведением испытания необходимо проверить, чтобы суммарная масса пластины с кассетой, нижней планки, зажимного устройства и соединительных стоек была равна массе подвижного зажима разрывной машины. Скорость движения нижнего зажима определяется в зависимости от использованных ТНПА.

Перед проведением испытания измеряется толщина образцов в середине пробы с точностью до 0,01 мм по ГОСТ 938.15-70 «Кожа. Метод определения толщины образцов в толщины кож в стандартной точке» [5.13].

При проведении испытаний продавливанием проба тестируемого материала помещается между зажимным кольцом 5 и основанием 9, а затем фиксируется прижимной гайкой 4. До начала испытаний винт 11 с пуансоном 7 должен лишь касаться тестируемого образца 6, не деформируя его. После включения разрывной машины и опускания еѐ нижнего зажима пуансон 7 деформирует образец 6. Нагружение прекращается

Витебский государственный технологический университет

при достижении необходимой величины деформации или разрушении материала. При разрушении пробы нагрузка регистрируется на дисплее пульта оператора или по шкале удлинений разрывной машины [5.14].

Определяются нагрузка и величина перемещения формующего пуансона при появлении дефектов или разрыве материала, непосредственно наблюдая процесс его деформации. После разрушения образца подвижная траверса автоматически или по команде оператора возвращается в исходное положение. Устройство позволяет проводить испытания при использовании сферических пуансонов различных диаметров, представленных на рисунке 5.3, в зависимости от используемых методик (ГОСТ 938.16-70, ГОСТ 29078-91, СТБ ISO 17695, ISO3379), а также на пуансоне в виде тора [5.15].

Рисунок 5.3 – Сменные пуансоны с Ø20; 10; 6,5 и 6,25 мм

Также исследования релаксационных процессов можно проводить на «Универсальном устройстве к разрывной машине для испытания на растяжение образца материала верха обуви» [5.12].

Для оценки технологической пригодности ИК при одноосном и двухосном растяжении рассчитывают коэффициенты формоустойчивости $K_{Ф}$ и запаса прочности $K_{ЗП}$, а также коэффициент сохранения прочности после деформации $K_{ПД}$ по представленным формулам.
При одноосном растяжении:

$$K_{Ф} = \frac{\varepsilon_{ост}}{\varepsilon_{общ}}; \tag{5.1}$$

при двухосном растяжении:

$$K_{Ф} = \frac{h_{ост}}{h_{общ}}; \tag{5.2}$$

Витебский государственный технологический университет

$$K_{\text{ЗП}} \geq 1,5 \cdot \varepsilon_{\text{р}}; \tag{5.3}$$

$$K_{\text{ПД}} = \frac{P}{P_{\text{к}}}. \tag{5.4}$$

где $\varepsilon_{ост}$ – относительное остаточное удлинение материала при формовании (%), $\varepsilon_{\text{общ}}$ – относительное общее удлинение материала при формовании (%), $h_{\text{ост}}$ – высота пробы через сутки после испытания (мм), $h_{\text{общ}}$ – высота пробы после испытания (мм); $\varepsilon_{\text{р}}$ – относительное удлинение при разрыве (%); P – разрывная нагрузка материала после его предварительного двухосного деформирования на определѐнную величину (Н); $P_{\text{к}}$ – разрывная нагрузка контрольного образца, не подверженного предварительному деформированию (Н).

Указанные коэффициенты могут быть интерпретированы как критерии оценки технологических свойств, т. к. они позволяют доступным образом и с использованием существующих методов исследования быстро и эффективно определить способность материалов при деформировании принимать и сохранять заданную форму без потери прочности. Определение этих коэффициентов не требует специального оборудования и может быть реализовано путем проведения испытаний на разрывных машинах любого типа [5.16].

При одноосном растяжении материала коэффициент формоустойчивости и коэффициент запаса прочности определяют следующим образом: второй образец ИК зажимают в разрывной машине и растягивают на 15 %, выдерживают в растянутом состоянии 5 минут, после чего снимают нагрузку, через 30 минут определяют относительное остаточное удлинение и относительное упругое удлинение по формулам (5.5):

$$\begin{aligned} &\varepsilon_{\text{ост}} = \frac{\Delta l}{l} \cdot 100\% \\ &\Delta l = l_0 - l \end{aligned}, \tag{5.5}$$

где Δl – остаточное удлинение, мм; l_o – рабочая длина образца через 30 мин, мм; l – первоначальная рабочая длина, мм.

После определения относительного остаточного удлинения образец доводят до разрыва и определяют разрывную нагрузку, а также коэффициент потери прочности [5.17].

При двухосном растяжении значения указанных коэффициентов определяются с помощью разработанного устройства, присоединѐнного к разрывной машине любого типа. При проведении испытаний расчѐт высоты подъѐма пуансона для достижения 15 % деформации образцов

Витебский государственный технологический университет

по меридиану осуществлялся с помощью электронных таблиц MS Excel по расчѐтной формуле (5.6) в зависимости от толщины материала δ и параметров приспособления к разрывной машине [5.18]

$$E_m = \left(\frac{\pi}{2} - \frac{h}{R} - 2 \cdot arctg\left(1 - \frac{h}{R}\right) \right) \cdot 100\%, \tag{5.6}$$

где E_m – меридиональная деформация, %; h – высота перемещения нижнего зажима разрывной машины при испытании пробы методом выдавливания, мм; R – радиус наконечника пуансона, мм.

В течение 60 минут, что в среднем соответствует времени нахождения заготовки на колодке, кассета с деформированным образцом выдерживалась в напряжѐнном состоянии в устройстве. Затем кассету с закреплѐнным между еѐ зажимными кольцами образцом отсоединяли от устройства, и наступал период «отдыха», в течение которого происходят релаксационные процессы в материале.

Далее замеры высоты проводили через 24 часа после снятия образца с пуансона с помощью электронно-цифрового штангенрейсмуса с точностью до 0,01 мм, так как приблизительно через этот промежуток времени в основном завершаются релаксационные процессы в отформованном материале. После проведѐнных замеров $h_{ост}$ кассету с образцом вновь вставляли в устройство, и доводили до разрыва отформованный образец с фиксацией нагрузки P для определения коэффициента сохранения прочности при 15 % предварительном деформировании ($K_{ПД}$) по формуле (5.4).

Для оценки пригодности ИК к технологическому процессу предложено рассчитывать комплексный показатель $K_т$. Комплексный показатель технологической пригодности рассчитывается по формуле (5.7)

$$K_т = \sqrt[3]{K'_{ЗП} \cdot K_Ф \cdot K_{ПД}}\,. \tag{5.7}$$

Коэффициент $K'_{ЗП}$ может принимать 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 еѐ посадки на колодку. В связи с этим за минимальное значение деформации материала берется 23 % для производства обуви внутренним способом формования и 45 % для производства обуви обтяжно-затяжным способом. В связи с этим коэффициент $K'_{ЗП}$ принимает значение, равное 1, если $K_{ЗП} \geq 23$ % (для обуви внутреннего способа формования) или если $K_{ЗП} \geq 45$ % (для производства обуви обтяжно-затяжным способом) и $K'_{ЗП} = 0$ в остальных случаях, когда $K_{ЗП}$ меньше указанных значений.

Витебский государственный технологический университет

Для анализа полученных результатов сопоставляем значения комплексного показателя технологической пригодности с безразмерной шкалой оценки: 0,00–0,63 – «плохо»; 0,63–0,80 – «удовлетворительно» и 0,80–1,00 – «хорошо», основываясь на данных, полученных и опубликованных в работах [5.19, 5.20].

Предложенная методика оценки технологических свойств материалов при одноосном и двухосном растяжении позволяет на стадии конструкторско-технологической подготовки к производству обуви выбирать материалы с максимальным значением предлагаемого комплексного коэффициента оценки их технологических свойств и прогнозировать качество изготовляемой продукции.

Методика оценки технологических свойств ИК при двухосном растяжении позволяет проводить испытания по всем четырѐм методикам (ГОСТ 936.16-70, ГОСТ 29078-91, СТБ ISO 17695, ISO3379). Она также дает возможность найти меридиональную деформацию образца и определять указанные выше коэффициенты, которые позволят оценить способность ИК к формованию тем или иным способом. Подобный подход может быть применѐн и для других материалов, используемых в производстве заготовок верха обуви.

5.3 Комплексная оценка деформационных свойств искусственных кож

Исследование технологических свойств ИК при одноосном и двухосном растяжении проведено по методикам, изложенным в разделе 5.1. Комплексная оценка технологических свойств ИК включает следующие этапы:

1) отбор образцов;

2) подготовка проб и средств измерений для оценки технологических свойств ИК к проведению испытаний;

3) проведение испытаний;

4) определение показателей оценки технологических свойств ИК;

5) определение комплексных показателей технологической пригодности ИК.

Результаты испытаний при одноосном растяжении приведены в таблицах 4.1 и 4.2. Образцы выкраивали в продольном (В) и поперечном (П) направлениях для изучения анизотропии свойств материалов для выбора оптимального направления раскроя [5.21, 5.22].

В таблице 5.2 представлены показатели технологических свойств материалов, используемых для наружных деталей заготовок верха обуви на ОАО «Красный Октябрь».

Витебский государственный технологический университет

Таблица 5.2 – Показатели технологических свойств ИК и НК при одноосном растяжении

Материал	Толщина, мм	Разрывная нагрузка контрольного образца $P_р$, Н		Разрывная нагрузка P_i после предварительной деформации на 15 %, Н		Относительное удлинение при разрыве, $\varepsilon_р$, %		Относительное остаточное удлинение $\varepsilon_{ост}$, %		Коэффициент формоустойчивости $K_ф$		Коэффициент сохранения прочности $K_{ПД}$	
		В	П	В	П	В	П	В	П	В	П	В	П
ИК NUBUK 231	1,4	231	444	294	456	25	32	23	34	0,23	0,34	0,92	1,03
ИК NUBUK-517	1,4	503	334	398	307	35	26	35	40	0,35	0,40	0,79	0,92
ИК NUBUK-605	1,4	372	406	372	364	25	28	30	23	0,30	0,23	1,00	0,90
ИК Met lack, бордо	1,0	279	341	307	365	30	43	27	27	0,27	0,27	1,10	1,07
ИК Met lack, т-синий	1,0	334	254	161	322	47	24	27	27	0,27	0,27	0,48	1,27
Экокожа	1,8	237	329	220	306	40	33	20	27	0,20	0,27	0,93	0,93
Однослойная ИК коричневая, арт. М1042-36	1,6	386	372	440	349	98	137	20	7,0	0,20	0,07	1,14	0,94
Однослойная ИК серая, арт. М1042-26	1,6	414	436	435	420	135	114	20	27	0,20	0,27	1,05	0,96
Двухслойная ИК, арт. Hongxin 11022-16	0,9	235	135	224	141	71	140	20	20	0,20	0,20	0,95	1,03
НК «Nappa»*	1,5	368	318	355	350	72	48	33	20	0,33	0,20	0,96	1,10
НК «Hannol»*	1,5	430	314	326	310	59	70	33	27	0,33	0,27	0,76	0,99
НК «Велюр»*	1,3	512	384	438	360	52	49	33	33	0,33	0,33	0,86	0,94

*Натуральные кожи, используемые в заготовках верха обуви внутреннего способа формования, приводятся для сравнения с ИК.

Исследованные материалы существенно отличаются по своим свойствам: разрывная нагрузка контрольных образцов находится в пределах от 135 Н до 512 Н; разрывная нагрузка после предварительного деформирования варьируется от 161 Н до 440 Н; относительное удлинение при разрыве изменяется от 25 % до 140 %; относительное остаточное удлинение в пределах от 3,5 % до 33 %; коэффициент формоустойчивости очень низкий от 0,20 до 0,40 и коэффициент сохранения прочности изменяется от 0,48 до 1,27.

Для исследованных ИК в результате решения оптимизационной задачи предложены следующие мероприятии: увеличить длительность

Витебский государственный технологический университет

увлажнения заготовки верха обуви (до 3 минут), увеличить температуру воздуха при влажно-тепловой обработке до 90 ºС. Что позволило увеличить коэффициент формоустойчивости материалов и систем материалов. Коэффициент сохранения прочности должен быть не менее 0,90.

Сравнивая полученные значения коэффициентов формоустойчивости и сохранения прочности ИК с НК, можно сделать выводы:

1) значения коэффициента формоустойчивости у ИК близки к значению НК, кроме «Однослойной ИК коричневой, арт. М1042-36», в поперечном направлении, и ИК «NUBUK 517»;

2) значения коэффициента сохранения прочности у ИК близки к значению НК и находятся в тех же пределах, что и у НК, кроме ИК Met lack, т-синий. В продольном направлении у данной кожи значение ниже, чем у НК, а в поперечном направлении – выше.

Графики зависимости нагрузки от относительного удлинения при одноосном растяжении представлены на рисунках 5.3–5.7.

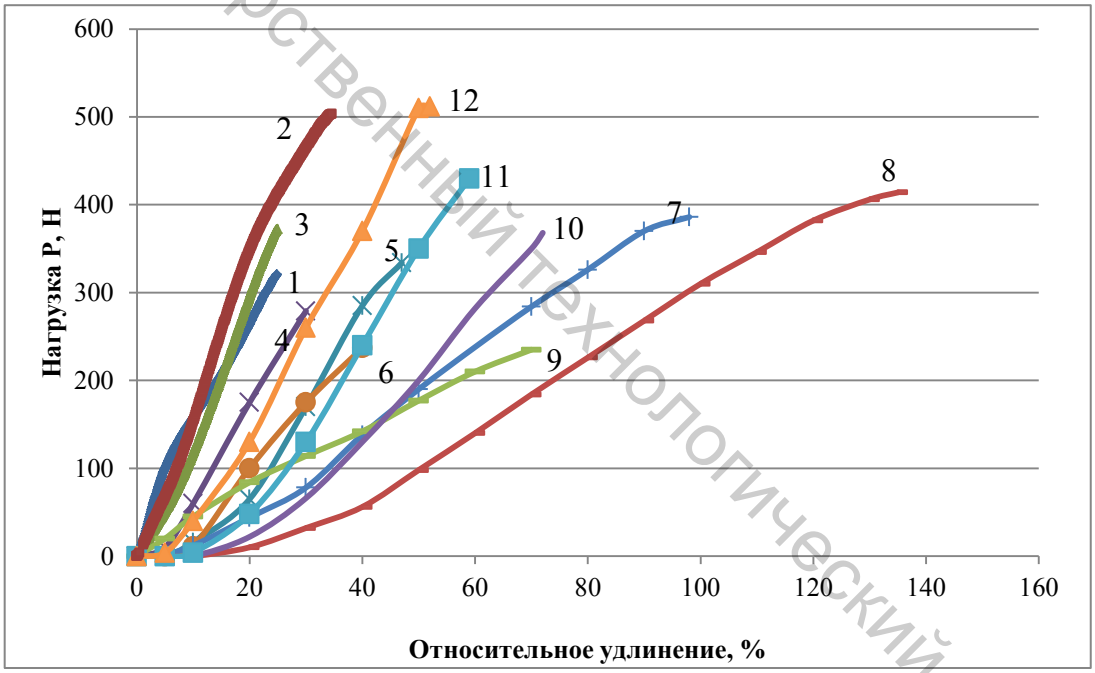


Рисунок 5.3 – Графики зависимости нагрузки от удлинения ИК и НК в продольном направлении при одноосном растяжении (без предварительного деформирования):
1 – ИК «Nubuk 231»; 2 – ИК «Nubuk 517»; 3 – ИК «Nubuk 605»; 4 – ИК «Met lack, бордо»; 5 – ИК «Met lack, т-синий»; 6 – ИК «Экокожа»; 7 – ИК «Однослойная ИК коричневая, арт. М1042-36»; 8 – ИК «Однослойная серая, арт. М1042-26»; 9 – ИК «Двухслойная ИК, арт. Hongxin 11022-16»; 10 – НК «Nappa»; 11 – НК «Hannol»; 12 – НК «Велюр»

Витебский государственный технологический университет

Анализируя полученные графики можно сделать следующее заключение: свойства ИК существенно отличаются от НК. Особенно это характерно для ИК «NUBUK-521», «NUBUK-517», «NUBUK-605», «Однослойная ИК коричневая, арт. М1042-36», «Однослойная ИК серая, арт. М1042-26» и «Двухслойная ИК, арт. Hongxin 11022-16». Из ИК наиболее приближенной к НК по своим свойствам является «Экокожа».

На рисунке 5.4 представлены кривые растяжения этих же самых ИК после предварительного 15%-го растяжения (имитация деформировании при формовании верха обуви). Предварительное деформирование практически не изменило характер деформирования, что свидетельствует о том, что в структуре материалов дефекты не появились. Все указанные материалы не обладают достаточным запасом прочности.

Трудно установить какую-то закономерность деформационной способности материалов от их толщины. Основная причина различий в значениях деформационных свойств ИК кроется в особенностях их макроструктуры (волокна, нити, пропитки, химический состав и т.д.).

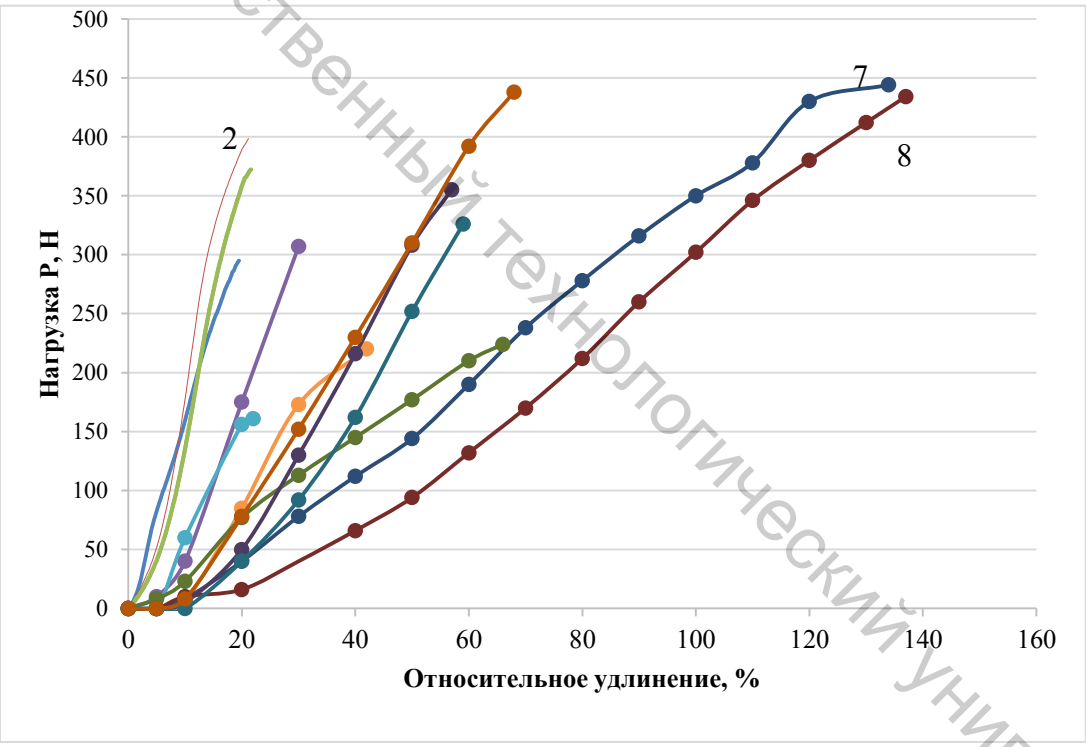


Рисунок 5.4 – Графики зависимости нагрузки от удлинения ИК и НК в продольном направлении при одноосном растяжении (с предварительной 15%-й деформацией):
1 – ИК «Nubuk 231»; 2 – ИК «Nubuk 517»; 3 – ИК «Nubuk 605»; 4 – ИК «Met lack, бордо»; 5 – ИК «Met lack, т-синий»; 6 – ИК «Экокожа»; 7 – ИК «Однослойная ИК коричневая, арт. М1042-36»; 8 – ИК «Однослойная серая, арт. М1042-26»; 9 – ИК «Двухслойная ИК, арт. Hongxin 11022-16»; 10 – НК «Nappa»; 11 – НК «Hannol»; 12 – НК «Велюр»

Витебский государственный технологический университет

В области деформирования до 15 % указанные выше материалы ведут себя также весьма по-разному. Однако при выборе материалов следует отдавать предпочтения тем ИК, которые по своим деформационным характеристикам приближаются к НК или имеют более низкие значения внутренних напряжений при формовании.

Что касается эксплуатационных свойств ИК (рис. 5.4), следует отдавать предпочтения следующим материалам: «Экокожа», «Однослойная ИК коричневая, арт. М1042-36», «Однослойная ИК серая, арт. М1042-26» и «Двухслойная ИК, арт. Hongxin 11022-16», которые будут обладать достаточными свойствами для того, чтобы обеспечить комфортные условия носки изделия. На рисунках 5.5 и 5.6 представлены зависимости нагрузки от удлинения в поперечном направлении.

Анализ графиков 5.5 показывает, что ИК «Экокожа», «Met lack, бордо», «Met lack, т-синий» не рекомендуется выкраивать в поперечном направлении, т.к. в этом направлении они менее тягучие.

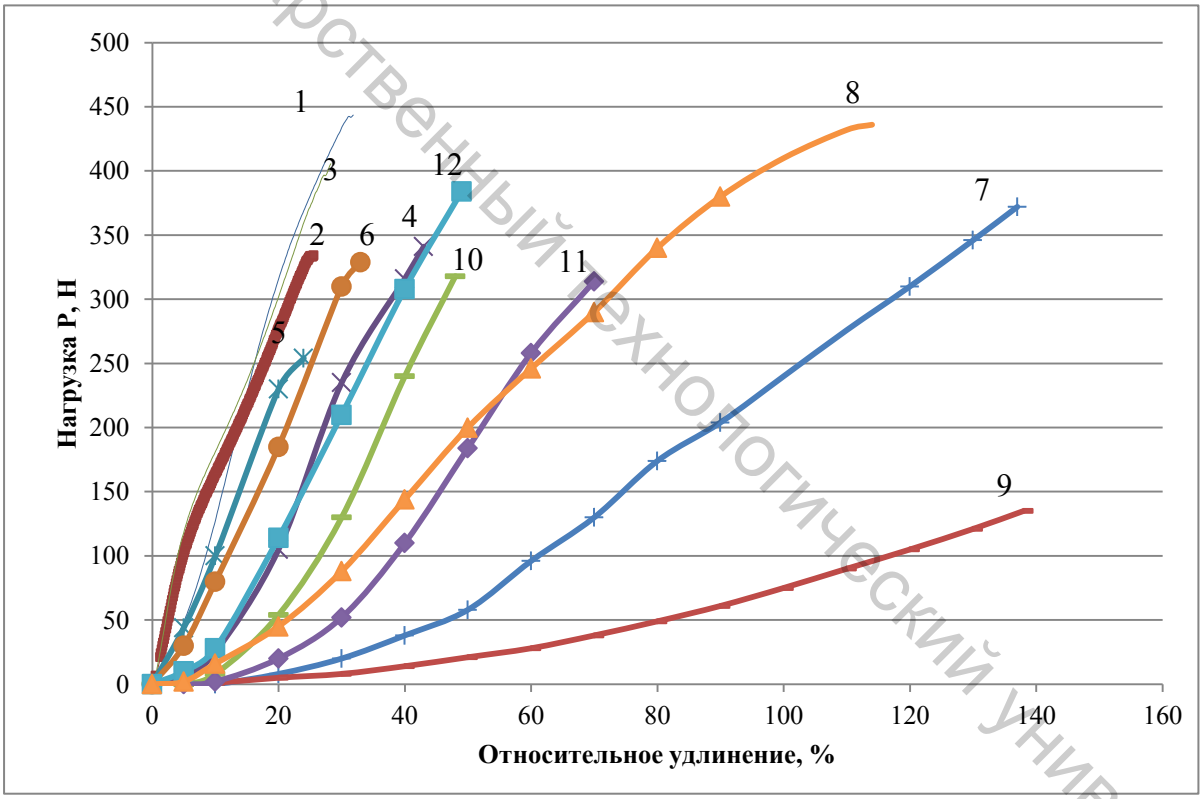


Рисунок 5.5 – Графики зависимости нагрузки от удлинения ИК и НК в поперечном направлении при одноосном растяжении (без предварительной 15%-й деформации):
1 – ИК «Nubuk 231»; 2 – ИК «Nubuk 517»; 3 – ИК «Nubuk 605»; 4 – ИК «Met lack, бордо»; 5 – ИК «Met lack, т-синий»; 6 – ИК «Экокожа»; 7 – ИК «Однослойная ИК коричневая, арт. М1042-36»; 8 – ИК «Однослойная серая, арт. М1042-26»; 9 – ИК «Двухслойная ИК, арт. Hongxin 11022-16»; 10 – НК «Nappa»; 11 – НК «Hannol»; 12 – НК «Велюр»

Витебский государственный технологический университет

На рисунке 5.6 представлены кривые растяжения ИК после предварительного 15%-го растяжения образцов. Анализируя полученные графики, приходим к выводу, что после предварительного растяжения характер деформирования материала практически не изменился, а значит, в структуре материалов не появились дефекты.

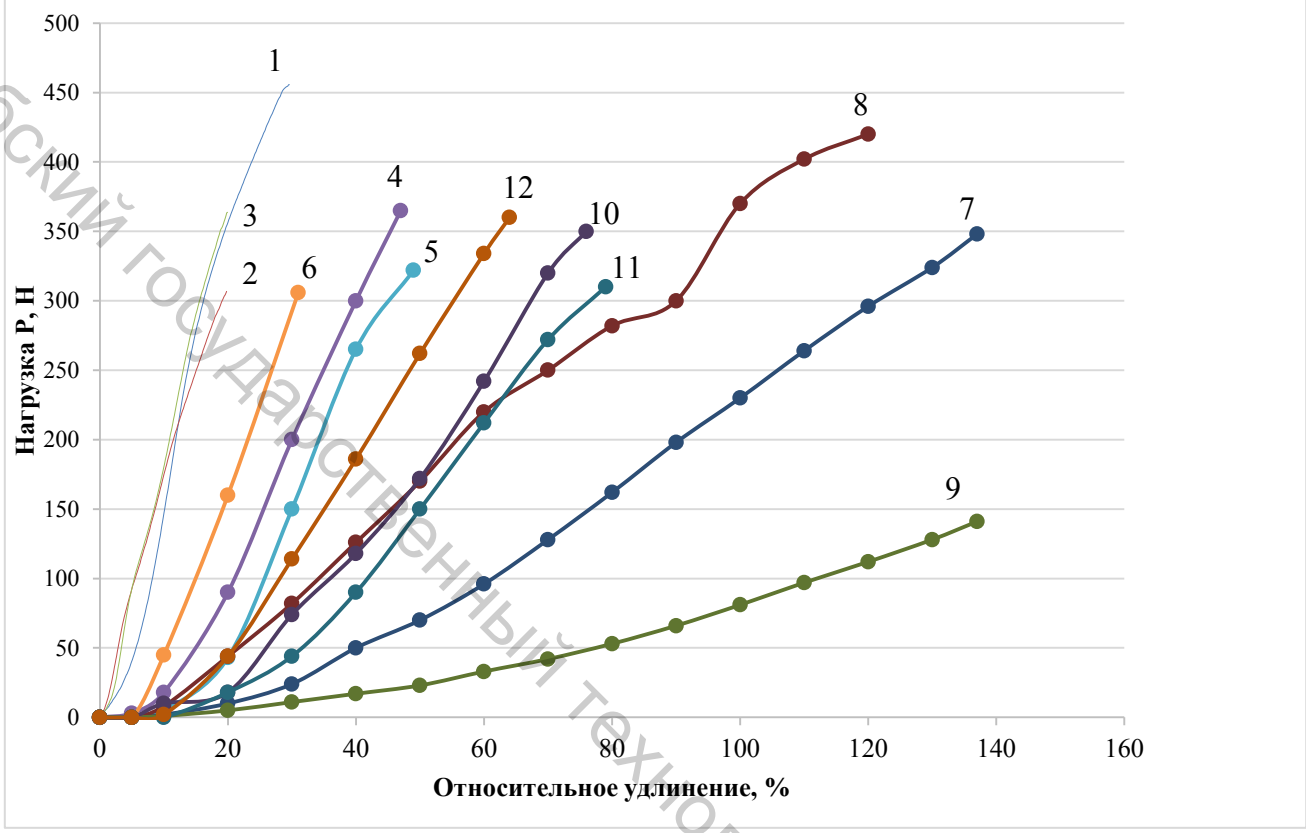


Рисунок 5.6 – Графики зависимости нагрузки от удлинения ИК и НК в поперечном направлении при одноосном растяжении (после предварительной 15%-й деформации):
1 – ИК «Nubuk 231»; 2 – ИК «Nubuk 517»; 3 – ИК «Nubuk 605»; 4 – ИК «Met lack, бордо»; 5 – ИК «Met lack, т-синий»; 6 – ИК «Экокожа»; 7 – ИК «Однослойная ИК коричневая, арт. M1042-36»; 8 – ИК «Однослойная серая, арт. M1042-26»; 9 – ИК «Двухслойная ИК, арт. Hongxin 11022-16»; 10 – НК «Nappa»; 11 – НК «Hannol»; 12 – НК «Велюр»

На основе полученных показателей физико-механических свойств, представленных в таблице 5.2, рассчитаны значения коэффициентов запаса прочности, формоустойчивости и сохранения прочности после предварительного деформирования, а также комплексный показатель технологической пригодности, которые представлены в таблице 5.3 [5.23].

Витебский государственный технологический университет

Таблица 5.3 – Значения коэффициентов $K_{ЗП}$, $K_{Ф}$ и $K_{ПД}$ для определения комплексного показателя $K_{Т}$ оценки технологической пригодности при одноосном растяжении

Материал	$K_{ЗП}$		$K_{Ф}$		$K_{ПД}$		$K_{т}$	
	В	П	В	П	В	П	В	П
NUBUK-231	1	1	0,23	0,34	0,92	1,03	0,60	0,70
NUBUK-517	1	1	0,35	0,40	0,79	0,92	0,65	0,72
NUBUK-605	1	1	0,30	0,23	1,00	0,90	0,67	0,59
Met lack, бордо	1	1	0,27	0,27	1,10	1,07	0,67	0,66
Met lack, т-синий	1	1	0,27	0,27	0,48	1,27	0,51	0,70
Экокожа	1	1	0,20	0,27	0,93	0,93	0,57	0,63
Однослойная ИК корич., арт. M1042-36	1	1	0,20	0,07	1,14	0,94	0,61	0,40
Однослойная ИК серая, арт. M1042-26	1	1	0,20	0,27	1,05	0,96	0,59	0,63
Двухслойная ИК, арт. Hongxin 11022-16	1	1	0,20	0,20	0,95	1,03	0,57	0,59
НК «Nappa»	1	1	0,33	0,20	0,96	1,10	0,68	0,60
НК «Hannol»	1	1	0,33	0,27	0,76	0,99	0,63	0,64
НК «Велюр»	1	1	0,33	0,33	0,86	0,94	0,66	0,68

Значения коэффициентов по безразмерной шкале желательности распределяются следующим образом: 0,00–0,63 – «плохо», 0,63–0,80 – «удовлетворительно», 0,80–1,00 – «хорошо». Анализируя таблицу 5.3, можно сделать вывод о том, что в продольном направлении ИК «NUBUK-231», ИК «Met lack, т-синий», ИК «Экокожа», ИК «Однослойная ИК коричневая, арт. M1042-36», ИК «Однослойная ИК серая, арт. M1042-26», ИК «Двухслойная ИК арт. Hongxin 11022-16» попали в градацию качества «плохо», а в поперечном направлении ИК «NUBUK 605», ИК «Однослойная ИК коричневая, арт. M1042-36», ИК «Двухслойная ИК арт. Hongxin 11022-16» и НК «Nappa» попали в градацию качества «плохо». Данные материалы лучше использовать для неответственных деталей заготовки верха обуви.

Для обобщенной и наглядной оценки уровня качества материалов строят диаграмму сопоставления показателей качества, из которой видно, по какому показателю следует принимать управленческие и технические решения. Из циклограмм («паутина качества») видно, какая площадь занимаемых трехгранников меньше (рис. 5.7 и 5.8) [5.24]. Это свидетельствует о том, что уровень качества и, следовательно, качество изделия по совокупности свойств уступает уровню «идеального» материала для заготовок верха обуви внутреннего способа формования [5.25].

Витебский государственный технологический университет

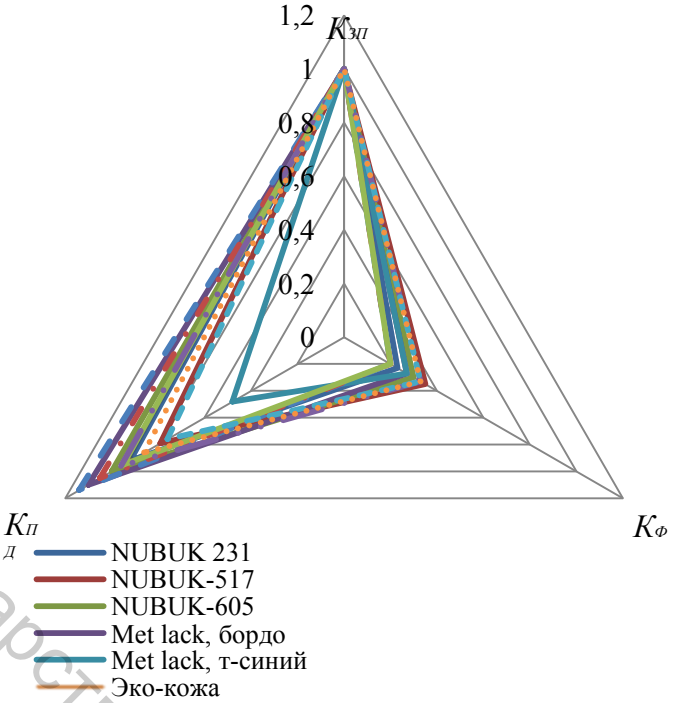


Рисунок 5.7 – Циклограмма технологической пригодности при одноосном растяжении (вдоль)

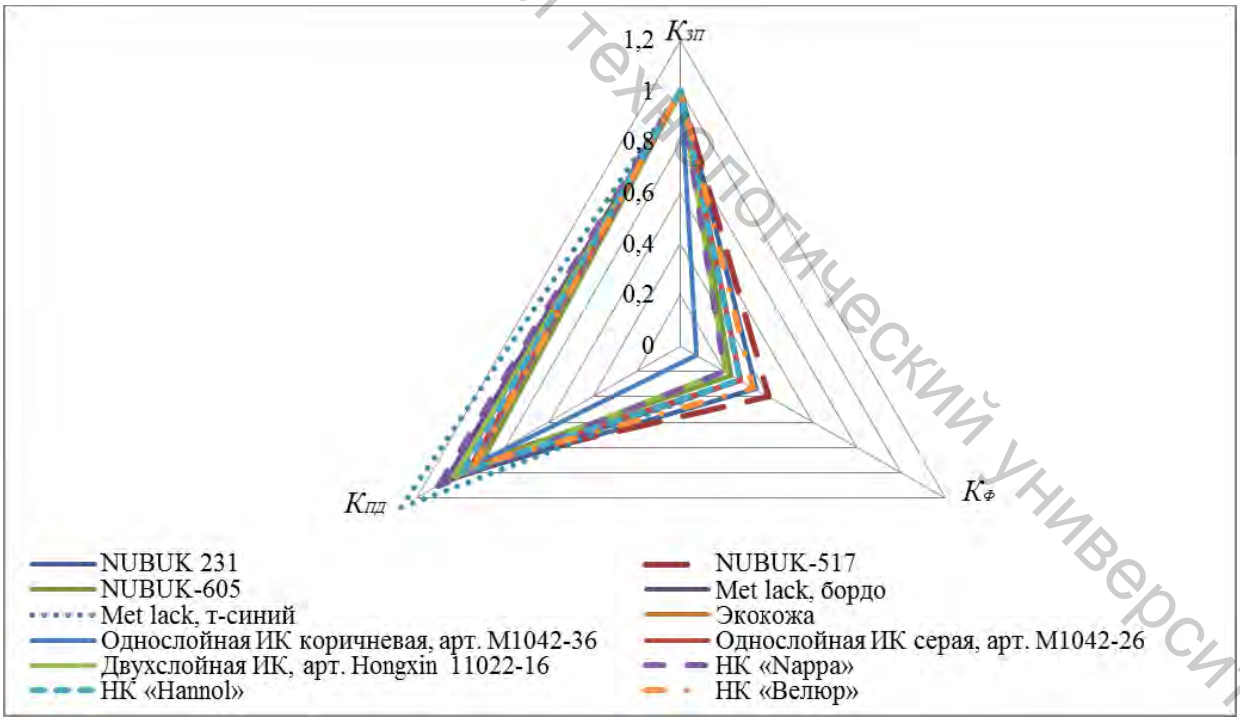


Рисунок 5.8 – Циклограмма технологической пригодности при одноосном растяжении (поперек)

Витебский государственный технологический университет

Анализ полученной циклограммы указывает недостаточный уровень коэффициента формоустойчивости. Который можно повысить моделированием технологического процесса на этапе входного контроля. Результаты исследований технологических свойств материалов при двухосном растяжении представлены таблицах 5.4–5.6.

Таблица 5.4 – Расчет коэффициента формоустойчивости материалов при двухосном растяжении

Материал	Высота отформованного образца $h_{общ}$, мм	Высота образца через 24 часа после формования $h_{ост}$, мм	Остаточная деформация $\varepsilon_{ост}$, %	Упругая деформация $\varepsilon_{упр}$, %	Относительное мериадиальное удлинение при разрыве $\varepsilon_{р}$, %	Коэффициент формоустойчивости $K_{ф}$
ИК NUBUK-231	9,89	6,13	62	38	31	0,62
ИК NUBUK-517	9,88	5,60	57	43	22	0,57
ИК NUBUK-605	9,91	3,11	31	69	29	0,31
ИК Met lack, бордо	6,60	3,20	48	52	84	0,48
ИК Met lack, т-синий	7,19	2,34	35	65	84	0,35
Экокожа	5,52	2,20	40	60	67	0,40
Однослойная ИК коричневая, арт. M1042-36	7,60	4,31	57	43	123	0,57
Однослойная ИК серая, арт. M1042-26	5,98	2,15	36	64	79	0,36
Двухслойная ИК, арт. Hongxin 11022-16	6,87	3,08	45	55	75	0,45
НК «Nappa»	6,16	2,80	45	55	71	0,45
НК «Hannol»	6,36	3,79	60	40	75	0,60
НК «Велюр»	5,75	3,20	56	46	95	0,56

Из всех исследуемых ИК по своим свойствам наиболее близки к НК «NUBUK-231», «NUBUK-517», «Met lack, бордо», «Однослойная ИК коричневая, арт. M1042-36» и «Двухслойная ИК, арт. Hongxin 11022-16». Данный коэффициент можно повысить за счет оптимизации технологического процесса [5.26].

Витебский государственный технологический университет

Таблица 5.5 – Расчет коэффициента сохранения прочности $K_{ПД}$ материалов при двухосном растяжении

Материал	Прочность контрольного образца $P_к$, Н	Прочность P_i после предварительной деформации на 15 %, Н	Коэффициент сохранения прочности $K_{ПД}$.
ИК NUBUK-231	861	844	0,98
ИК NUBUK-517	853	921	1,08
ИК NUBUK-605	959	899	0,94
ИК Met lack, бордо	386	424	1,10
ИК Met lack, т-синий	448	438	0,98
Экокожа	1035	1550	1,50
Однослойная ИК корич., арт. M1042-36	1665	2215	1,33
Однослойная ИК серая, арт. M1042-26	1570	1885	1,20
Двухслойная ИК, арт. Hongxin 11022-16	955	1020	1,07
НК «Nappa»	1445	2085	1,44
НК «Hannol»	1215	1395	1,15
НК «Велюр»	1755	1880	1,07

Таблица 5.6 – Расчет комплексного показателя $K_т$ для оценки технологических свойств ИК и НК при двухосном растяжении

Материал	$K_{ЗП}$	$K_Ф$	$K_{ПД}$	$K_т$
1	2	3	4	5
ИК NUBUK-231	1	0,62	0,98	0,85
ИК NUBUK-517	0	0,57	1,08	0,00
ИК NUBUK-605	1	0,31	0,94	0,66
ИК Metlack, бордо	1	0,48	1,10	0,81
ИК Metlack, т-синий	1	0,35	0,98	0,70
Экокожа	1	0,40	1,50	0,58
Однослойная ИК корич., арт. M1042-36	1	0,57	1,33	0,91
Однослойная ИК серая, арт. M1042-26	1	0,36	1,20	0,76
Двухслойная ИК, арт. Hongxin 11022-16	1	0,45	1,07	0,70
НК «Nappa»	1	0,45	1,44	0,87
НК «Hannol»	1	0,60	1,15	0,88
НК «Велюр»	1	0,56	1,07	0,84

Витебский государственный технологический университет

По рассчитанным коэффициентам согласно безразмерной шкале желательности можно сделать вывод о том, что только ИК «NUBUK-517» и ИК «Экокожа» попадают в градацию качества «плохо», поэтому их не следует использовать в конструкциях заготовок верха с преобладающей двухосной деформацией [5.27, 5.28].

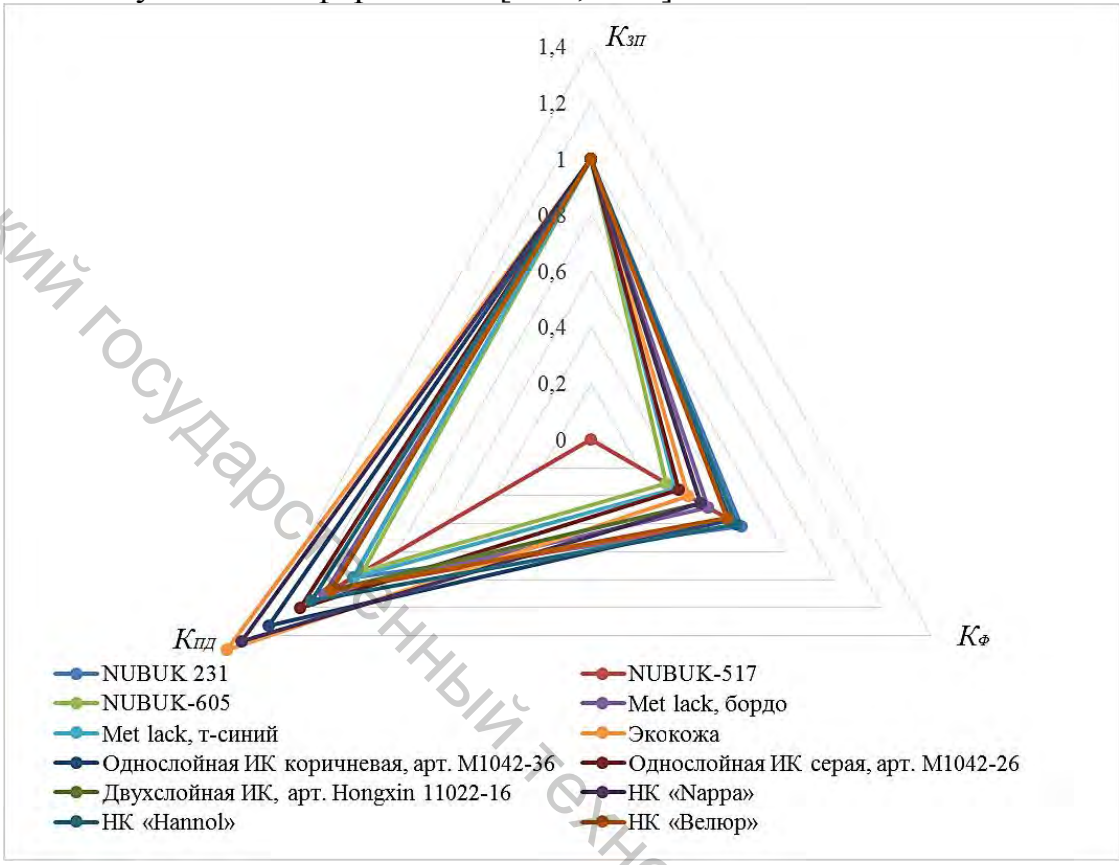


Рисунок 5.9 – Циклограмма технологической пригодности материалов при исследовании двухосным растяжением

На рисунке 5.9 показана циклограмма технологической пригодности при двухосном растяжении, из которой также можно сделать вывод о низком значении коэффициента формоустойчивости, что говорит о недостаточных упругопластических свойствах ИК. Повысить их можно за счет оптимизации технологического процесса.

Анализируя полученные значения комплексного показателя $K_{\text{Т}}$ для исследуемых образцов ИК в продольном направлении при одноосном растяжении, можно сделать следующие выводы:

– трехслойные ИК «NUBUK 231», «NUBUK 517» и «NUBUK 605» попадают в область удовлетворительных технологических свойств;

– трехслойные ИК «Met lack, т-синий» и «Met lack, бордо» попадают в разные в градации качества. ИК «Met lack, бордо» имеет более высокие значения коэффициентов технологической пригодности. Это может быть связано с более высокой степенью проникновения полимерного слоя в текстильную структуру;

Витебский государственный технологический университет

– ИК «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 уточнѐнными режимами формования;

– значения коэффициента технологической пригодности для ИК «Экокожа» и «Двухслойная ИК арт. Hongxin 11022-16» показывают, что эти материалы попадают в градацию качества «неудовлетворительно». Поэтому указанные ИК целесообразно применять на неответственных участках заготовок верха обуви.

Изменения значений комплексного показателя $K_т$ в поперечном и продольном направлениях указывают на анизотропию свойств исследуемых материалов. Целесообразно выкраивать материалы в том направлении, для которого значение комплексного показателя максимально [5.29, 5.30].

Значения комплексного показателя $K_т$ при двухосном растяжении выше по сравнению с одноосным растяжением. Это связано со сложностью структурных изменений при деформировании. Исследованные ИК (кроме «NUBUK 517») можно рекомендовать к использованию в деталях заготовок верха с преобладающей при формовании двухосной деформацией.

Предложен новый методологический подход к оценке технологической пригодности ИК, включающий методики оценки технологических свойств материалов при одноосном и двухосном растяжении, позволяющий показать целесообразность их применения в производстве и прогнозировать свойства ИК и других материалов в обуви.

Разработана и рекомендована к применению методика оценки технологических свойств ИК при одноосном деформировании, позволяющая с учетом конструктивных особенностей производимой обуви, способа формования верха обуви, технологических воздействий на стадии входного контроля на производстве оценить технологическую пригодность материала и обеспечить необходимый уровень качества готовой продукции. Разработанная методика даѐт возможность оценить технологическую пригодность материалов к использованию в заготовках верха обуви внутреннего способа формования с преобладающей одноосной деформацией. По безразмерной шкале желательности при оценке технологической пригодности материалов продольном направлении ИК «NUBUK-231», «Met lack, т-синий», «Экокожа», «Однослойная ИК коричневая, арт. М1042-36», «Однослойная ИК серая, арт. М1042-26», «Двухслойная ИК арт. Hongxin 11022-16» попали в градацию качества «плохо», а в поперечном направлении в градацию качества «плохо» попали ИК «NUBUK 605», «Однослойная ИК коричневая, арт. М1042-36», «Двухслойная ИК арт. Hongxin 11022-16» и НК «Nappa». Указанные ма-

Витебский государственный технологический университет

териалы следует использовать в неответственных деталях заготовки верха обуви.

Разработана и рекомендована к применению методика оценки технологических свойств ИК при двухосном растяжении, позволяющая оценить технологическую пригодность материалов к использованию в заготовках верха обуви внутреннего способа формования с преобладающей двухосной деформацией. В целях еѐ реализации были разработаны и изготовлены два устройства к разрывной машине для оценки технологических свойств материалов при двухосном растяжении, имеющие сменные пуансоны, универсальные зажимы, подходящие к любому типу разрывных машин, позволяющие проводить испытания по зарубежным и отечественным стандартам без дополнительных затрат на закупку нового оборудования. Новизна и промышленная применимость устройств подтверждена патентами Республики Беларусь. Исследования ИК по разработанной методики показали, что полученным значениям комплексного показателя $K_{\text{Т}}$ по шкале желательности расположены в диапазоне от 0,63 до 1,00, то большинство исследованных ИК следует отнести к «удовлетворительным» для внутреннего способа формования, кроме ИК «NUBUK-517» и «Экокожа».

Витебский государственный технологический университет

Список использованных источников к главе 5

5.1 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.

5.2 ГОСТ 3813-72. Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия текстильные. Метод определения разрывных характеристик при растяжении. – Взамен ГОСТ 3813-47; введ. РБ 17.12.92. – Москва: Издательство стандартов, 2001. – 32 с.

5.3 ГОСТ 938.11-69. Кожа. Метод испытания на растяжения. – Взамен ГОСТ 938-45; введ. РБ 17.12.92. – Москва: Государственный комитет СССР по стандартам, 1988. – 9 с.

5.4 ГОСТ 939-94. Кожа для верха обуви. Технические условия. – Взамен ГОСТ 939-88; введ. РБ 15.03.95. – Москва: Государственный комитет СССР по стандартам. – Москва: Издательство стандартов, 1998. – 16 с.

5.5 ГОСТ 19196-93. Ткани обувные. Общие технические условия. – Взамен ГОСТ 19196-80, ГОСТ 23761-89; введ. РБ 30.12.94. – Минск: Белстандарт, 1995. – 9 с.

5.6 Leather – Physical and mechanical tests – Determination of tensile strength and percentage extension / Кожа. Физические и механические испытания. Определение прочности на разрыв и удлинения в процентах: ISO 3376:2011. – First edition 2011.12.01. – Published in Swizerland. – P. 5.

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

5.8 Зыбин Ю. П. Конструирование изделий из кожи : учебник для студентов / Ю. П. Зыбин [и др.]. – Москва : Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 264 с.

5.9 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.: В. С. Белгородский [и др.]. – Москва, 2014. – С. 51–60.

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

5.11 Устройство к разрывной машине для оценки свойств материалов верха обуви сферическим растяжением: полез. модель BY11705 /

Витебский государственный технологический университет

А. Н. Буркин, О. А. Петрова-Буркина, В. Д. Борозна, А. Н. Молочко. – Опуб. 01.03.2018.

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

5.13 ГОСТ 938.15-70. Кожа. Метод определения толщины образцов в толщины кож в стандартной точке. – Взамен ГОСТ 938-45; введ. 1973.01.01. – Москва : Государственные стандарты союза ССР, 1973. – С. 3.

5.14 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.

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

5.16 Борозна, В. Д. Критерии пригодности материалов для верха обуви к формованию растяжением / В. Д. Борозна, А. Н. Буркин // Perspektywiczneo pracowaniasa nauka I technikami – 2013: Materialy IX Miedzynarodowej naukowi-praktycznej konferencij, Przemysl, 07–15 сентября 2014 г.: Vol. 31 / Nauka i studia; ред. Sławomir Górniak. – Przemysl, 2013. – Vol. 31. – С. 3–9.

5.17 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.

5.18 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 [и др.]. – Омск, 2012. – С. 180–183.

5.19 Буркин, А. Н. Оптимизация технологического процесса формования верха обуви / А. Н. Буркин. – Витебск: УО «ВГТУ», 2007. – 220 с.

5.20 Буркин, А. Н. Формоустойчивость обуви: монография / А. Н. Буркин, Е. А. Шеремет. – Витебск: УО «ВГТУ», 2017. – 340 с.

Витебский государственный технологический университет

5.21 Борозна, В. Д. Влияние многоцикловых нагружений 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. Адериха [и др.]. – Гомель, 2018. – С. 37–39.

5.22 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.

5.23 Борозна, В. Д. Оценка качества материалов для заготовок верха обуви внутреннего способа формования / В. Д. Борозна, А. П. Дмитриев, А. Н. Буркин // Международная научно-техническая конференция преподавателей и студентов, посвященная 50-летию университета: материалы 48-й Международ. науч.-техн. конф. преподавателей и студентов, Витебск, 29 апреля 2015 г.: в 2 т. / УО «ВГТУ»; ред.: Е. В. Ванкевич [и др.]. – Витебск, 2015. – Т.2. – С. 276–278.

5.24 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.

5.25 Кириллов, В. И. Квалиметрия и системный анализ: учебное пособие / В. И. Кириллов. – Минск: Новое знание, 2011. – 440 с.

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

5.27 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. Адериха [и др.]. – Гомель, 2012. – С. 15–17.

5.28 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.: В. С. Белгородский [и др.]. – Москва, 2014. – С. 95–100.

5.29 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. бюдж. образоват. учреждения высш. проф. образования «Донской гос. техн. ун-т» в г. Шахты

Витебский государственный технологический университет

Рост. обл. (ИСО и П (филиал) ДГТУ); редкол. : В. Т. Прохоров [и др.]. – Шахты, 2014. – С. 27–30.

5.30 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 междунар. науч.-техн. конф., Витебск, 21–22 ноября 2017 г. / УО «ВГТУ»; редкол.: Е. В. Ванкевич [и др.]. – Витебск, 2017. – С. 242–245.

Витебский государственный технологический университет

ГЛАВА 6
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ФОРМОВАНИЯ ЗАГОТОВОК ВЕРХА ОБУВИ ВНУТРЕННИМ СПОСОБОМ

Витебский государственный технологический университет

При изготовлении обуви одним из важнейших технологических процессов, обеспечивающих еѐ качество, является формование, при котором плоским деталям заготовки верха придается соответствующая геометрическим параметрам колодки пространственная форма. Качество выполнения этого процесса оценивается визуально: правильность установки заготовки на колодке без перекосов деталей и плотное еѐ облегание. Сопутствующим условием этого является деформирование материалов заготовки верха обуви, величина которого зависит от формы и размеров колодки, конструкции заготовки, применяемых материалов и технологического процесса производства. Получив изделие, внутренняя форма которого полностью соответствует наружным геометрическим параметрам колодки, а конструктивно-колористическая его реализация замыслам дизайнера, можем ли мы утверждать, что качество обуви достигнуто? Конечно, нет, так как нам неизвестно поведение обуви в носке. Из всего многообразия факторов, влияющих на качество обуви при еѐ эксплуатации, будем рассматривать формоустойчивость в процессе носки. В идеальном случае нас интересует вариант, при котором внутренняя форма обуви «запомнила» форму и размеры стопы на весь период носки и при этом обеспечивала субъективное ощущение комфорта для владельца обуви. Желательно, чтобы это «запоминание», т.е. приформовывание обуви к стопе прошло в кратчайшие сроки (несколько дней). Кроме того, необходимым условием формуемости, а в последовательности формоустойчивости обуви, будет являться отсутствие возникновения видимых (визуально) дефектов верха: складок на заготовке, сваливание верха и т.д.

Безусловно, решающим фактором в изготовлении формоустойчивой обуви будут свойства применяемых материалов для верха. Установлено, что натуральные кожи достаточно хорошо формуются и адаптируются к стопе, но и они довольно часто не могут обеспечить формоустойчивость обуви в процессе носки. Современные искусственные кожи также неплохо формуются, но процесс приформовывания к стопе весьма длительный и иногда не приводит к желаемым результатам. Эти различия между натуральными и искусственными кожами хорошо известны. Однако количественная оценка этих свойств в техническом смысле все ещѐ связана с определенными трудностями, в основном из-

за противоречий, описанных выше, то есть соотношение пластических и упругих деформаций материалов верха в течение жизненного цикла обуви.

Известно, что при формовании заготовки верха обуви структура материалов существенно изменяется в результате деформаций растяжения и изгиба. Изменение структуры обувных материалов при формовании исследовано крайне поверхностно.

Кроме того, нахождением связей между формоустойчивостью материалов в изделии и структурными изменениями при деформировании мало кто занимался из исследователей. Главная причина этого заключается в том, что производителю обуви и еѐ потребителю это глубоко неинтересно, а их интересует, прежде всего, качество продукции. Причем первого из них интересует качество обуви после еѐ изготовления в процессе хранения в предпродажный период, а также в гарантийный срок носки, то есть по своей сути, когда материалы новые и имеют достаточный ресурс эксплуатационных свойств. Потребителя интересует качество обуви в период с первого дня еѐ приобретения до еѐ морального или физического износа, а, следовательно, и тогда, когда в материалах происходят естественные процессы старения, связанные с появлением дефектов структуры и изменением эксплуатационных свойств изделий. Вся эта преамбула нужна была авторам только для того, чтобы исключить вопросы исследования структуры материалов и остановиться на «откликах», которые возникают в них при производстве обуви и еѐ эксплуатации и которые можно оценить количественно с помощью инструментальных методов и желательно, чтобы они были представлены в технических нормативных правовых актах (ТНПА) и доступны для любого исследователя (пользователя).

В данной главе мы попытаемся провести количественную оценку формуемости и «запоминания» формы некоторых современных искусственных кож, используемых для верха обуви в Республике Беларусь, в которой, для упрощения задачи, наблюдение этих свойств будем осуществлять с помощью достаточно несложных методик, разработанных авторами и описанными выше. Причѐм в данной монографии будет изложена только технологическая составляющая этой проблемы, т.е. взгляд производственника на эту проблему.

6.1 Внутренний способ формования и его особенности (аналитический обзор нормативной базы)

Остановимся теперь на внутреннем способе формования и его особенностях, постараемся изложить все то, что известно и доступно в

Витебский государственный технологический университет

технической литературе и, в частности, в Справочнике обувщика [6.1]. Изложение будет близким к тексту, чтобы не искажать коллективное мнение по данному вопросу авторов справочника, и сопровождаться соответствующими комментариями, выделенными курсивом.

В процессе производства обуви плоским деталям заготовки верха придается пространственная форма. При формовании заготовки верха происходит правильная установка ее на колодке, основная еѐ деформация и плотное облегание колодки. Формование заготовки верха является одним из основных процессов производства обуви, от правильного выполнения которого зависят внешний вид и *формоустойчивость* обуви при носке. *Последнее является утверждением или предположением и на чѐм оно основывается? Посмотрим далее, как реализуется «правильность» формования и как она влияет на «формоустойчивость» обуви.*

Конструкция передней части заготовки верха может быть плоской, полуплоской и пространственной. Если к плоской, полуплоской или пространственной заготовке прикрепить мягкую стельку, подложку или подошву, то получим объемную заготовку верха, *т.е. заготовку для внутреннего способа формования.*

Деформация носочной части заготовки верха зависит от фасона колодки и конструкции заготовки. При одном и том же фасоне колодки плоская и полуплоская заготовки верха требуют большей деформации, чем пространственная, так как передняя часть пространственной заготовки верха приближена к форме носочной части колодки. *Это представлено во многих работах, но четкие количественные характеристики величин деформации весьма противоречивы.*

В зависимости от конструкции заготовки верха, оборудования и инструментов, применяемых при формовании, материал подвергается одно- или двухосному растяжению. В большинстве случаев материал верха находится в сложном напряженном состоянии. *Интересно, а как это напряженное состояние повлияет на формоусточивость обуви, и какие вообще должны быть его величины?*

Для кожи связь между удлинением и напряжением может быть выражена уравнением

$$\varepsilon = \alpha \cdot \sigma^m, \tag{6.1}$$

где ε – относительное удлинение, %; α – коэффициент пропорциональности; σ – напряжение, Па; m – показатель степени, зависящий от свойств материала.

Зависимостью подобного вида можно описать огромное количество материалов, включая те, из которых нельзя изготовить обувь. Хотелось бы узнать оптимальную область значений «α» и «m», при

Витебский государственный технологический университет

которых идеально формование и достаточная формоустойчивость обуви.

Способность кожи к растяжению характеризуется относительным удлинением материала при напряжении 10 кПа. Для стандартных образцов кож хромового дубления этот показатель в среднем по партии должен быть у (20–35) %, для эластичных кож (20–40) %.

Это нормируемый в ТНПА показатель, но такая величина напряжения может быть в заготовке верха обуви в момент еѐ затяжки на колодке и только в области носка. Опыт работы с сотрудниками аккредитованных лабораторий показывает, что никакой полезной и корректирующей информации для производства он не имеет.

Для расчета деформации растяжения различных обувных материалов и их систем используют преобразованное уравнение

$$\varepsilon = A \cdot Q^n, \tag{6.2}$$

где A – коэффициент удлинения, %/Н; Q – нагрузка, Н; n – показатель степени, зависящий от свойств материала.

Коэффициент удлинения Ак зависит от степени растяжения и способа обработки натуральных кож и равен (8-30) %/Н. Показатель степени n изменяется для разных материалов от 0,5 до 1,2. Вопрос остается открытым, а можно ли им пользоваться и как для других материалов: текстильных, искусственных кож? Из указанных диапазонов «А» и «n», что является оптимальным, какие значения?

При растяжении материала в продольном направлении он сокращается в поперечном направлении

$$\mu = \frac{\varepsilon_{1.}}{\varepsilon}, \tag{6.3}$$

где $\varepsilon_{1.}$– относительное поперечное сокращение образца, ε – относительное продольное растяжение образца.

Практически при расчетах коэффициент поперечного сокращения для натуральной кожи можно принять μ=1. Для более точных расчетов, особенно для тканей и искусственных кож, следует находить коэффициент поперечного сокращения.

Опять остается открытым вопрос, связанный с оптимальным значением μ, обеспечивающим хорошие формовочные свойства и формоустойчивость. Коэффициент поперечного сокращения достаточно эффективный показатель, имеющий физический смысл, однако использование его для оценки формовочных свойств материалов весьма затруднительно в связи с низкой точностью определения и отсутствием

Витебский государственный технологический университет

методик интерпретации полученных результатов применительно к заготовке верха.

Способность кожи и ткани сокращаться в поперечном направлении при одноосном растяжении используется для получения сложной формы. *Натуральные кожи можно отформовать, но ткани – далеко не все*. Например, закрепив плоский круг из кожи радиусом R на полусфере радиусом r, растянув его в радиальном направлении на величину ΔR и изогнув вокруг полусферы, в результате поперечного сокращения материала получим гладкую поверхность. Разность между периметрами плоского круга и основанием полусферы $\Delta l = 2\pi R - 2\pi r$ или $\Delta l = 2\pi R - 4R - 4\Delta R$.

Относительное сокращение материала

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{2\pi R},$$

или

$$\varepsilon_1 = 1 - 0{,}64 - 0{,}64\Delta R/R.$$

Так как $\Delta R/R=\varepsilon$, то при $\mu = 1$ имеем $\varepsilon=\varepsilon_1$=22 %.

Следовательно, для получения полусферической поверхности круг надо растянуть в радиальном направлении примерно на 22 %, что приводит к такому же сокращению его по периметру. *Что делать с тканями и другими материалами, которые имеют деформационную способность менее 22 %. А как быть с испытаниями материалов на сферической поверхности, которые прописаны в ТНПА?*

Растяжение (сокращение) материала зависит от формы поверхности. Кто-нибудь это исследовал и что получил? Как влияет микро- и макроструктура материалов на способность к растяжению на разных поверхностях?

При формовании заготовки верха надо иметь некоторый запас прочности, поэтому удлинение материала должно быть в 1,5–2 раза больше, чем требуется для посадки. Так, для колодки с коэффициентом посадки носка τ = 16 % удлинение материала при разрыве $\varepsilon_р$ = 24–32 %, а при τ = 32 % $\varepsilon_р$ = 48–60 %. *Отсюда следует, что удлинение материалов для заготовки верха внутреннего способа формования должно быть более 23 %, т.е. с учетом любой конструкции передней еѐ части.*

При формовании заготовок верха обуви материал редко подвергается одноосному растяжению, обычно он находится в более сложных условиях двухосной деформации, которая происходит в основном в результате растяжения пучков волокон (пряжи, нитей) сетчатого материала, а не сдвига. *Утверждение, что сдвиг структурных элементов несущественный – весьма сомнительно.* При одноосной деформации для получения пространственной формы материал должен сильно *(на сколько?) сокращаться в поперечном направлении*, при двухосной –

Витебский государственный технологический университет

растягиваться одновременно в двух направлениях без ухудшения физико-механических свойств. *Какие допустимые изменения физико-механических свойств и какими показателями оцениваются?*

Хорошо отформованная обувь не должна иметь складок по линии следа заготовки верха и быть формоустойчивой, *т.е. в материалах верха не должно быть остаточных напряжений, а как это отразится в носке изделий?*

Если заготовка верха обуви формуется в такой последовательности: носочно-пучковая часть (ЗНК-2-0), пяточная и геленочная части, рекомендуются следующие режимы обработки (табл. 6.1).

Таблица 6.1 – Режимы обработки верха обуви

	№ 1	№ 2	№ 3
Удлинение кожи, %	13–15	24–26	34–36
Двухосная деформация, %	9–12	12–15	12–15

Примечание. Влажность кожи 25–30 %, температура воздуха в сушилке 100–120 °С, время фиксации 14–20 мин для всех вариантов.

Эти режимы были предложены в работах А.Н. Буркина и касались конкретно полукожника хромового метода дубления [6.2].

При изготовлении обуви с верхом из синтетических кож необходимо задавать минимальную деформацию, обеспечивающую высокое качество формования. *Вопрос о величине деформации при формовании для различных видов ИК остается открытым до сих пор.*

Для улучшения формоустойчивости обуви из синтетических кож следует проектировать верх обуви без межподкладки. *Это весьма смелое утверждение, которое не имеет под собой ни аргументации, ни реальных экспериментальных данных. Лучше было написать так: с целью снижения материалоемкости и трудоемкости сборки заготовки следует выбирать искусственные кожи, которые не нужно дублировать межподкладкой.*

Для выбора оптимальных режимов формования определено нормируемое значение $\varepsilon_{ост}$ образцов, которое соответствует удовлетворительной формоустойчивости (65± 1) %. *Чем и как это подтверждается?*

Все способы формования в зависимости от места приложения силы можно разделить на внешний, внутренний и комбинированные.

Формование указанными способами можно выполнять без предварительного или с предварительным формованием деталей или узлов заготовки верха. Предварительное формование облегчает выполнение последующих операций, увеличивает деформацию материала, что приводит к уменьшению размера чистой площади деталей и повышению формоустойчивости обуви. *Статическая формоустойчивость без-*

Витебский государственный технологический университет

условно повышается, а как это отразится в носке обуви для искусственных кож – не исследовано.

На обувных предприятиях пяточная часть заготовки верха с термопластичным задником предварительно формуется на металлическом пуансоне путем вытягивания ее в продольном направлении.

В настоящее время распространено предварительное формование передней части заготовки верха до или после ее сборки. Величина и характер деформации заготовки верха обуви зависят от способа формования, применяемых оборудования и инструментов, физико-механических свойств материалов заготовки, ее вида и конструкции, а также от площади деталей *(лучше: от формы и размеров деталей). Указанное выше практически не нашло отражение в публикациях для внутреннего способа формования.*

При обтяжно-затяжном способе процесс формования подразделяют на обтяжку и затяжку. На обтяжной машине клещами разной конструкции производят основное растяжение заготовки верха в продольном и поперечном направлениях. *Здесь и ниже будет рассмотрен обтяжно-затяжной, последовательный способ формования как наиболее исследованный.*

Область распределения деформации материала при растяжении заготовки верха средними клещами силой P_1 имеет вид факела ABC, расширяющегося к пяточной части (рис. 6.1). Линия наибольшей деформации проходит в центре факела под углом 15–20° к линии касательной гребня и носка колодки.

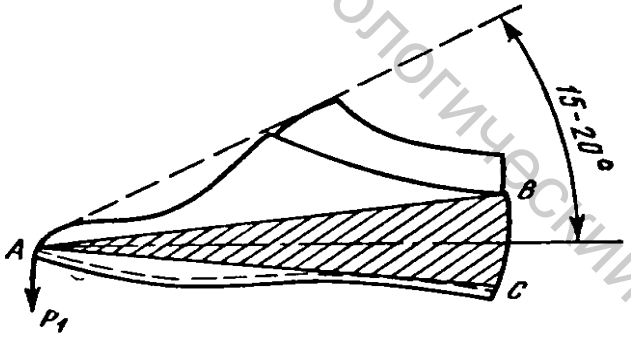


Рисунок 6.1 – Схема распределения деформации материалов при растяжении заготовки верха средними клещами обтяжной машины

При растяжении заготовки верха обуви боковыми клещами с силой P_2 (рис. 6.2) наряду с поперечным растяжением материал дополнительно растягивается в продольном направлении силой P_1.

При средней продольной и поперечной деформации 5–9 % в области захвата материала боковыми клещами деформация остальных участков заготовки верха имеет следующие значения: продольная в пяточной части 3–6 %, в союзке 5–12 %, в носке 10–30 %.

Витебский государственный технологический университет

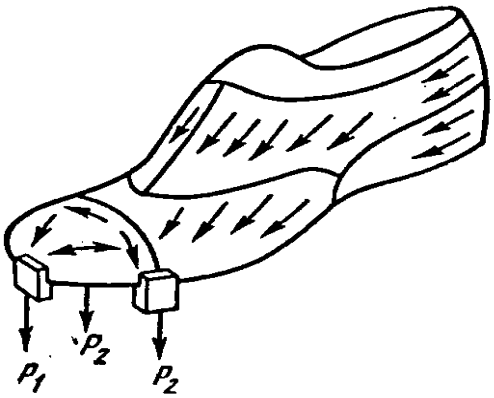


Рисунок 6.2 – Направления деформации материала при растяжении

Механизм клещей обтяжной машины настраивают на определенную силу натяжения, допустимую для обрабатываемой заготовки верха.

Цель затяжки – окончательное формование заготовки верха в области граней и прикрепление ее к стельке затяжными гвоздями, проволочными скобками или клеем. По виду исполнительного инструмента различают затяжные машины трех видов: клещевые, пластинчатые и роликовые.

Клещи, пластины или ролики захватывают затяжную кромку и растягивают материал заготовки верха по нормали к контуру ребра колодки. Область распространения деформации незначительна из-за большого трения заготовки верха о колодку. Даже при большом усилии, создаваемом клещами, удается лишь слегка вытянуть носочную часть заготовки верха. Дополнительного растяжения заготовки ни в продольном, ни в поперечном направлении не происходит.

Для равномерного растяжения заготовки верха нужно, чтобы клещи захватывали материал последовательно на расстоянии 15–18 мм. Но так как на некоторых участках для правильного распределения складок забивают затяжные гвозди, число захватов определяется именно этим.

Более четко формуется грань в носочной и пяточной частях на затяжных пластинчатых машинах. Растяжение материала по нормали к контуру ребра несколько уменьшается, в поперечном же направлении материал слегка уплотняется. Кроме того, формование на пластинчатых машинах более производительное, чем на клещевых.

В отличие от традиционных способов формования верха обуви на машинах типа ОМ и ЗВ, где превалирует одноосное растяжение материала заготовки верха по ее длине, при формовании носочно-пучковой части заготовки на машинах ЗНК материал находится в сложном напряженном состоянии (рис. 6.3). В конечный момент формования на по-

Витебский государственный технологический университет

верхности союзки имеют место четыре варианта растяжения материала: однородное симметричное двухосное, сложное двухосное, стесненное и одноосное.

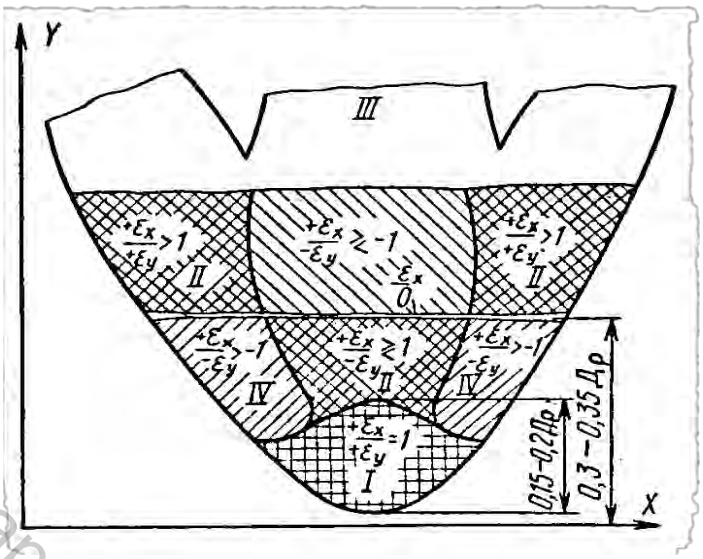


Рисунок 6.3 – Характер сложного напряженного состояния отформованной союзки

Зона стесненного растяжения является границей двух деформированных областей I и II, при прохождении через которую меняется знак продольной деформации. В области I линия, соединяющая точки с максимальной кривизной верхних кривых поперечных сечений колодки, отделяет зону одноосного растяжения от зоны сложного двухосного растяжения. Эта линия, продолжаясь до точки закрепки, отделяет аналогичные зоны деформируемой области II.

Размеры площадей деформируемых областей и зон зависят в основном от жесткости материала берцев или их предварительного растяжения в продольном направлении, от геометрических характеристик колодки и соотношения сил, действующих со стороны исполнительных органов машины в продольном и поперечном направлениях.

При проектировании передней части заготовки верха необходимо учитывать указанное деформированное состояние. Особый интерес представляет характер распределения деформаций в области пучков (в поперечном направлении) и нахождение их оптимальной величины. *В настоящее время оптимальная величина деформаций не установлена.*

Возможны три случая распределения деформаций в поперечном направлении отформованной союзки: равномерное по контуру, большая на тыльной поверхности, большая на боковых поверхностях. Если обозначить максимальную деформацию на тыльной стороне $\varepsilon_т$, а на боковых сторонах – $\varepsilon_б$, то высказанное положение можно записать так:

$$\varepsilon_т=\varepsilon_б;\ \varepsilon_т>\varepsilon_б;\ \varepsilon_т<\varepsilon_б$$

Витебский государственный технологический университет

или $\varepsilon_т/\varepsilon_б=1$; $\varepsilon_т/\varepsilon_б>1$; $\varepsilon_т/\varepsilon_б<1$.

Значения отношений этих деформаций могут служить качественной и количественной характеристикой процесса формования заготовки верха. В зависимости от характера распределения деформаций по поперечным сечениям заготовки верха в области пучков может быть формование по круговому типу при $\varepsilon_т/\varepsilon_б=1$, по параболическому типу при $\varepsilon_т/\varepsilon_б>1$ и по эллиптическому типу при $\varepsilon_т/\varepsilon_б<1$.

Установлено, что обувь, отформованная по эллиптическому типу, формоустойчива. *К сожалению, не удалось найти данных, подтверждающих это заключение в процессе производства и эксплуатации обуви.*

Преобладание вытяжки на боковых участках союзки препятствует смещению обуви на наружную сторону и дает возможность быстрому приформовыванию обуви к стопе из-за резерва деформаций на тыльной поверхности.

Это очень интересная информация для оценки формоустойчивости обуви в процессе производства, хранения и носки обуви. К сожалению, отсутствуют экспериментальные данные, подтверждающие подобные исследования для ИК. Кроме того, важным является то, что метод, основанный на оценке формовочных свойств материалов на сферической поверхности, не является адекватной интерпретацией двухосного деформирования материала при формовании и требуется применение иных тел вращения: тор, эллипсоид, параболоид.

При внутреннем способе формования деформация заготовки верха зависит в основном от запроектированной площади деталей, так как формующие инструменты занимают определенное конечное положение. *Как показывает производственный опыт и наши исследования, величины деформации не превышают 15 %.*

Чтобы отформовать пространственную заготовку верха внутренним способом, достаточно растянуть материал на 2–4 % для плотного облегания колодки. Чтобы обеспечить формоустойчивость обуви, материал верха следует растянуть на 7–10 %. *Для подавляющего большинства обувных материалов такой величины деформации недостаточно для обеспечения формоустойчивости обуви в носке.*

Формование пространственных заготовок верха обуви внутренним способам имеет ряд преимуществ перед последовательно-параллельным (обтяжно-затяжным):

– процесс прост и для его выполнения нет необходимости в затяжных машинах;

– низкая трудоемкость подготовительных и сборочных операций; меньший расход кож (на 3–10 % в зависимости от метода крепления низа обуви) из-за уменьшения ширины затяжной кромки;

Витебский государственный технологический университет

– увеличенный съем обуви с 1 м^2 производственной площади из-за сокращения числа операций.

Недостатки внутреннего способа формования:

– небольшая ширина затяжной кромки заготовки, из-за чего невозможен ремонт обуви;

– быстрое разнашивание верха обуви и потеря ее формы из-за пластичности материала. (Для формования кожа должна иметь удлинение при σ=10 МПа не более 15–19 %, тогда как среднее удлинение по партии установлено 15–35 %, а в отдельных кожах может быть более 50 %).

Авторы Справочника обувщика обратили внимание на тот дефект обуви, который является актуальным и сегодня, однако дают правильные рекомендации только для НК, к которым производственники не прислушиваются или просто не могут выполнить из-за отсутствия кожевенных материалов с такими свойствами;

– необходимость высокой точности сборки заготовки верха и стандартность колодок;

– невозможность изготовления обуви тяжелых видов (из юфти).

Сегодня последнее реализуется достаточно широко в практике изготовления обуви специального назначения.

При параллельном внутреннем способе к заготовке верха пристрачивают стельку из ткани или подкладочной кожи, дублированной тканью, или жесткую подложку. Заготовку верха формуют раздвижной колодкой.

При проектировании объемной заготовки верха рекомендуется сокращать размер деталей в носке и пучках во всех направлениях, а в переймах и пятке по длине на 5 %. Деформации заготовки верха при формовании на раздвижных колодках распределяются неравномерно. На характер распределения деформаций влияют следующие основные факторы: вид и конструкция заготовки верха, конструкция формующей колодки, механические свойства материалов.

Для внутреннего способа формования рекомендуется применять заготовки верха пространственной формы, так как деформация при этом распределяется более равномерно и, следовательно, при проектировании можно предусмотреть большее уменьшение размеров деталей.

При формовании полуплоских заготовок верха для преодоления сопротивления материалов растяжению требуется приложить усилие от 1000 до 5000 Н в зависимости от их жесткости. *Откуда такая информация и как рабочий сможет приложить такое усилие?* Большое влияние на характер распределения деформации оказывает формующая колодка. *Каким образом?* Колодка должна иметь простую конструкцию, достаточные пределы изменения размеров, большой срок службы, обес-

Витебский государственный технологический университет

печивать равномерную (*за счет чего?*) и необходимую (*какую?*) деформацию материала заготовки верха.

Для внутреннего параллельного способа формования требуется тщательный подбор материалов верха по поверхностной плотности и удлинению *(как это реализовать?)*, раскрой в определенном направлении деталей верха, подкладки и особенно мягкой стельки, продольная ось которой должна совпадать с направлением наименьшего удлинения ткани или дублированного материала.

В системе «верх – стелька» последняя должна быть менее тягучей, только при этом условии возможно хорошее формование заготовки. *Как все-таки оценить «хорошее формование»?*

Внутренний способ формования может применяться при изготовлении обуви рантового, доппельного, клеевого, строчечно-клеевого, горячей вулканизации и литьевого методов крепления. Получить достаточные деформации заготовки верха с помощью только раздвижных колодок трудно, поэтому способ применяется в основном при изготовлении легкой и домашней обуви. *В настоящее время внутренний способ формования используется для всех видов обуви, как повседневной, так и специальной.* Формующим механизмом при внутреннем формовании являются раздвижные, разъемные и сочлененные (для обуви строчечно-прессовой, строчечно-котловой вулканизации и литьевого метода крепления) колодки, колодки с выпиленным клином (для летней обуви).

Качество внутреннего формования определяется совпадением периметров заготовки верха и стельки, точным расчетом деформации моделей, обеспечивающей формоустойчивость верха в процессе эксплуатации, и меньшей тягучестью материала стельки по сравнению с материалом верха.

ЛПКТБ ЛП совместно с ЦНИИКП и обувными фабриками созданы и внедрены машина ФНПЗ-1-0 и термоувлажнитель ТУ-0 для формования и термофиксации заготовок верха обуви различных конструкций и методов крепления.

Особенностями изготовления обуви по новой технологии являются объединение процессов формования и термофиксации формы носочной, пучковой и пяточной частей заготовок верха на обогреваемых пуансонах рациональной формы с обеспечением заданных размеров затяжной кромки, дальнейшее скрепление формованной заготовки текстильной стелькой и привулканизация (или литье) низа к заготовке. *Эта технология приводится кратко для дальнейшего сравнения с тем, что имеется в настоящее время на обувных предприятиях.*

Остановимся на основных моментах, которые являются интересными с точки зрения дальнейшего развития технологии внутреннего способа формования и требований к свойствам материалов для его реализации:

Витебский государственный технологический университет

1) в целом к технологии формования особых претензий нет, хотя режимы выполняющихся операций можно еще долго уточнять;

2) отсутствие четкого представления о свойствах материалов, прежде всего физико-механических и, следовательно, формовочных, особенно для искусственных кож;

3) нет четких критериев оценки качества формования;

4) нет нормируемых значений показателей свойств материалов;

5) существующие методики подбора материалов для заготовок верха обуви внутреннего способа формования не позволяют оценить качество как при производстве, так и эксплуатации обуви;

6) позитивным моментом является то, что одноосное растяжение образцов материала не позволяет дать качественную оценку формовочным свойства материалов;

7) методики исследования деформационных свойств материалов с использованием сферической поверхности также не позволяют адекватно оценить формовочные свойства материалов (нужно использовать иные тела вращения);

8) исследования внутреннего способа формования, а также и материалов, применяемых для заготовок верха обуви внутреннего способа формования, малочисленны, и при этом содержат весьма противоречивую информацию;

9) не решается глобальный вопрос разработки материалов с заданными формовочными свойствами, обеспечивающими формоустойчивость обуви в процессе и после её производства, при хранении и носке.

Решение последней из перечисленных проблем заключается в проведении исследований, связанных с созданием материалов, «запоминающих» форму и размеры стопы, и впоследствии в процессе носки обуви не «забывающих» это состояние.

Это можно реализовать в настоящий период развитием науки и техники, но для этого необходимо связать понятие «структура» и проявление «свойств» материалов в изделии в одно целое. Другими словами, материал в процессе производства, носки и хранения обуви изменит свои структурные характеристики, а, следовательно, и свои свойства.

Рассмотрим теперь нормативную базу для оценки качества обуви, и как она может повлиять на обоснование выбора материалов для заготовки верха. Используем для этой цели информацию, изложенную в восьмом разделе Справочника обувщика «Контроль качества обуви», и проанализируем только ту информацию, которая относится к формовочным свойствам материалов и формоустойчивости обуви.

Под качеством обуви понимают совокупность свойств, обусловливающих её пригодность удовлетворять заданные конкретные потребности в соответствии с назначением. Качество обуви определяется ши-

Витебский государственный технологический университет

роким комплексом свойств, требования к которым зависят в основном от еѐ вида и назначения. Качество обуви регламентируется ТНПА с применением специальных показателей качества и соответствующих допусков.

ГОСТ 4.12-81 «Система показателей качества. Обувь. Номенклатура обуви» предусматривает комплекс показателей, применяемых в нормативно-технической документации (НТД) на обувь, а также на стадии разработки и постановки на производство новых еѐ видов.

Соответствие качества обуви требованиям НТД оценивается на двух этапах: сплошной контроль путем внешнего осмотра каждого объекта в партии, при котором предприятием-изготовителем устанавливается сортность обуви и выборочный контроль путем испытания или измерения для определения нормируемых показателей качества.

По степени применения показатели качества обуви подразделяют на общие и специализированные обязательные (перспективные).

К общим относят показатели качества, применяемые для всех групп обуви, предусматриваемые НТД, а также показатели, используемые на стадиях разработки и постановки продукции на производство:

– гарантийный срок носки (эксплуатации) обуви (кроме обуви госзаказа);

– прочность крепления деталей низа;

– прочность крепления каблука;

– прочность креплений деталей заготовок;

– общая и остаточная деформация подноска и задника;

– масса, гибкость и внешний вид обуви.

Из указанной выше номенклатуры для нас интерес представляют следующие показатели качества обуви:

– характеризующие долговечность: гарантийный срок носки (эксплуатации) обуви, дни; общая и остаточная деформация подноска и задника, мм;

– характеризующие эргономичность: формоустойчивость системы материалов, имитирующей верх обуви;

– характеризующие эстетичность: внешний вид обуви и в частности – форма (силуэт).

Проанализируем указанные выше показатели качества обуви с точки зрения формовочных свойств материалов верха и формоустойчивости обуви.

Гарантийный срок носки обуви позволяет производителю получить информацию о прочности и износостойкости элементов конструкции и производится в основном визуально без инструментальных методов на обуви, возвращенной покупателем. В публикациях последних лет не встречаются данные, связанные с инструментальными методами

Витебский государственный технологический университет

оценки потери формы обуви в этот период носки обуви, хотя попытки ввести количественную характеристику этому дефекту имеются [6.3]. *На наш взгляд, это связано только с тем, что мы зафиксируем факт потери формы и констатируем, что используемые материалы нас не устраивают, а что взять взамен – не знаем! Это связано с тем, что нет научно-обоснованных критериев оценки свойств материалов, обладающих достаточными формовочными свойствами и необходимым уровнем их долговечности, в период эксплуатации обуви, позволяющим длительно сохранять контактное комфортное взаимодействие системы «стопа – обувь».*

Формоустойчивость носочной и пяточной частей обуви оцениваются показателями общая и остаточная деформация подноска и задника в мм по ГОСТ 9135-2004 [6.4].

Указанные выше показатели характеризуются способностью материалов для задников и подносков обуви сопротивляться изменениям формы после прекращения еѐ действия. *Сам подход к проведению измерений авторам монографии кажется неправильным, т.к. стопа действует на верх обуви изнутри, а измерение формоустойчивости проводится снаружи? Кроме того, носочная и пяточная часть обуви – это система материалов (чаще всего 2–4 материала), которые склеены между собой и имеют разную жесткость, которая зависит не только от свойств использованных материалов, но и размеров деталей (например, детская или мужская обувь). Методика, рекомендуемая ГОСТ 9135-2004, не учитывает тот факт, что при нагрузке 50 Н и 80 Н происходит уплотнение наружного слоя материалов для деталей заготовок верха, что искажает точность измерения.*

Формоустойчивость носочной и пяточной частей будет зависеть преимущественно от материалов для каркасных деталей. Влияние свойств материалов для других деталей существенно влияет на формоустойчивость только в области плюсне-фалангового сочленения. За почти пятилетний срок анализа свойств обуви, выпускаемой на обувных предприятиях Концерна «Беллегпром», удалось установить только единичные случаи значений остаточной деформации в пяточной части, превышающей 1 мм. Все это позволяет сделать заключение – так ли необходим этот показатель для оценки качества продукции. Недостатки методики измерения этого показателя были опубликованы нами в ряде статей [6.5–6.8]. Известна методика, позволяющая измерять формоустойчивость пяточной части обуви как снаружи, так и изнутри. Последнее позволяет оценить жесткость крыла задника и связанные с этим дефекты обуви [6.3].

Использовать методику ГОСТ 9135-2004 для оценки формовочных свойств материалов и формоустойчивости обуви в носке мы не можем.

Витебский государственный технологический университет

Потеря формы при эксплуатации не только ухудшает внешний вид обуви, но и может влиять на еѐ удобство и износостойкость. Статическую формоустойчивость систем материалов, имитирующих верх обуви, определяют одновременно с оценкой их формуемости (способности формоваться).

Испытания проводят на приборе В3030М, который в комплекте с разрывной машиной РТ-250 обеспечивает двухосное растяжение сферой образцов при нагрузке до 10 кН.

Составляющие систему, имитирующую верх обуви, образцы в форме диска соединяют одним из способов, применяемых при сборке заготовки верха (без склеивания, склеиванием при сплошной, точечной, штриховой намазке клеем). Образцы предварительно размечают (наносят два взаимно перпендикулярных диаметра, пересекающихся в центре образца, а затем на них наносят точки на расстоянии 10 мм от центра) для получения линий контрольной базы для последующих измерений.

Из четырех образцов два испытывают в воздушно-сухом состоянии, два других увлажняют до содержания влаги (15–18) %, а в деформированном состоянии подвергают тепловой обработке. Образцы материалов с верхом из синтетических кож не увлажняют.

Образцы растягивают на 10 % при испытании ИК, текстильных материалов и систем материалов с верхом из натуральных и синтетических кож, на 20 % – при испытании НК, предназначенной для бесподкладочной обуви. При испытании воздушно-сухих образцов в момент достижения заданного удлинения отмечают нагрузкой 5 мин, а затем его освобождают из прибора и через 30 мин «отдыха» измеряют контрольную базу.

При испытании образцов с предварительным увлажнением и последующей тепловой обработкой в момент достижения заданного растяжения фиксируют нагрузку по шкале, при этой нагрузке выдерживают 10 мин образцы систем с кожей и 15 мин – образцы синтетических кож и систем материалов, включающих синтетические кожи. Затем образцы в растянутом состоянии (вместе с прибором) для высушивания (термообработки) помещают в сушилку. Образцы НК и систем с еѐ применением выдерживают 15 мин при температуре 120 °С, образцы синтетической кожи и систем с синтетической кожей – в течение 10 мин при температуре 135–140 °С. После термообработки и охлаждения замеряют остаточную деформацию сразу после снятия нагрузки, а затем после 30 мин, 1 ч, 2 ч, 1 сутки и 7 суток «отдыха».

Формуемость и формоустойчивость рассчитывают раздельно для образцов, испытывавшихся в воздушно-сухом состоянии, а также образцов, подвергавшихся увлажнению и термообработке.

Витебский государственный технологический университет

Показателем формуемости материалов и систем материалов является нагрузка, соответствующая растяжению образцов на 10, 15 и 20 %, определяемая по формуле

$$Q = Q_1 \cdot K\ , \qquad (6.4)$$

где Q_1 – показания по шкале нагрузок, Н; K – тарировочный коэффициент.

Показателем статической формоустойчивости является остаточная деформация, %, рассчитываемая по формуле

$$\varepsilon_{\text{ост}} = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot 100, \qquad (6.5)$$

где Δl – среднее приращение размера линий контрольной базы после обработки образца, мм; l_0 – первоначальный размер линий контрольной базы (20 мм).

Показатели рекомендуется применять для обоснования выбора систем материалов, обеспечивающих надлежащую формуемость и сохранность формы обуви после снятия с колодки и в процессе носки.

Изложенная методика весьма конструктивна и может быть использована в аккредитованных лабораториях. Однако нужно разработать механизм адаптации методики к реальным условиям производства, найти связь между статическими и динамическими испытаниями и т.д. Другими словами, выполнить большой объем подготовительной, рутинной работы.

Следует отметить также важный момент, на котором остановились авторы Справочника обувщика, это динамические испытания в оценке свойств обуви. Изложим их без комментариев.

В период носки обувь и еѐ детали подвергают повторным воздействиям, обусловленным процессом ходьбы. Характер и интенсивность воздействий, определяющие динамичность работы деталей обуви, в значительной мере зависит от их расположения, вида, конструкции и условий эксплуатации обуви. Поэтому не во всех случаях результаты испытаний в статических условиях обуви, изготовленной по различным технологиям, согласуются с еѐ эксплуатационными свойствами.

В настоящее время созданы методы оценки некоторых свойств обуви или систем материалов, моделирующих еѐ важнейшие узлы, в динамических условиях. Показатели, получаемые при динамических испытаниях, воспроизводящих основные воздействия носки, согласуются с эксплуатационными свойствами обуви.

Однако методы испытания обуви в динамических условиях, как правило, характеризуются большей сложностью, а в ряде случаев и

Витебский государственный технологический университет

большей продолжительностью. Методы испытаний обуви в динамических условиях не снижают значимости методов оценки свойств обуви в статических условиях, которые, отличаясь простотой используемых приборов и самого процесса, позволяют получить объективную сравнительную характеристику качества обуви, изготовленной из определенных материалов по единой технологии.

6.2 Имитационная модель процесса формования заготовок верха обуви внутренним способом

Формоустойчивость обуви, как один из основополагающих показателей еѐ качества, как известно, зависит от эффективности технологического процесса сборки обуви. Качественное выполнение режимов формования можно оценить по способности обуви сохранять форму после снятия с колодки.

Раздел посвящен разработке методов имитационного моделирования технологических свойств материалов, выбору методики исследования, обеспечивающей условия испытаний образцов, близкие к реальным процессам, происходящим при изготовлении обуви, построению лабораторных моделей, оценивающих формоустойчивость обуви при производстве и прогнозированию формоустойчивости материалов в изделии. Все это должно привести к повышению формоустойчивости обуви, а значит и еѐ качества.

Имитационное моделирование – один из самых эффективных методов анализа для исследования и разработки сложных процессов и систем. Это моделирование дает возможность пользователю экспериментировать с системами в тех случаях, когда делать это на реальном объекте невозможно или нецелесообразно. Имитационное моделирование основано на математике, теории вероятности и статистике. В то же время имитационное моделирование и экспериментирование во многих случаях остаются интуитивными процессами. Это связано с тем, что такие процессы, как отбор существующих факторов для построения модели, введение упрощающих допущений и принятие правильных решений на основе моделей ограниченной точности, опираются в значительной мере на интуицию исследователя и практический опыт того или иного руководителя.

Имитационное моделирование по своей сути – это процесс конструирования модели реальной системы и постановки экспериментов на этой модели с целью либо понять поведение системы, либо оценить (в рамках ограничений, накладываемых некоторым критерием или совокупностью критериев) различные стратегии, обеспечивающие функцио-

Витебский государственный технологический университет

нирование данной системы. Таким образом, процесс имитационного моделирования понимаем как процесс, включающий и конструирование модели, и аналитическое применение модели для изучения некоторой проблемы. Под моделью реальной системы понимаем представление группы объектов или идей в некоторой форме, отличной от их реального воплощения; отсюда термин «реальный» используется в смысле «существующий или способный принять одну из форм существования». Следовательно, системы, существующие еще только на бумаге или находящиеся в стадии планирования, могут моделироваться так же, как и действующие системы. Все сказанное выше как раз и подходит к такой сложной системе, как технология сборки обуви.

Согласно определению, термин «имитационное моделирование» может также охватывать стохастические модели и эксперименты с использованием метода Монте-Карло. Иными словами, входы модели и (или) функциональные соотношения между различными ее компонентами могут содержать, а могут и не содержать элемент случайности, подчиняющийся вероятностным законам. Имитационное моделирование является поэтому экспериментальной и прикладной методологией, имеющей целью:

– описать поведение систем;

– построить теории и гипотезы, которые могут объяснить наблюдаемое поведение;

– использовать эти теории для предсказания будущего поведения системы, то есть тех воздействий, которые могут быть вызваны изменениями в системе или изменениями способов ее функционирования.

Модели вообще и имитационные модели в частности можно классифицировать различными способами. Укажем некоторые типовые группы моделей, которые могут быть положены в основу системы классификации:

– статические (например, поперечный разрез объекта) и динамические (временные ряды);

– детерминистские и стохастические;

– дискретные и непрерывные;

– натурные, аналоговые, символические.

Имитационные модели удобно представлять в виде системы от точных моделей или макетов реальных объектов до совершенно абстрактных математических моделей: физические – масштабированные – аналоговые – управленческие игры – моделирование на ЭВМ – математические. Модели, находящиеся в начале, часто называются физическими или натурными, потому что они внешне напоминают изучаемую систему. Статические физические модели, такие, например, как макеты расположения фабричных сооружений, помогают нам наглядно представить себе пространственные соотношения. Примером динамической

Витебский государственный технологический университет

физической модели может служить модель обувной фабрики (в уменьшенном масштабе), предназначенная для изучения нового производства до перехода к рассчитанному на его полную мощность. Отличительной особенностью физической модели является то, что она в некотором смысле «выглядит» подобно моделируемому объекту. Физические модели могут иметь вид полномасштабных макетов (например, образцов обуви). Они могут быть двумерными и трехмерными, их можно использовать для демонстрационных целей или для проведения косвенных экспериментов. Градуированные шаблоны, применяемые при изучении планировки фабричных сооружений, являются примером двумерной физической модели в уменьшенном масштабе, используемой для целей экспериментирования.

Аналоговыми моделями являются модели, в которых свойство реального объекта представляется некоторым другим свойством аналогичного по поведению объекта. Задача иногда решается путем замены одного свойства другим, после чего полученные результаты надо истолковывать применительно к исходным свойствам объекта. Например, изменение напряжения в сети определенной конфигурации может отображать поток товаров (обуви) в некоторой системе и является хорошим примером аналоговой имитационной модели. График представляет собой аналоговую модель другого типа: здесь расстояние отображает такие характеристики объекта, как время, срок службы, количество единиц и т. д. График может также показывать соотношение между различными количественными характеристиками и может предсказывать, как будут изменяться некоторые величины при изменении других величин. Из графика, например, можно получить кривую изменения предельной себестоимости изделия, например, обуви.

Отличающиеся от графиков модели, которые представляют собой различного рода схемы, также являются полезными аналоговыми моделями; обычным примером такого рода схем может служить структурная схема какой-либо организации. Соединенные линиями «квадратики» в такой схеме отражают взаимоподчинение между членами организации ко времени составления схемы, а также каналы информационного обмена между ними. В системных исследованиях также широко применяются схемы технологических процессов, в которых такие разнообразные события, как операции, задержки, проверки, образующиеся запасы и так далее, представлены отображающими движение линиями и символами. Последнее достаточно подробно изложено в п. 2.5 монографии «Формоустойчивость обуви» [6.3].

По мере продвижения по спектру моделей мы достигнем тех из них, где во взаимодействие вступают люди и машинные компоненты. Такое моделирование часто называется играми (управленческими, планировочными). В так называемых управленческих (деловых) играх че-

Витебский государственный технологический университет

ловек взаимодействует с информацией, поступающей с выхода вычислительной машины (которая моделирует все другие свойства системы), и принимает решения на основе полученной информации. Решения человека затем снова вводятся в машину в качестве входной информации, которая используется системой. Продолжая этот процесс дальше, мы приходим к полностью машинному моделированию, которое обычно и понимается под термином «моделирование». Примеры, решение подобного рода задач приведены в главе 2 монографии «Формоустойчивость обуви» [6.3].

К символическим, или математическим, моделям относятся те, в которых для представления процесса или системы используются символы, а не физические устройства. Обычным примером представления систем в этом случае можно считать системы дифференциальных уравнений. Поскольку последние представляют собой наиболее абстрактные и, следовательно, наиболее общие модели, математические модели находят широкое применение в системных исследованиях. Символическая модель является всегда абстрактной идеализацией задачи, и, если хотят, чтобы эта модель позволяла решить задачу, необходимы некоторые упрощающие предположения. Поэтому особое внимание должно быть обращено на то, чтобы модель служила действительным представлением данной задачи.

Все имитационные модели представляют собой модели типа так называемого «черного ящика». Это означает, что они обеспечивают выдачу выходного сигнала системы, если на ее взаимодействующие подсистемы поступает входной сигнал. Поэтому для получения необходимой информации или результатов необходимо осуществлять «прогон» имитационных моделей, а не «решать» их. Имитационные модели не способны формировать свое собственное решение в том виде, в каком это имеет место в аналитических моделях, а могут лишь служить в качестве средства для анализа поведения системы в условиях, которые определяются экспериментатором. Следовательно, имитационное моделирование – не теория, а методология решения проблем. Более того, имитационное моделирование является только одним из нескольких имеющихся в распоряжении системного аналитика важнейших методов решения проблем.

Исходя из изложенного выше, исследователь должен рассмотреть целесообразность применения имитационного моделирования при наличии любого из следующих условий:

– не существует законченной математической постановки данной задачи, либо еще не разработаны аналитические методы решения сформулированной математической модели;

Витебский государственный технологический университет

– аналитические методы имеются, но математические процедуры столь сложны и трудоемки, что имитационное моделирование дает более простой способ решения задачи;

– аналитические решения существуют, но их реализация невозможна вследствие недостаточной математической подготовки имеющегося персонала;

– кроме оценки определенных параметров, желательно осуществить на имитационной модели наблюдение за ходом процесса в течение определенного периода;

– имитационное моделирование может оказаться единственной возможностью вследствие трудностей постановки экспериментов и наблюдения явлений в реальных условиях;

– для долговременного действия систем или процессов может понадобиться сжатие временной шкалы, что позволяет сделать имитационное моделирование достаточно эффективным.

Дополнительным преимуществом имитационного моделирования можно считать возможности его применения в сфере образования и профессиональной подготовки. Разработка и использование имитационной модели позволяют экспериментатору видеть и «разыгрывать» на модели реальные процессы и ситуации. Это в свою очередь должно в значительной мере помочь ему понять и прочувствовать проблему, что стимулирует процесс поиска инноваций.

Прежде чем начать разработку модели, необходимо понять, что собой представляют структурные элементы, из которых она строится. В самом общем виде структуру модели можно представить математически в виде (6.6):

$$E = f(x_i, y_i), \tag{6.6}$$

где E – результат действия системы; x_i – переменные и параметры, которыми мы можем управлять; y_i – переменные и параметры, которыми мы управлять не можем; f – функциональная зависимость между x_i и y_i, которая определяет величину E.

Это упрощение полезно тем, что оно показывает зависимость функционирования системы как от контролируемых нами, так и от неконтролируемых переменных. Почти каждая модель представляет собой некоторую комбинацию таких составляющих, как:

- компоненты,
- переменные,
- параметры,
- функциональные зависимости,
- ограничения,
- целевые функции.

Витебский государственный технологический университет

Под компонентами понимают составные части, которые при соответствующем объединении образуют систему. Иногда считают компонентами также элементы системы или еѐ подсистемы.

Параметры – это величины, которые можно выбирать произвольно, в отличие от переменных, которые принимают только значения, определяемые видом данной функции. Параметры, после того как они установлены, являются постоянными величинами, не подлежащими изменению.

В модели системы различают переменные двух видов – экзогенные и эндогенные. Экзогенные переменные называются также входными; это значит, что они порождаются вне системы или являются результатом воздействия внешних причин. Эндогенными переменными называются переменные, возникающие в системе или в результате воздействия внутренних причин. Мы также называем эндогенные переменные переменными состояния (когда они характеризуют состояние или условия, имеющие место в системе) либо выходными-переменными (когда речь идет о выходах системы). Статистики иногда называют экзогенные переменные независимыми, а эндогенные – зависимыми.

Функциональные зависимости описывают поведение переменных и параметров в пределах компонента или выражают соотношения между компонентами системы. Эти соотношения, или операционные характеристики, по своей природе являются либо детерминистскими, либо стохастическими. Детерминистские соотношения – это тождества или определения, которые устанавливают зависимость между определенными переменными или параметрами в тех случаях, когда процесс на выходе системы однозначно определяется заданной информацией на входе. В отличие от этого стохастические соотношения представляют собой такие зависимости, которые при заданной входной информации дают на выходе неопределенный результат. Оба типа соотношений обычно выражаются в форме математического уравнения, которое устанавливает зависимость между эндогенными и экзогенными переменными. Обычно эти соотношения можно строить лишь на основе гипотез или выводить с помощью статистического или математического анализа.

Ограничения представляют собой устанавливаемые пределы изменения значений переменных или ограничивающие условия распределения и расходования тех или иных средств (ресурсов, запасов времени и т.д.). Они могут вводиться либо разработчиком (искусственные ограничения), либо самой системой вследствие присущих ей свойств (естественные ограничения). Примерами искусственных ограничений могут быть заданные максимальный и минимальный уровни занятости рабочих обувного предприятия или установленная максимальная сумма денежных средств, предназначенных на разработку новой технологии. Большинство технических требований к системам представляет собой

Витебский государственный технологический университет

набор искусственных ограничений. Естественные ограничения обусловлены самой природой системы. Например, нельзя продать больше обуви, чем предприятие может изготовить.

Целевая функция, или функция критерия – это точное отображение целей или задач системы и необходимых правил оценки их выполнения. Обычно указывают на два типа целей: сохранение и приобретение. Цели сохранения связаны с сохранением или поддержанием каких-либо ресурсов (временных, энергетических, творческих и т.д.) или состояний (комфорта, безопасности, уровня занятости и т.д.). Цели приобретения связаны с приобретением новых ресурсов (прибыли, персонала, заказчиков и т.п.) или достижением определенных состояний, к которым стремится организация или руководитель (расширение рынка, достижение более высокого рейтинга организации и т.п.). Выражение для целевой функции должно быть однозначным определением целей и задач, с которыми должны соизмеряться принимаемые решения. Функция критерия (целевая функция) обычно является органической составной частью модели, и весь процесс манипулирования с моделью направлен на оптимизацию или удовлетворение заданного критерия.

Сходство модели с объектом, который она отображает, называется степенью изоморфизма. Для того чтобы быть изоморфной (т.е. идентичной или сходной по форме), модель должна удовлетворять двум условиям. Во-первых, должно существовать взаимно однозначное соответствие между элементами модели и элементами представляемого объекта. Во-вторых, должны быть сохранены точные соотношения или взаимодействия между элементами. Степень изоморфизма модели относительна, и большинство моделей скорее гомоморфны, чем изоморфны. Под гомоморфизмом понимают сходство по форме при различии основных структур, причем имеет место лишь поверхностное подобие между различными группами элементов модели и объекта.

Для разработки гомоморфной модели обычно разбивают систему на некоторое число более мелких частей. Это делается для того, чтобы должным образом интерпретировать их, то есть произвести требуемый анализ задачи. Такой способ действий зависит от наличия частей или элементов, которые в первом приближении не зависят друг от друга или взаимодействуют между собой относительно простым образом. Так, мы можем сначала проанализировать эксплуатационные свойства материалов (деталей) обуви, проверяя последовательно детали верха и низа, хотя эти узлы не полностью независимы.

С такого рода анализом при построении модели близко связан процесс упрощения реальной системы. Например, мы часто предполагаем, что между двумя переменными имеет место линейная зависимость, хотя можем подозревать или даже знать, что истинная зависимость между ними не линейна. Мы предполагаем, что, по крайней мере, в

Витебский государственный технологический университет

ограниченном диапазоне значений переменных такое приближение будет удовлетворительным. В большинстве практических случаев такие приближения или упрощения достаточно хороши и дают полезные результаты.

Другим аспектом анализа является абстракция – понятие, которое в отличие от упрощения не так легко объяснить и осмыслить. Абстракция содержит или сосредоточивает в себе существенные качества или черты поведения объекта (вещи), но не обязательно в той же форме и столь детально, как это имеет место в оригинале. Большинство моделей – это абстракции в том смысле, что они стремятся представить качества и поведение моделируемого объекта в форме или способом, отличающимися от их действительной реализации. Так, в схеме организации работ сборочного цеха обувного предприятия мы пытаемся в абстрактной форме отразить трудовые взаимоотношения между различными группами работающих или отдельными членами таких групп.

После того как мы проанализировали и промоделировали части или элементы системы, мы приступаем к их объединению в единое целое. Иными словами, мы можем путем синтеза относительно простых частей сконструировать некоторое приближение к сложной реальной ситуации. Здесь важно предусмотреть два момента. Во-первых, используемые для синтеза части должны быть выбраны корректно, и, во-вторых, должно быть корректно предсказано их взаимодействие. Если все это выполнено должным образом, то эти процессы анализа, абстракции, упрощения и синтеза в итоге приведут к созданию модели, которая аппроксимирует поведение изучаемой реальной системы. Необходимо помнить, однако, что модель является только приближением (аппроксимацией), а поэтому не будет себя вести в точности, как реальный объект. Мы оптимизируем модель, но не реальную систему. Вопрос о том, существует ли действительно взаимосвязь между характеристиками нашей модели и реальностью, зависит от того, насколько правильно и корректно мы провели наши процессы анализа, абстракции, упрощения и синтеза.

До тех пор, пока модель поддастся математическому описанию, аналитик может добиваться все больших ее улучшений или усложнять исходные предположения. Когда же модель становится «непослушной», то есть неразрешимой, разработчик прибегает к её упрощению и использованию более глубокой абстракции.

Таким образом, искусство моделирования состоит в способности анализировать проблему, выделять из нее путем абстракции ее существенные черты, выбирать и должным образом модифицировать основные предположения, характеризующие систему, а затем отрабатывать и совершенствовать модель до тех пор, пока она не станет давать полез-

Витебский государственный технологический университет

ные для практики результаты. Обычно формулируют это в виде семи указаний, согласно которым надлежит:

− разложить общую задачу исследования системы на ряд более простых задач;

− четко сформулировать цели;

− подыскать аналогии;

− рассмотреть специальный численный пример, соответствующий данной задаче;

− выбрать определенные обозначения;

− записать очевидные соотношения;

− если полученная модель поддается математическому описанию, расширить ее. В противном случае упростить.

Вообще говоря, упростить модель можно, выполнив одну из перечисленных ниже операций (в то время как для расширения модели требуется как раз обратное):

− превратить переменные величины в константы;

− исключить некоторые переменные или объединить их;

− предположить линейную зависимость между исследуемыми величинами;

− ввести более жесткие предположения и ограничения;

− наложить на систему более жесткие граничные условия.

Эволюционный характер процесса конструирования модели неизбежен и желателен, поэтому мы не должны думать, что этот процесс сводится к построению единственного базового варианта модели. По мере того как достигаются цели и решаются поставленные задачи, ставятся новые задачи либо возникает необходимость достижения большего соответствия между моделью и реальным объектом, что приводит к пересмотру модели и все лучшим ее реализациям. Этот процесс, при котором начинают с построения простой модели, а затем усложняют и отрабатывают ее, имеет ряд преимуществ с точки зрения успешного завершения разработки модели.

Поскольку имитация связана с решением реальных задач, мы должны быть уверены, что конечные результаты точно отражают истинное положение вещей. Следовательно, модель, которая может нам дать абсурдные результаты, должна быть немедленно взята под подозрение. Любая модель должна быть оценена по максимальным пределам изменений величины ее параметров и переменных. Если модель дает нелепые ответы на поставленные вопросы, то нам придется снова возвратиться к истокам. Модель также должна быть способна отвечать на вопросы типа «а что, если...», поскольку это именно те вопросы, которые для нас наиболее полезны, так как они способствуют более глубокому пониманию проблемы и поиску лучших способов оценки наших возможных действий.

Витебский государственный технологический университет

Приняв во внимание, отмеченное выше, можно сформулировать конкретные критерии, которым должна удовлетворять хорошая модель. Такая модель должна быть:

− простой и понятной пользователю;

− целенаправленной;

− надежной в смысле гарантии от абсурдных ответов;

− удобной в управлении и обращении, то есть общение с ней должно быть легким;

− полной с точки зрения возможностей решения главных задач; адаптивной, позволяющей легко переходить к другим модификациям или обновлять данные;

− допускающей постепенные изменения в том смысле, что, будучи вначале простой, она может во взаимодействии с пользователем становиться все более сложной.

Исходя из того, что имитация должна применяться для исследования реальных систем, можно выделить следующие этапы этого процесса:

− определение системы – установление границ, ограничений и измерителей эффективности системы, подлежащей изучению;

− формулирование модели – переход от реальной системы к некоторой логической схеме (абстрагирование);

− подготовка данных – отбор данных, необходимых для построения модели, и представление их в соответствующей форме;

− трансляция модели – описание модели на языке, приемлемом для используемой ЭВМ;

− оценка адекватности – повышение до приемлемого уровня степени уверенности, с которой можно судить относительно корректности выводов о реальной системе, полученных на основании обращения к модели;

− стратегическое планирование – планирование эксперимента, который должен дать необходимую информацию;

− тактическое планирование – определение способа проведения каждой серии испытаний, предусмотренных планом эксперимента;

− экспериментирование – процесс осуществления имитации с целью получения желаемых данных и анализа чувствительности;

− интерпретация – построение выводов по данным, полученным путем имитации;

− реализация – практическое использование модели и (или) результатов моделирования;

− документирование – регистрация хода осуществления проекта и его результатов, а также документирование процесса создания и использования модели.

Витебский государственный технологический университет

Перечисленные этапы создания и использования модели определены в предположении, что задача может быть решена наилучшим образом с помощью имитационного моделирования. Несомненно, что в том случае, когда задача может быть сведена к простой модели и решена аналитически, нет никакой нужды в имитации. Следует изыскивать все возможные средства, подходящие для решения данной конкретной задачи, стремясь при этом к оптимальному сочетанию стоимости и желаемых результатов. Прежде чем приступать к оценке возможностей имитации, следует убедиться, что простая аналитическая модель для данного случая не пригодна.

Эйнштейн как-то сказал, что правильная постановка задачи даже более важна, чем ее решение. Для того чтобы найти приемлемое или оптимальное решение задачи, необходимо сначала знать, в чем она состоит.

Важной частью постановки задачи является определение характеристик системы, подлежащей изучению. Все системы – это подсистемы других более крупных систем. Поэтому мы должны определить цели и ограничения, которые нам надлежит учитывать в процессе абстрагирования или построения формальной модели. Говорят, что проблема может быть определена как состояние неудовлетворенной потребности. Ситуация становится проблемной, когда действие какой-либо системы не дает желаемых результатов.

Если желаемые результаты не достигаются, возникает потребность модифицировать систему или окружающие условия, в которых она функционирует. Математически можно определить проблему следующим образом (6.7):

$$P_t = |D_t - A_t|, \tag{6.7}$$

где P_t – состояние проблемы в момент времени t; D_t – желаемое состояние в момент времени t; A_t – действительное состояние в момент времени t.

Поэтому первый шаг в определении характеристик системы, подлежащей изучению, состоит в проведении анализа потребностей той среды, для которой предназначается система. Этот анализ начинается с определения целей и граничных условий (то есть того, что является и что не является частью системы, подлежащей изучению). Нас интересуют здесь две функциональные границы, или два интерфейса: граница, отделяющая нашу проблему от всего остального мира, и граница между системой и окружающей средой (то есть что мы считаем составной частью системы и что составляет среду, в которой эта система работает). Мы можем описать, что происходит в пределах самой системы, разными способами. Если бы мы не остановились на каком-то наборе элемен-

Витебский государственный технологический университет

тов и взаимосвязей, которые надлежит изучить, имея в виду вполне определенную цель, перед нами было бы бесконечное число связей и сочетаний.

Очертив цели и задачи исследования и определив границы системы, мы далее сводим реальную систему к логической блок-схеме или к статической модели. Мы хотим построить такую модель реальной системы, которая, с одной стороны, не будет столь упрощена, что станет тривиальной, а с другой – не будет столь детализирована, что станет громоздкой в обращении и чрезмерно дорогой. Опасность, которая подстерегает нас при построении логической блок-схемы реально действующей системы, заключается в том, что модель имеет тенденцию обрастать деталями и элементами, которые порой ничего не вносят в понимание данной задачи.

Поэтому почти всегда наблюдается тенденция имитировать избыточное число деталей. Во избежание такого положения следует строить модель, ориентированную на решение вопросов, на которые требуется найти ответы, а не имитировать реальную систему во всех подробностях. Закон Парето гласит, что в каждой группе или совокупности существует жизненно важное меньшинство и тривиальное большинство. Ничего действительно важного не происходит, пока не затронуто жизненно важное меньшинство. Вот почему модель должна отображать только те аспекты системы, которые соответствуют задачам исследования.

Во многих исследованиях моделирование может на этом закончиться. В большом числе случаев в результате точного и последовательного описания ситуаций становятся очевидны дефекты и «узкие места» системы, так что необходимость продолжать исследования с помощью имитационных методов отпадает.

Каждое исследование охватывает и сбор данных, под которым обычно понимают получение каких-то численных характеристик. Однако это только одна сторона сбора данных. Системного аналитика должны интересовать входные и выходные данные изучаемой системы, а также информация о различных компонентах системы, взаимозависимостях и соотношениях между ними. Поэтому он заинтересован в сборе как количественных, так и качественных данных; он должен решить, какие из них необходимы, насколько они соответствуют поставленной задаче и как собрать всю эту информацию.

Создавая стохастическую имитационную модель, всегда приходится решать, следует ли в модели использовать имеющиеся эмпирические данные непосредственно или целесообразно использовать теоретико-вероятностные или частотные распределения. Этот выбор имеет фундаментальное значение по трем причинам. Во-первых, использование необработанных эмпирических данных означает, что, как бы мы ни

Витебский государственный технологический университет

старались, можно имитировать только прошлое. Использование данных за один год отобразит работу системы за этот год и не обязательно скажет нам что-либо об ожидаемых особенностях работы системы в будущем. При этом возможными будут считаться только те события, которые уже происходили. Одно дело предполагать, что данное распределение в своей основной форме будет неизменным во времени, и совсем иное дело считать, что характерные особенности данного года будут всегда повторяться. Во-вторых, в общем случае применение теоретических частотных или вероятностных распределений с учетом требований к машинному времени и памяти более эффективно, чем использование известных данных для получения случайных вариационных рядов, необходимых в работе с моделью. В-третьих, обязательно, чтобы аналитик-разработчик модели определил ее чувствительность к изменению вида используемых вероятностных распределений и значений параметров. Иными словами, крайне важны испытания модели на чувствительность конечных результатов к изменению исходных данных. Таким образом, решения относительно пригодности данных для использования, их достоверности, формы представления, степени соответствия теоретическим распределениям и прошлым результатам функционирования системы – все это в сильной степени влияет на успех эксперимента по имитационному моделированию и не является плодом чисто теоретических умозаключений.

Проверка модели представляет собой процесс, в ходе которого достигается приемлемый уровень уверенности пользователя в том, что любой вывод о поведении системы, сделанный на основе моделирования, будет правильным. Невозможно доказать, что та или иная имитация является правильным или «правдивым» отображением реальной системы. Нас волнует обычно не справедливость самой структуры модели, а ее функциональная полезность.

Проверка модели – этап чрезвычайно важный, поскольку имитационные модели вызывают впечатление реальности, и как разработчики моделей, так и их пользователи легко проникаются к ним доверием.

Такого процесса, как «испытание» правильности модели, не существует. Для этого могут быть использованы проверки трех видов. Применяя первую из них, мы должны убедиться, что модель верна, так сказать, в первом приближении. Например, следует поставить такой вопрос: не будет ли модель давать абсурдные ответы, если еѐ параметры будут принимать предельные значения? Мы должны также убедиться в том, что результаты, которые мы получаем, по-видимому, имеют смысл. Последнее может быть выполнено для моделей существующих систем методом, предложенным Тьюрингом. Он состоит в том, что людей, непосредственно связанных с работой реальной системы, просят сравнить результаты, полученные имитирующим устройством, с данными,

Витебский государственный технологический университет

получаемыми на выходе реальной системы. Для того чтобы такая проверка была несколько более строгой в научном отношении, мы можем предложить экспертам указать на различия между несколькими выборками имитированных данных и аналогичными выборками, полученными в реальной системе.

Второй метод оценки адекватности модели состоит в проверке исходных предположений, и третий – в проверке преобразований информации от входа к выходу. Последние два метода могут привести к необходимости использовать статистические выборки для оценки средних значений и дисперсий, дисперсионный анализ, регрессионный анализ, факторный анализ, спектральный анализ, автокорреляцию, метод проверки с помощью критерия «хи-квадрат» и непараметрические проверки. Поскольку каждый из этих статистических методов основан на некоторых допущениях, то при использовании каждого из них возникают вопросы, связанные с оценкой адекватности. Некоторые статистические испытания требуют меньшего количества допущений, чем другие, но в общем эффективность проверки убывает по мере того, как исходные ограничения ослабляются.

Обычно делят способы оценки имитационной модели на три категории: верификацию, используя которую экспериментатор хочет убедиться, что модель ведет себя так, как было задумано; оценку адекватности – проверку соответствия между поведением модели и поведением реальной системы; проблемный анализ – формулирование статистически значимых выводов на основе данных, полученных путем машинного моделирования. Для осуществления этой оценки часто бывает необходимо предпринять целый ряд действий, начиная от поэтапного испытания модели на компьютере до проведения испытаний. Как бы то ни было, сами эти испытания связаны с трудностями, присущими эмпирическому исследованию; к числу таких трудностей относятся следующие ситуации: высокая стоимость получения данных вынуждает пользоваться небольшими выборками; данные чрезмерно разделены на различные группы и используются данные, достоверность которых сомнительна.

Таким образом, вопрос оценки адекватности модели имеет две стороны: приобретение уверенности в том, что модель ведет себя таким же образом, как и реальная система; установление того, что выводы, полученные из экспериментов с моделью, справедливы и корректны. Оба эти момента в совокупности сводятся к обычной задаче нахождения равновесия между стоимостью и временем каждого действия, связанного с оценкой адекватности модели, ценностью получаемой все в больших количествах информации и последствиями ошибочных заключений.

Не нужно также забывать о стратегическом планировании, то есть о том, как планировать эксперимент, который дает желаемую информа-

Витебский государственный технологический университет

цию. Планирование экспериментов достаточно широко представлено в настоящей монографии. Цель использования планируемых экспериментов двоякая: они обеспечивают экономию с точки зрения уменьшения числа требуемых экспериментальных проверок, и они задают структурную основу обучения самого исследователя.

Цель любого экспериментального исследования, включая моделирование, заключается в том, чтобы больше узнать об изучаемой системе. Эксперимент представляет собой процесс наблюдения и анализа, который позволяет получить информацию, необходимую для принятия решений. План эксперимента даст возможность выбрать метод сбора исходной информации, содержащей необходимые сведения о явлении или системе, которые позволяют сделать важные выводы о поведении изучаемого объекта. В экспериментальном исследовании можно выделить два типа задач: определение сочетания параметров, которое оптимизирует переменную отклика, и (или) объяснение соотношения между переменной отклика и контролируемыми в системе факторами. Для обеих этих задач разработано и доступно для использования множество планов постановки экспериментов.

Далее, чтобы обучение было успешным, требуется полное использование накопленных ранее знаний, что в свою очередь необходимо при выдвижении возможных гипотез, подлежащих проверке, и стратегий, подлежащих оценке. Хороший план эксперимента позволяет разработать стратегию сбора исходных данных, полезных для такого синтеза и выдвижения гипотез. Существующие в настоящее время методы планирования экспериментов и аналитические методы очень хорошо удовлетворяют нашим потребностям. Математические описания, сопутствующие планированию эксперимента, предоставляют нам много возможных альтернатив.

Методы извлечения информации, содержащейся в планах эксперимента, хорошо описаны и обычно легко осуществимы. Таким образом, планирование эксперимента может в значительной мере облегчить синтез новых сведений и выдвижение новых идей и в то же время уменьшить затраты времени, усилий и денежных средств.

Тактическое планирование, вообще говоря, связано с вопросами эффективности и определением способов проведения испытаний, намеченных планом эксперимента. Тактическое планирование, прежде всего, связано с решением задач двух типов: определением начальных условий в той мере, в какой они влияют на достижение установившегося режима, и, возможно, большим уменьшением дисперсии решений при одновременном сокращении необходимых размеров выборки.

Первая задача (то есть определение начальных условий и их влияния на достижение установившегося режима) возникает вследствие искусственного характера функционирования модели. В отличие от ре-

Витебский государственный технологический университет

ального объекта, который представлен моделью, сама имитационная модель работает эпизодически. Это значит, что экспериментатор запускает модель, делает свои наблюдения и «останавливает» ее до следующего прогона. Всякий раз, когда начинается прогон, модели требуется определенное время для достижения условий равновесия, которые соответствуют условиям функционирования реальной системы. Таким образом, начальный период работы модели искажается из-за действия начальных условий запуска модели. Для решения задачи, во-первых, необходимо исключить из рассмотрения данные, относящиеся к некоторой части начального периода, и, во-вторых, следует выбирать такие начальные условия, которые уменьшают время, необходимое для достижения установившегося режима. Разумно выбранные начальные условия могут уменьшить, но не полностью свести к нулю время переходного процесса. Поэтому дополнительно необходимо определить время начала измерений.

Вторая задача тактического планирования связана с необходимостью оценить точность результатов эксперимента и степень надежности заключений или выводов. Это немедленно ставит нас лицом к лицу с такими вопросами, как изменяемость условий, размер выборки и повторяемость результатов. В любом эксперименте из ограниченного объема полученных данных мы стремимся извлечь как можно больше информации. Для уменьшения разброса характеристик было предложено несколько методов, которые могут существенно снизить требуемый размер выборки и число повторений эксперимента. Использование очень больших выборок может в конечном счете решить все тактические проблемы имитационного моделирования, но обычно ценой больших затрат времени, необходимого для последующего анализа результатов. Чем сложнее имитационная модель, тем более важен этап тактического планирования, выполняемого перед проведением экспериментов.

После завершения этапов разработки и планирования осуществляем прогон модели с целью получения желаемой информации. На этом этапе мы начинаем находить недостатки и просчеты в нашем планировании и повторяем наши усилия до тех пор, пока не достигнем первоначально поставленных целей.

Одним из наиболее важных понятий в имитационном моделировании является анализ чувствительности. Под ним мы понимаем определение чувствительности наших окончательных результатов к изменению используемых значений параметров. Анализ чувствительности обычно заключается в том, что величины параметров систематически варьируются в некоторых представляющих интерес пределах и при этом наблюдается влияние этих вариаций на характеристики модели. Почти в любой имитационной модели многие переменные рождаются на основании весьма сомнительных данных. Во многих случаях их значения

Витебский государственный технологический университет

могут быть определены только на основе предположений опытного персонала или с помощью весьма поверхностного анализа некоторого минимального объема данных. Поэтому чрезвычайно важно определить степень чувствительности результатов относительно выбранных для исследования величин. Если при незначительных изменениях величин некоторых параметров результаты меняются очень сильно, это может служить основанием для затраты большего количества времени и средств с целью получения более точных оценок. В то же время, если конечные результаты при изменениях величин параметров в широких пределах не изменяются, то дальнейшее экспериментирование в этом направлении неоправданно и не является необходимым.

Имитационное моделирование идеально подходит для анализа чувствительности благодаря тому, что экспериментатор здесь может успешно контролировать весь ход эксперимента. В отличие от экспериментирования с реальными системами пользователь модели, располагая возможностями абсолютного контроля над своей моделью, может варьировать по желанию любой параметр и судить о поведении модели по наблюдаемым результатам.

Последние два элемента, которые должны быть включены в любое задание по моделированию, – это реализация замысла и документирование. Никакое задание на моделирование не может считаться завершенным до тех пор, пока оно не будет принято, понято и использовано. Наибольшие неудачи, постигавшие специалистов, занимающихся проблемами управления, были связаны с восприятием и использованием их работ.

Известно, что распределение времени проектирования модели представляется следующим образом: 25 % на постановку задачи, 20 % на сбор и анализ данных, 30 % на разработку модели и 25 % на реализацию.

Документирование близко связано с реализацией. Тщательное и полное документирование процессов разработки и экспериментирования с моделью может значительно увеличить срок ее жизни и вероятность успешной реализации. Хорошо организованное документирование облегчает модификацию модели и обеспечивает возможность ее использования, если даже служб, занимавшихся разработкой модели, больше не существует. Кроме этого, тщательная документация может помочь разработчику модели учиться на своих ошибках и, быть может, послужит источником для создания подпрограмм, которые будут снова использованы в будущих проектах.

Попробуем указанную выше работу вложить в рамки современных представлений об имитационном моделировании как эффективном методе анализа сложных процессов и систем. Это моделирование дает возможность пользователю экспериментировать в системах в тех случа-

Витебский государственный технологический университет

ях, когда делать это на реальном объекте невозможно или нецелесообразно. Имитационное моделирование основано на математике, теории вероятности и статистике. В тоже время имитационное моделирование и экспериментирование во многих случаях остаются интуитивными процессами. Это связано с тем, что такие процессы, как отбор существующих факторов для построения модели, введение ограничивающих допущений и принятие правильных решений на основе моделей ограниченной точности, опираются в значительной мере на интуицию исследователя и практический опыт лица, принимающего решение (ЛПР).

По своей сути, имитационное моделирование – это процесс создания модели реальной системы (например, технологического процесса) и постановки экспериментов на этой модели с целью оценки различных стратегий, обеспечивающих еѐ функционирование. Таким образом, процесс имитационного моделирования понимаем как процесс, включающий конструирование модели и аналитическое еѐ применение для изучения технологического процесса. Под моделью реальной системы понимаем, в нашем случае, технологический процесс (или часть его) производства обуви внутреннего способа формования, реализованный в лабораторных условиях. Цель имитационного моделирования будет в описании и объяснении поведения системы для предсказания еѐ будущего состояния, вызванного происходящими в технологическом процессе изменениями.

Одним из наиболее важных применений моделей в теоретическом и практическом аспектах является прогнозирование состояния (например, качество обуви) объектов – в нашем случае обуви внутреннего способа формования. Теперь необходимо остановиться на основных причинах, связанных с целесообразностью применения имитационного моделирования в нашем случае:

– во-первых, проведение экспериментирования в реальном производстве практически невыполнимо, т.к. будет связано с его временным остановом;

– во-вторых, постановка эксперимента в реальной системе производства, исследование качества продукции и т.д. приводит к увеличению накладных расходов.

В основу настоящей работы были положены типовые группы моделей: физические, аналоговые и символические. Отличительной особенностью физической модели является то, что она в некотором смысле «выглядит» подобно моделируемому объекту. С помощью физической модели описывался и имитировался технологический процесс производства мужских полуботинок внутреннего способа формования, учитывающий временной интервал производства и параметры технологических процессов. С помощью аналоговой модели поведения материалов верха описывалось состояние объекта – обуви внутреннего способа

Витебский государственный технологический университет

формования. Символические (математические) модели использовали для оптимизации технологического процесса производства обуви и прогнозирование еѐ эксплуатационных свойств. Ниже по тексту будут приведены варианты решения оптимизационных задач для производства обуви внутреннего способа формования для ОАО «Красный Октябрь», г. Витебск. За базовый технологический процесс будет использован связанный с изготовлением обуви с верхом из НК, а в дальнейшем показано, какие минимальные изменения в него нужно внести при использовании различных видов ИК (смотри раздел 6.3 монографии).

Рассмотрим решение оптимизационной задачи на примере мужских полуботинок строчечно-литьевого метода крепления модели 43001. Внешний вид обуви представлен на рисунке 6.4.

Рисунок 6.4 – Мужские полуботинки, модель 43001

Для производства данной модели использовали следующие материалы: верх – НК, подкладка – НК и текстильный материал, подошва – полиуретановая композиция. Технологический процесс производства мужских полуботинок строчечно-литьевого метода крепления представлен ниже.

После раскроя деталей подкладки, верха заготовки и межподкладки на машинах ПКП-10 и ПТО-40 соответственно осуществляются следующие операции:

– расслаивание межподкладки, дублирование овальной вставки с межподкладки (ДВ-О, машина проходного типа);

– увлажнение овальных вставок, пролежка (увлажнительная камера);

– активация овальных вставок (по необходимости), формование овальной вставки, проверка перегибов по шаблону (W44, парилка);

– переруб овальной вставки (двойной) (ПВГ-8);

– выравнивание деталей по толщине;

– профилирование деталей по толщине;

– клеймение реквизитов, парников на кожподкладки;

Витебский государственный технологический университет

– спускание краев деталей верха обуви и подкладки.

Колебание толщины наружных деталей верха обуви и деталей кожаной подкладки существенно влияет на качество обуви, поэтому детали верха обуви выравнивают по толщине на машине МДВ-О (Россия). Машины МДВ-О предназначены не только для выравнивания деталей по толщине, но и для фасованного двоения и утонения краев деталей верха. Спускание краев деталей осуществляется на машине АСГ-13 (Россия). Толщина спущенного края под строчку зависит от исходной толщины деталей, но не должна превышать половины первоначальной толщины [6.9].

В последующем идет контроль качества кроя и транспортирование в сборочный цех. Сборка заготовки осуществляется в следующем порядке: дублирование межподкладки с деталями верха заготовки; настрачивание кожаной подкладки под язычок и текстильной подкладки с дополнительной закрепкой; пристрачивание деталей подкладки под берцы к кожаному карману с дополнительной закрепкой; настрачивание берцев на боковинки с дополнительной закрепкой; настрачивание задинки на берцы; настрачивание овальной вставки на язычок; настрачивание берцев на овальную вставку; настрачивание обсоюзки на овальную вставку; встрачивание «узла» подкладки в «узел» верха с тесьмой; намазка клеем деталей поролона, верха и подкладки; сушка; наклеивание деталей поролона, равномерное выворачивание кожаной подкладки, расправка подкладки, склеивание верха с подкладкой.

Видимые края деталей обрабатывают обжигом и окрашиванием. Детали верха обуви скрепляются ниточными швами. Выбор шва определяют его внешним видом, технико-экономическими показателями и требованиями государственных стандартов на обувь. При производстве данной модели использовались при скреплении подкладки и деталей верха обуви настрочной, тачной и выворотный швы.

После соединения деталей заготовки предварительно формуют в носочной и пяточной части для создания пространственной заготовки. Потом к отформованной заготовке прикрепляют втачную стельку. Так как детали низа прикрепляются с помощью строчно-литьевого метода крепления, то в заготовке используют затяжную кромку, направленную вертикально вниз по отношению к плоскости следа колодки.

Данная модель изготавливается внутренним способом формования. Поэтому после соединения деталей верха, межподкладки и подкладки для облегчения формования заготовок верха и улучшения формоустойчивости обуви применяют предварительное формование заготовки. Детали верха обуви предварительно формуют на машине модели 50/2R фирмы Matic, представленной на рисунке 6.5.

Витебский государственный технологический университет

Рисунок 6.5 – Машина для формования носочной части MATIC50/2R

Заготовка разогревается в активаторе подноска в течение 15–25 с при температуре 160–200 °С (температура и время активации зависит от материала верха и подкладки). После активации заготовка формуется с помощью холодного пуансона. Время фиксации 13–18 с, а для заготовок на подкладке из натурального меха 20–25 с. После активации заготовку укладывают на плиту машины, опускается обжимная скоба и вся система опускается на пуансон, происходит формование заготовки между пуансоном и обжимной скобой. Давление пуансона и обжимной скобы в пределах 0,2–0,4 МПа. Отформованная заготовка не должна иметь перекосов. На подносках не должно быть складок и морщин. Излишки затяжной кромки в носочной части должны быть аккуратно обрезаны.

После предварительного формования деталей верха к заготовке пристрачивают втачную стельку, изготовленную из материала Ibitix, и отправляют в пошивочный цех. В цехе объемную заготовку подергали обработкой разогретым паром в течение 20 секунд при температуре 50–90 °С. В последующем ее одевали на колодку и отправляли на влажно-тепловую обработку (ВТО).

На заготовки, надетые на колодки, с помощью кисти или пульверизатора наносят увлажнитель. Затем заготовки загружают в установку для фиксации формы. Для обуви с верхом из светлых кож температура влажно-тепловой обработки 110–130 °С, для обуви с верхом из темных кож – 160–180 °С. Время выполнения термофиксации подбирает технолог цеха для каждого кожтовара отдельно. Проводят ВТО на машине SAVE-2000, представленной на рисунке 6.6.

Витебский государственный технологический университет

Рисунок 6.6 – Машина для влажно-тепловой обработки SAVE-2000 (пр-во Италия)

После ВТО смотрят, чтобы не было морщин на заготовке, если они имеются, то их устраняют с помощью ролика спецприспособления и отвозят тележку с колодками на литье подошвы. Литье низа осуществляют на машине Desma 581/18, которая представлена на рисунке 6.7.

Рисунок 6.7 – Литьевой агрегат Desma 581/18 (пр-во Германия)

Колодки с заготовками снимают с тележек и устанавливают на штуцер штанги литьевого агрегата. Нажатием кнопки на агрегате работник смыкает пресс-форму. После полного смыкания пресс-форм можно приступать к выполнению операции. Намазка поверхности заготовок выполняется в носочной и пяточной части. Клей должен быть нанесен равномерным тонким слоем без сгустков и подтеков. Выполняют отжим пресс-формой. Отжим на заготовке должен быть четким

Витебский государственный технологический университет

для точного выполнения взъерошивания затяжной кромки заготовок. Затем колодку снимают со штуцера штанги и устанавливают в ячейки литьевого агрегата. В заготовках после выполнения операций взъерошивания выполняется околачивание боковых швов, идущих в прилив подошвы. Колодка с заготовкой устанавливается на штуцер литьевого агрегата. Под резинку вставляется вкладыш на пяточную часть следа заготовки. Перед каждым литьем пуансон и пресс-форма должны быть очищены от литников и отходов полиуретановой смеси. Пуансон и пресс-форма литьевого агрегата должны быть смазаны разделительной смазкой. Такт литья одной полупары зависит от применяемой ПУ-композиции. Температура пресс-форм и пуансона – 55±5 °С, давление воздуха в реакторах – 0,4 МПа, температура реакторов – 35–40 °С.

После прикрепления низа обуви следующей операцией является удаление выпресовок по периметру обуви и снятие с колодки. Процесс одевания заготовки на колодку до снятия длится около 45 мин.

Этот способ формования имеет следующие преимущества по сравнению с обтяжно-затяжным:

– материалоемкость обуви уменьшается на 8–12 % в результате более равномерного растяжения деталей заготовки и уменьшения припусков на затяжную кромку;

– производительность труда повышается на 15–20 % вследствие совмещения и ликвидации ряда технологических операций;

– снижение затрат на дорогое обтяжно-затяжное оборудование.

При производстве обуви на ее качество влияет ряд факторов. Для улучшения формоустойчивости обуви необходимо учитывать следующие факторы, влияющие на ее формоустойчивость:

- физико-механические свойства материала верха и низа;
- конструкцию заготовки обуви;
- увлажнение заготовки;
- величину и характер распределения деформаций по площади заготовки при формовании;
- фиксацию формы;
- продолжительность нахождения обуви на колодке;
- гигрометрические параметры воздуха в цехе;
- условия транспортирования и хранения обуви [6.9].

Таким образом, выше были перечислены основные факторы, влияющие на формоустойчивость обуви при ее производстве. Систематизируем полученные данные и проанализируем технологический процесс с позиций современных представлений об имитационном моделировании, используя технологические карты.

Технологическая карта процесса представляет собой относительно простое в использовании средство и хороший метод летального поэтапного описания того, как протекает или может протекать некоторый

Витебский государственный технологический университет

производственный, технологический или какой-либо другой процесс. Она отражает логическую последовательность операций в сжатой форме, показывая шаг за шагом ход того или иного процесса. Однако универсальность технологических карт несколько ограничена, они очень удобны для прослеживания поэтапного движения лишь единичного изделия или материала, документа, а также действий одного человека; подобным образом может также отображаться движение множества документов, материалов и людей, но это значительно сложнее.

Технологические карты были впервые разработаны Джилбертом, а позднее усовершенствованы рядом других специалистов [6.10]. Джилберт разработал своеобразный сокращенный способ записи процесса при помощи условных знаков-символов, каждый из которых обозначал наличие или отсутствие некоторого вида операций. С годами его 39 символов были упрощены. Американское общество инженеров-механиков установило пять, получивших широкое распространение, символов, представленных в таблице 6.2, которые позволяют наглядно представлять большинство операций.

Таблица 6.2 – Условное обозначение операций

Символ действия	Наименование	Результат действия
○	операция	производит, подготавливает и осуществляет
⇨	транспортировка	перемещение
□	инспектирование	проверяет, контролирует
D	задержка	задерживает, проверяет
▽	хранение	хранит, накапливает

Кружок обозначает операцию, в результате которой что-то производится или в ходе которой намеренно изменяются физические или химические свойства объекта, что-то создается, расчленяется или собирается. Эти операции продуктивны, например, окрашивание, сшивание деталей и т.д. Вычисления, планирование и сбор информации также считаются операциями.

Стрелка обозначает транспортировку и отображает движение рассматриваемого предмета от одного производственного участка к другому, из одного отдела в другой. На технологической карте любые перемещения внутри зоны непосредственного осуществления операции (например, взятие инструмента, перемещение отчетного документа на столе исполнителя) считаются частью операции, а не транспортировкой. Но если человек или предмет должен переместиться в другое место, то эта операция должна обозначаться как транспортировка.

Витебский государственный технологический университет

Квадрат обозначает контроль или сравнение результатов с плановым или стандартными показателями, в том числе проверку единицы продукции по качественным и количественным показателям, контроль результатов испытаний, прочтение документов перед принятием определенного решения и т.д. Подсчет деталей, выявление ошибок в документе, сравнение полученных данных с предшествующими указаниями – все эти действия относятся к операциям контроля и должны обозначаться прямоугольниками. Во многих процессах контроль часто совмещается с другой операцией; например, при подсчете деталей перед их отгрузкой рабочий производит также их осмотр. В этом случае мы можем употреблять два символа, вписав кружок внутрь квадрата.

Прописная буква *D* употребляется для обозначения временных задержек, например, когда человек прерывает работу или письмо лежит в почтовом ящике, ожидая выемки, или данные, которые должны быть переданы оператору, ожидают своей очереди в буферном запоминающем устройстве. Изделия, ожидающие своей очереди на соответствующее обслуживание, или изделия, ожидающие погрузки, также должны обозначать прописной буквой *D*.

Треугольник обозначает накопление, хранение, что имеет место тогда, когда детали или изделия преднамеренно хранятся в пассивном состоянии, например, запчасти на складе, информация в оперативной памяти ЭВМ или на диске для последующего использования. Различие между хранением и задержкой состоит в том, что первое планируется и осуществляется преднамеренно, в то время как второе не подчиняется контролю и не планируется.

Располагая подобным набором символов, мы можем описать любую процедуру или процесс. Технологическая карта строится сравнительно просто и может иметь несколько различных форм.

Другим способом визуализации любых процессов является использование технологических диаграмм в сочетании с технологической картой. Технологическая диаграмма дает возможность отобразить ход процесса как бы «на местность» того реального производственного помещения, где этот процесс протекает. Операция и другие события пронумерованы так, что мы можем сравнить их с технологической картой. Такая схема позволяет выявить узкие места процесса, где могут возникнуть помехи и снизиться эффективность всего производственного комплекса. Для изучения более сложных операций, при которых обрабатывается несколько изделий или множество копий одного документа, могут использоваться различные варианты сочетаний технологических карт и технологических диаграмм.

Построим технологическую карту для технологического процесса: формование заготовки верха обуви и крепление подошвы (табл. 6.3).

Витебский государственный технологический университет

Таблица 6.3 – Технологическая карта

Подробное описание	Операция	Транспортировка	Контроль	Задержка	Хранение	Количество	Длительность	Исключается	Объединяется	Изменения		
										Последовательность	Место	Лицо
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Увлажнение и разогрев заготовок паром	○											
Одевание заготовок на колодки	○											
Проверка положения заготовок на колодках			□									
Околачивание шва					D							
Проклеивание штробельного шва в пяточной части					D							
Вставка временного вкладыша под шнуровку					D							
Временное шнурование заготовок на колодках с подтягиванием берец и закреплением шнурка на бирку					D							
Увлажнение заготовок на колодках	○											
Загрузка обуви в ВТО-О					D							
Термофиксация обуви	○											
Контроль качества формовочных процессов			□									
Отделка обуви на колодках					D							
Околачивание					D							
Обслуживание ВТО-О					D							
Выравнивание верхней площадки колодок					D							
Раскладывание колодок с заготовками на тележки					D							
Сушка вкладышей					D							
Поднос вкладышей к литьевому агрегату					D							
Доставка, подготовка и составление ПУ композиции					D							

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы 6.3

Загрузка заготовок на колодках в ячейки литьевого агрегата					D							
Выполнение отжима пресс-формой на заготовке, подправка колодок, околачивание шва					D							
Промазывание заготовок клеем в носочной и пяточной части					D							
Взъерошивание заготовок по отжиму					D							
Установка колодки с заготовкой на штуцер литьевого агрегата, подправка колодок, установка вкладыша					D							
Очистка пресс-форм от остатков полиуретановой массы					D							
Чистка мундштука смесительной головки					D							
Нанесение разделительной смазки					D							
Литье ПУК на след заготовки					D							
Съемка обуви на колодках с литьевого агрегата					D							
Удаление литников					D							
Отгибка выходов ПУК					D							
Загрузка обуви в охладительную установку	○											
Выгрузка обуви из охладительной установки	○											
Удаление временной шнуровки и вкладыша					D							
Съемка обуви с колодок	○											

Анализируя указанную таблицу, следует отметить следующие операции, влияющие на формоустойчивость обуви:

1) увлажнение и разогрев заготовок паром;
2) одевание заготовок на колодки;
3) увлажнение заготовок на колодках;
4) снятие обуви с колодок.

Также на формоустойчивость обуви будет влиять предварительное формование заготовок. В таблице 6.4 представлены значения технологических параметров данных операций и измеренные их значения.

Витебский государственный технологический университет

Таблица 6.4 – Параметры технологического процесса

Операция	Значения по технологическим картам	Измеренные значения
1. Разогрев в активаторе	$T_э$ = 160–200 °С $t_э$ = 15–20 с	$T_э$ = 145–180 °С $t_э$ = 15–25 с $T_{заг.\ верх.}$ = 25–80 °С $T_{заг.\ подкл.}$ = 20–110 °С
2. Формование на пуансоне	t= 13–18 с	$T_{пуан.}$ = 26–27 °С $T_{заг.\ верх.}$ = 20–39 °С $T_{заг.\ подкл.}$ = 18–36 °С
3. Увлажнение паром	–	$T_{штык}$ = 80–95 °С t = 1 мин 20 с $T_{на\ обор.}$ = 50–91 °С $T_{после\ снятия}$ = 22–65 °С
4. ВТО	T = 160–180 °С T = 110–130 °С t = 3–4,5 мин	t = 40 с $T_{передвозд.}$ = 22–31 °С $T_{послевозд}$ = 40–65 °С

Итак, можно выделить следующие факторы, позволяющие оптимизировать технологический процесс: температура, время, влажность и деформация заготовки. Деформация заготовки зависит от ее конструкции, размеров и формы колодки и пуансонов и колеблется в пределах от 5 до 15 %. Время является фактором производительности труда и объема выпускаемой продукции на потоке. В связи с указанным выше застабилизируем время выполнения операций. Оптимальная влажность для создания хорошей формоустойчивости обуви составляет 25–30 % [6.11]. Однако при контактном увлажнении возможен привес влаги 3–6 % [6.11], поэтому варьировать фактором влажности будем в пределах 14–20 %, так как 14 % – количество влаги, находящейся в НК (неувлажненных), а 20 % – это максимально возможная влажность материалов заготовки, достигаемая при контактном увлажнении. Температуру будем варьировать в измеряемых возможностях ее реализации в ВТО.

Используя уравнение (6.8) и проведя необходимые исследования, рассчитаем статическую формоустойчивость обуви. Для этого воспользуемся данными (табл. 6.5) и методикой из работы [6.9].

Таблица 6.5 – Факторы и уровни варьирования

Факторы	Символ	Уровни варьирования			Интервал варьирования
		–	0	+	
Влажность кожи W, %	X_1	14	17	20	3
Деформация материала ε_1	X_2	5	10	15	5
Температура в ВТО T, °С	X_3	100	140	180	40

Витебский государственный технологический университет

Для определения эффективности влажно-тепловой обработки была измерена температура поверхности заготовок верха обуви, которая находилась в пределах 40–65 °С. Этого недостаточно для снятия внутренних напряжений в материалах заготовки верха обуви.

Одним из достоинств имитационного моделирования является то, что мы можем пользоваться математическими зависимостями, полученными ранее для подобных технологических процессов, однако при этом необходимо учитывать принцип физической аналогии объектов исследования, т.е. обуви с верхом из натуральных кож.

Исходя из изложенного выше, рассчитаем значение формоустойчивости для указанного технологического процесса. Для чего используем полученное в работе [6.9, с. 108] уравнение:

$$У_С = 74{,}37 + 5{,}39X_1 - 1{,}59X_3 - 0{,}72X_1X_2 + 0{,}54X_1X_2X_3. \qquad (6.8)$$

Решая уравнение (6.8), получаем следующие значения статической формоустойчивости: 60–69 %.

Анализируя полученный результат по методу Харрингтона, приходим к выводу, что исследованный технологический процесс не является оптимальным, так как не обеспечивается достаточная формоустойчивость обуви (не менее 75 %). При недостаточной формоустойчивости можно ожидать появление таких дефектов, как складкообразование и растаптывание верха обуви [6.7].

С помощью уравнения (6.8) для достижения наилучшей формоустойчивости определяются рациональные значения параметров технологического процесса. Установлено, что для получения достаточной формоустойчивости необходимо увлажнять заготовку до 25–30 % влажности, а также увеличить длительность увлажнения заготовки верха обуви (до 3–5 минут) и нахождения еѐ в ВТО (до 7–8 минут), обеспечив при этом разогрев заготовки верха обуви до 90–110 °С.

Превалирующим фактором является влажность заготовки верха обуви из НК, что практически можно сделать, добавив операцию увлажнения в жидкой фазе с последующей пролежкой заготовки в течение часа. К сожалению, это можно сделать далеко не для всех видов кож и конструкций заготовок верха обуви.

При эксплуатации обуви потребитель оценивает качество готовой продукции визуальным способом и в первую очередь замечает пороки, связанные с низкой формоустойчивостью. Оптимизация технологического процесса позволит не только улучшить процесс производства, снизить затраты, но и повысить качество производимой продукции, а значит и престиж предприятия.

Витебский государственный технологический университет

6.3 Оптимизация технологического процесса формования верха обуви

Процесс сборки обуви и, в основном, формование верха обуви во многом определяет ее качество. Оценить эффективность проведения режимов формования можно по внешнему виду обуви: усадке, искажению геометрических размеров, перекосу швов, нарушению деталей и разрыву швов, вылеганию задника и подноска и т.п. Кроме того, есть еще и дефекты, которые скрыты и проявляются лишь в процессе носки обуви, – это быстрая потеря формы обуви (растаптывание, сваливание верха на наружную и внутреннюю стороны, складкообразование на союзочной части верха, оседание задника и подноска), разрушение деталей верха и швов, скрепляющих их, и т.д.

Известно, что основным дефектом, из перечисленных выше, является потеря формы (низкая формоустойчивость) обуви после ее изготовления, в процессе хранения и носки.

Как показали исследования, проведенные в последнее время, примерно половина из всех дефектов обуви связана с неправильным выполнением режимов формования. Значительная доля этих дефектов приходится на низкую формоустойчивость. В связи с этим особо важное значение приобретает развитие ряда теоретических и практических вопросов формоустойчивости обуви, которые еще до настоящего времени недостаточно разработаны.

Качество обуви, ее формоустойчивость зависит, прежде всего, от правильного проведения режимов формования верха. Поэтому целесообразно определить факторы, влияющие на формоустойчивость обуви с верхом их ИК в технологическом процессе.

Как было установлено в разделе 6.2, на формоустойчивость обуви влияют следующие технологические операции:

1) предварительное формование верха обуви;
2) увлажнение и разогрев заготовки паром;
3) одевание и деформирование заготовки на колодке;
4) влажно-тепловая обработка верха, а также на формоустойчивость будет влиять время нахождения на колодке.

Однако нецелесообразно оптимизировать все данные операции исходя из следующих соображений.

На формоустойчивость обуви влияет предварительное формование носочной и пяточной части, однако данную операцию не будем оптимизировать, т.к. режимы предварительного формования зависят от конкретно применяемых материалов в заготовке верха обуви, а также от еѐ конструкции.

Витебский государственный технологический университет

Для оптимизации технологического процесса можно выделить следующие факторы: температура, время, влажность и деформация заготовки. При этом следует учесть, что деформация заготовки верха обуви внутреннего способа формования в зависимости конструкции, размеров и формы колодки и колеблется от 3 % до 15 % во всех частях заготовки.

Итак, будем рассматривать следующие операции: «Увлажнение и разогрев заготовки паром» и «Влажно-тепловая обработка».

Рассмотрим операцию «Увлажнение и разогрев заготовки паром» и определим факторы, влияющие на формоустойчивость обуви на данной операции.

Операция «Увлажнение и разогрев паром» проводится с помощью приспособления для увлажнения носочной части паром. Целью указанной операции является снижение коэффициентом трения при одевании заготовки на колодке за счет образования влаги на поверхности подкладки в носочной части. При проведении данной операции заготовку не подвергают деформации, поэтому данный фактор застабилизируем.

Нагревание заготовки обуви осуществляется с помощью пара, температура которого равна 100 ºС. Из-за конструктивных особенностей установки варьировать данным фактором невозможно, поэтому его необходимо застабилизировать.

Исходя из реального времени данной технологической операции, которая составляет 1–1,5 мин, температура подкладки заготовки может достигнуть 90 ºС. Учитывая то, что увлажнить наружные детали верха не удается, мы можем варьировать только температурным воздействием, т.е. реальной температурой носочной части заготовки, которая согласно нашим измерениям составляет приблизительно 80 ºС.

Оптимальная влажность для создания хорошей формоустойчивости обуви составляет 25–30 %. Однако привес влаги в подкладке заготовки будет зависеть только от времени нахождения еѐ на приспособлении. В связи с этим на данной операции целесообразно варьировать только временем нахождения заготовки на приспособлении. Привес влаги по нашим измерениям составляет 2–5 %.

Операция «Одевание и деформирование заготовки на колодке» связана с временем осуществления технологического процесса производства обуви, и его увеличение или уменьшение может повлиять на количество выпускаемой обуви и временные затраты на производство. В связи с этим время нахождения заготовки обуви на колодке необходимо застабилизировать. В среднем заготовка верха обуви находится на колодке 30–45 минут при температуре воздуха в цеху (25±5) ºС и относительной влажности (65±5) %.

Операция «Влажно-тепловая обработка» проводится на машине SAVE-2000. Влажно-тепловая обработка состоит из последовательного

Витебский государственный технологический университет

воздействия на обувь влажного теплого, сухого горячего и холодного воздуха. Во влажной зоне обрабатывается при температуре 75–80 ºС и относительной влажности 100 % и времени 1,5–2 минуты. Температура воздуха в горячей зоне регулируется в пределах 80–180 ºС, время обработки – 3–5 минут. Охлаждение обуви производится на транспортировке или в самой установке при температуре воздуха в цехе в течение 1,5–2 минут.

Время нахождения заготовки обуви на конвейере – постоянная величина и зависит от его такта. Таким образом, с целью повышения формоустойчивости обуви можно оптимизировать только режимы ВТО, при этом время придется застабилизировать (4 минуты).

Рассмотрим решение оптимизационной задачи на примере женских полуботинок строчечно-литьевого метода крепления. Внешний вид обуви представлен на рисунке 6.8.

Рисунок 6.8 – Модели женских полуботинок с верхом из ИК

Для производства данных моделей использовались следующие материалы: верх – ИК «Met lack, черный», подкладка – НК и текстильный материал, подошва – полиуретановая композиция. Данные модели выпускались в черном, синем и бордовом цвете.

В качестве объекта исследования была выбрана ИК «Met lack, бордо», имеющая трехслойную структуру: отделочный монолитный полиуретановый слой, полиуретановый пористый слой и тканую основу из полиэфирных волокон. Подробное описание структуры и физико-механических свойств данной ИК представлено в главе 2.

Для имитации технологического процесса использовали приспособление для двухосного растяжения, представленного в главе 5 на рисунке 5.2. Элементарные пробы специальными резаками диаметром (70±1) мм с рабочей частью (35±1) мм. Пробы перед испытанием кондиционировались при относительной влажности воздуха (65±5) % и температуре (20±3) ºС не менее 24 часов.

Витебский государственный технологический университет

Для нахождения необходимого количества образцов для испытания был проведен предварительный эксперимент, по которому определили точность измерения, среднеквадратическое отклонение, равное 0,29, ошибка опыта α=5%. При этих значениях и доверительной вероятности p=0,95 необходимо 3. При проведении экспериментальных исследований брали 4–5 образцов для каждого опыта плана ПФЭ 2^2.

Испытания проводили по методике исследования деформационных свойств ИК, описанной в главе 5. Метод испытания заключается в давление тором на материал при режимах формования, соответствующих технологической последовательности:

– обойму с образцом зажимали болтами и надевали на основание одновременно растягивая на 3 % и 15 %;

– измеряли высоту образца с помощью электронно-цифрового штангенрейсмуса;

– обойму с образцом помещали в термостат на 5 минут для прогрева материала, температура воздуха в термостате достигала 150 °С;

– после термостата деформированные образцы выдерживались в течение 55 минут при нормальных условиях (что примерно соответствует времени от операции);

– замеряли высоту отформованных образцов с помощью электронно-цифрового штангенрейсмуса;

– освобождали от зажимов и выдерживали в нормальных условиях (относительная влажность (65±5) %, температура (20±3) °С) не менее 24 часов;

– еще раз замеряли высоту после выдержки.

Температурный режим формования был выбран исходя из следующих соображений:

– температура равна 25 ºС – это температура в цехе;

– температура 150 ºС – это критическая температура, при которой начинается деструкция полиуретанового покрытия ИК, однако такую температуру невозможно достичь в течение 5 минут прогрева пакета материалов верха.

Из результатов предварительных экспериментов было установлено, что реальная температура на поверхности заготовки достигает 120-130 ºС, а это существенно ниже температуры деструкции полиуретановых покрытий.

Образцы деформировали на 3 % и 15 %, так как наименьшей деформации подвергается пяточная часть заготовки, она равна 3 %, а наибольшей деформации в 15 % подвергается носочная часть заготовки.

В таблице 6.6 представлены факторы и уровни их варьирования при фиксации образцов в камере ВТО.

Витебский государственный технологический университет

Таблица 6.6 – Факторы и уровни варьирования

Факторы	Символ	Уровни варьирования			Интервал варьирования
		–	0	+	
Деформация материала заготовки *ε, %*	X_2	3	9	15	6
Температура в ВТО *T*, °С	X_3	25	87,5	150	62,5

Обработку полученных результатов проводим в следующей последовательности:

1. Оценка дисперсий среднего арифметического в каждой строчке матрицы по следующей формуле:

$$s^2{}_i = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(y_{iq} - \overline{y_i}\right)}{n(n-1)}, \tag{6.9}$$

где y_{iq} – значение коэффициента формоустойчивости параллельных опытов; $\overline{y_i}$ – среднее значение коэффициента формоустойчивости по двум параллельным опытам; *N* – количество параллельных опытов.

2. Проверка однородности дисперсий с помощью критерия Кохрена по формуле:

$$G = \frac{s^2_{\max}}{\sum_{1}^{N} s_i^2}, \tag{6.10}$$

где $s^2_{\max}$ – максимальное значение дисперсий среднего арифметического.

3. Расчет оценки дисперсии воспроизводимости по формуле:

$$s^2_{\overline{y}} = \frac{\sum_{i=1}^{N} s_i^2}{N}, \tag{6.11}$$

где *N* – количество проведенных опытов в эксперименте.

4. Определение коэффициентов регрессии.

5. Проверка адекватности модели с помощью критерия Фишера.

Витебский государственный технологический университет

Результаты испытаний приведены в матрицах планирования эксперимента в таблице 6.7.

Таблица 6.7 – Рабочая матрица и результаты ПФЭ 2^2

№	Расчетная матрица				Рабочая матрица		Значения критерия оптимизации (коэффициент формоустойчивости $К_Ф$)			
	Факторы и их взаимодействия									
	X_0	X_1	X_2	$X_1 X_2$	ε, %	T, °C	y'	y''	y'''	$\bar{y}$
1	+	-	-	+	3	25	0,09	0,10	0,11	0,10
2	+	+	-	-	15	25	0,44	0,48	0,52	0,48
3	+	-	+	-	3	150	0,47	0,50	0,53	0,50
4	+	+	+	+	15	150	0,84	0,87	0,90	0,87

После проведения полного факторного эксперимента (ПФЭ 2^2) пришли к уравнению (6.12), связывающего формоустойчивость (Y) с деформацией материала заготовки (X_1) и температурой воздуха в ВТО (X_2):

$$Y= 0,40+0,14X_1+0,15X_2-0,003X_1 \cdot X_2. \qquad (6.12)$$

Экспериментальная величина критерия Кохрена G=0,442, а табличное его значение для четырех различных опытов и числа степеней свободы n-1=2 равно 0,768 (уровень значимости 0,05). Так как экспериментальная величина не превышает табличного значения, то гипотеза об однородности дисперсий принимается. Таким образом, дисперсия воспроизводимости равна $s_{\bar{y}}^2 = 0,00014$.

Результаты расчета остаточной суммы квадратов при проверке адекватности модели приведены в таблице 6.8.

Таблица 6.8 – Расчет остаточной суммы квадратов

№	$\bar{y}$	$\bar{Y}$	$\Delta y = \lvert \bar{y} - \bar{Y} \rvert$	$(\Delta y)^2$
1	2	3	4	5
1	0,10	0,097	0,003	0,000009
2	0,48	0,483	0,003	0,000009
3	0,50	0,503	0,003	0,000009
4	0,87	0,877	0,007	0,000049
			$\sum$	0,000076

В таблице 6.8 $\bar{y}$ – среднее из двух параллельных значений экспериментальных величин параметра оптимизации, $\bar{Y}$ – рассчитанные зна-

Витебский государственный технологический университет

чения по уравнению регрессии. Дисперсия адекватности равна 0,000076. Критерий для проверки гипотезы адекватности модели F =0,543. Табличное значение критерии Фишера $F_{табл.}$ =5,32. Экспериментальная величина критерия Фишера не превышает табличное значение, гипотеза об адекватности модели не отвергается.

Оценка значимости коэффициентов регрессии с помощью построения доверительного интервала. Величина доверительного интервала Δb_j=0,0009. Абсолютные величины коэффициентов регрессии больше доверительного интервала, гипотеза о незначимости коэффициентов регрессии отвергается.

Полученное уравнение (6.12) связывает коэффициент формоустойчивости $K_Ф$ с деформацией материала заготовки на колодке ε и температурой в ВТО. Анализируя данное уравнение, можно сказать, что данные факторы в равной степени влияют на формоустойчивось заготовки. При деформации материала заготовки 3 % и увеличением температуры ВТО наблюдается рост значения коэффициента формоустойчивости. Аналогичная ситуация происходит при увеличении деформации материала при температуре в ВТО 25 ºС и 150 ºС. Причем чем выше температура в ВТО, тем больше значение коэффициента формоустойчивости. Таким образом, хотелось бы отметить, что при деформации материала заготовки 15 % и температуре в ВТО 150 ºС это явление наиболее существенно. В результате проведенного исследования была выявлена зависимость, связывающая параметры основных технологических факторов (деформацию материала заготовки ε и температуру T в ВТО) с коэффициентом еѐ формоустойчивости.

Исходя из вышесказанного, наилучшая формоустойчивость будет достигнута в носочной части заготовки верха обуви, так как в ней заготовка деформируется на 15 %. Деформация в пяточной части заготовки верха достигается 3 %, однако из-за наличия в ней каркасной детали задника формоустойчивость будет высокой. Низкие значения формоустойчивости будут у деталей, расположенных в геленочной части обуви, так как при формовании они деформируются только на 7–11 %. Рекомендуется добавить операцию увлажнения заготовки в жидкой фазе с последующей еѐ пролежкой в течение часа, что позволит повысить формоустойчивость обуви.

6.4 Внедрение результатов работы

Полученные экспериментальные и теоретические данные представляют определѐнный интерес для исследования ИК новых структур и свойств, которые предполагается использовать в производстве обуви.

Витебский государственный технологический университет

Основными требованиями при разработке новых методик исследований являлись их простота и легкая воспроизводимость, а также их соответствие отечественным и зарубежным ТНПА. Таким образом, проведѐнные исследования максимально приближены к производственному процессу и организационным этапам его подготовки, в том числе на входном контроле при оценке пригодности материалов для заготовок верха обуви внутреннего способа формования.

Хотелось бы отметить, что представленные результаты в монографии получены в рамках научно-технических программ и госбюджетных работ. Результаты подавляющего большинства из них имели практическую значимость, внедрены в производство или прошли производственную апробацию. В рамках этих работ проводились исследования свойств ИК, предложенных на отечественных обувных предприятиях, разработаны методы и средства оценки технологической пригодности ИК.

В рамках Г/Б НИР 415 ИФ концерна Беллегпром «Исследование и комплексная оценка свойств материалов верха обуви сферическим растяжением для научно-обоснованного подбора материалов в изделии» (ГР № 20081194) получены теоретические формулы для расчѐта величины меридиальной деформации материала в разработанном устройстве для контроля качества материалов и соединений верха обуви (УККМ) от хода пуансона со сферической поверхностью различных диаметров (6,25 мм; 6,5 мм; 10 мм; 20 мм). Проведено исследование физико-механических свойств, используемых для верха обуви современных НК и ИК на тканой основе, а также систем материалов, определяемых одноосным и двухосным сферическим растяжением. Разработана методика комплексной оценки формовочных свойств материалов по показателям, определяемым двухосным сферическим растяжением. Данная методика обеспечивает повышение оперативности контроля деформационной способности материалов и позволяет осуществлять его неразрушающим методом на этапах подготовки, проектирования и производства [6.12].

Анализ полученных в работе экспериментальных данных показал, что меридиальная деформация при разрыве основы у ИК Бирюза 3763 и Met lack примерно одинакова и колеблется в пределах 18–26 % в зависимости от диаметра продавливающего пуансона. Это свидетельствует о том, что эти материалы можно использовать в качестве деталей верха в участках заготовки, подверженных незначительным деформациям до 15 %. Кроме того, предел деформирования материалов при формовании заготовок верха обуви можно определить по изменению цвета лицевой поверхности, которая у исследованных ИК находится в пределах от 8 до 29 %.

Витебский государственный технологический университет

В работе также показано, что стандартные физико-механические показатели свойств материалов не позволяют оценить формовочные свойства материалов и их формоустойчивость. В связи с этим для обоснованного выбора материалов необходимо проводить дополнительные исследования свойств материалов при двухосном растяжении для оценки технологических и эксплуатационных свойств материалов верха обуви. В результате исследований систем материалов установлено, что для обеспечения качественного проведения процесса формования заготовок верха обуви системы материалов должны обладать соотношением упругих и пластических деформаций при двухосном растяжении в пределах 40–50 % и 50–60 % соответственно, коэффициент формоустойчивости без имитации режимов формования должен быть не менее 50 %, а с имитацией – более 75 %. При этом необходимо учитывать изменение цвета и другие дефекты поверхности материала.

Разработанная методика позволяет оценить формовочные свойства и формоустойчивость материалов и их систем, а также прогнозировать эксплуатационные свойства обуви. Результаты проведенных исследований прошли производственную апробацию на предприятиях: ОАО «Минское производственное кожевенное объединение» и СООО «Сан Марко».

В рамках ГБ НИР №303 «Разработка устройства к разрывной машине для исследования формовочных свойств материалов» (№ГР 20130514) было разработано «Универсальное устройство к разрывной машине для испытания на растяжение образца материала верха обуви», которое позволяет проводить исследования деформации материалов при двухосном растяжении по всем существующим отечественным и зарубежным стандартам. Отличительной особенностью данного устройства является наличие сменных пуансонов различного диаметра, съемной зажимной головки, позволяющей исследовать релаксационные процессы в материале, а также наличие универсальных зажимов, позволяющих прикреплять устройства к различным типам разрывных машин. При этом исключается необходимость закупки дорогостоящих средств измерений иностранного производства.

Под руководством Буркина А. Н. в ходе выполнения 6.29 ГПНИ «Физическое материаловедение, новые материалы и технологии» ГБ НИР №338 «Теоретические и экспериментальные методы оценки и прогнозирования свойств искусственных кож» (№ ГР 20163068) разработан и обоснован комплекс критериев оценки технологических и эксплуатационных свойств материалов для заготовок верха обуви внутреннего способа формования, включающий коэффициенты сохранения прочности, запаса прочности и формоустойчивости.

Представлены новые методики оценки технологических свойств материалов при одноосном и двухосном растяжении, позволяющие на

Витебский государственный технологический университет

стадии конструкторско-технологической подготовки производства выбирать материалы с максимальным значением комплексного показателя, что даѐт возможность оценить технологическую пригодность материала для заготовок верха обуви внутреннего способа формования и обеспечить необходимый уровень качества готовой продукции.

Проведена электронная микроскопия срезов образцов ИК, определен сырьевой состав основ и покрытий, исследованы основные физико-механические свойства. Исследуемые образцы имеют трехслойную структуру: первый слой – отделочный монолитный полимерный слой, второй слой – пористый полимерный слой, третий слой – текстильная основа. Анализ ИК-спектров показал, что практически все исследуемые образцы искусственной кожи имеют полиуретановое полимерное покрытие. Текстильная основа всех исследуемых ИК состоит из полиэтилентерефталатных волокон.

По разработанным методикам проведены испытания девяти различных видов ИК, предназначенных для изготовления деталей верха обуви и которые были предложены для исследования руководством ОАО «Красный Октябрь» (г. Витебск). По результатам проведенных испытаний установлено, что предложенные материалы не удовлетворяют требованиям для формования верха обуви при одноосном растяжении. Анализируя полученные результаты испытаний материалов при двухосном растяжении, можно сделать вывод о том, что в градацию качества «хорошо» вошли только три ИК. Данные виды ИК можно использовать в производстве обуви в полуплоских и пространственных конструкциях заготовок верха обуви.

Практическое применение разработок позволит достичь значительного социального эффекта за счѐт выпуска продукции высокого качества. Основные теоретические и практические результаты работы использованы в учебных курсах товароведения, материаловедения, технологии производства изделий текстильной и лѐгкой промышленности в УО «Витебский государственный технологический университет», а также внедрены на обувном предприятии ОАО «Красный Октябрь». Ожидаемый эффект от внедрения на ОАО «Красный Октябрь» методики оценки технологической пригодности материалов при одноосном и двухосном растяжении, рассчитанный в ценах на 30.05.2017 г., составил 212,15 бел. руб. Разработанная методика оценки эксплуатационных свойств искусственных кож при различных температурных воздействиях используется на обувном предприятии ОАО «Красный Октябрь», г. Витебск, что подтверждается актами о внедрении в производство. Ожидаемый эффект от разработанной методики, рассчитанный в ценах на 17.06.2016 г. для ОАО «Красный Октябрь», составил 4 028 500 бел. руб. в неденоминированных рублях.

Витебский государственный технологический университет

Практическое применение разработок позволит достичь значительного социального эффекта за счѐт выпуска продукции высокого качества. Результаты исследования направлены в конечном итоге на повышение уровня качества готовых изделий из ИК, а, следовательно, на повышение уровня конкурентоспособности изделий отечественного производства. Все это будет способствовать более полному удовлетворению покупательского спроса на обувь. Это подтверждается актами внедрения в производство на ОАО «Красный Октябрь». Ожидаемый экономический эффект от внедрения разработанной методики составил 528,0 руб. на 100 пар в ценах на 20.02.2019 г.

Основные теоретические и практические результаты работы использованы в учебных курсах товароведения, материаловедения, технологии производства изделий текстильной и лѐгкой промышленности в учреждении образования «Витебский государственный технологический университет».

Таким образом, повышение качества обуви, расширение еѐ ассортимента требует применения высокопроизводительного и универсального оборудования, а также новых материалов. Однако совершенствование производства, как правило, приводит к его усложнению. Эффективность реализации технологического процесса определяется множеством значений варьируемых факторов. Их взаимосвязь с показателями качества процесса формования становится все более сложно воспринимаемой. Оценка функционирования технологического процесса как системы должна осуществляться с учетом технологических, психологических и экономических критериев, то есть показатель качества является векторной функцией. Указанные выше особенности не позволяют проводить успешно анализ одного из наиболее сложных технологических процессов – формование верха обуви, на интуитивном уровне или с использованием простых моделей [6.1]. Стало необходимым применение математических моделей, более полно отражающих технологичексие процессы и позволяющие выбирать наиболее эффективные режимы их реализации. В связи с этим должна быть комплексность решения этой проблемы, так как нужно учитывать различные требования и ограничения [6.9].

Для реализации сказанного выше нужно иметь инструментарий в виде свода нормативных документов и методик их реализации в практике обувного производства. С этой целью было проанализировано содержание Справочника обувщика [6.1] по вопросам формования верха обуви.

Подробный анализ его содержания позволяет отметить следующие основные моменты:

– информация, изложенная в нем, устарела и не соответствует современному уровню производства обуви;

Витебский государственный технологический университет

– отсутствует методологический подход к выбору материалов для производства обуви;

– существующие ТНПА на методы испытания деформационных свойств материалов требуют уточнений и совершенствования в плане повышения адекватности и достоверности оценки их формовочных свойств.

Остановимся на основных моментах, которые являются интересными с точки зрения дальнейшего развития технологии внутреннего способа формования и требований к свойствам материалов для его реализации:

– в целом к современной технологии формования особых претензий нет, хотя режимы выполнения операций можно еще уточнить;

– отсутствие четкого представления о свойствах материалов, прежде всего физико-механических и, следовательно, формовочных, особенно для ИК;

– нет четких критериев оценки качества формования;

– нет нормируемых значений показателей свойств материалов;

– существующие методики подбора материалов для заготовок верха обуви внутреннего способа формования не позволяют оценить качество как при производстве, так и эксплуатации обуви;

– позитивным моментом является то, что одноосное растяжение образцов материала не позволяет дать качественную оценку формовочных свойств материалов;

– методики исследования деформационных свойств материалов с использованием сферических поверхности не дают адекватной оценки формовочных их свойств; нужно использовать иные тела вращения;

– исследование в области внутреннего способа формования и материалов, применяемых для заготовок верха обуви, малочисленны и содержат весьма противоречивую информацию;

– не решается глобальный вопрос разработки материалов с заданными формовочными свойствами, обеспечивающими формоустойчивость обуви после еѐ производства, в процессе хранения и носки.

Решение последней из перечисленных проблемы заключается в проведении исследований, связанных с созданием материалов, «запоминающих» форму и размеры стопы, и впоследствии в процессе носки обуви не забывающими это состояние. Это можно реализовать в настоящий период развития науки и техники, но для этого необходимо связать сведение о структуре и влияние еѐ на свойства материалов в одно целое.

Анализируя и моделируя технологический процесс производства мужских полуботинок строчечно-литьевого метода крепления, отмечаем, что он не является оптимальным, так как не обеспечивается доста-

Витебский государственный технологический университет

точной формоустойчивостью обуви (не менее 75 %), а, следовательно, требует корректировки.

С применением технологических карт по методу Шеннона выделены четыре основные технологические операции, влияющие на формоустойчивость обуви:

1) предварительное формование заготовки;
2) увлажнение и разогрев заготовок паром;
3) формование заготовки на колодке;
4) влажно-тепловая обработка заготовки на колодке.

К факторам, позволяющим оптимизировать технологический процесс, следует отнести температуру, время, влажность и величину деформации заготовки.

Установлено, что для повышения качества выпускаемой обуви следует провести следующие мероприятия:

– увеличить длительность контактного увлажнения заготовки верха обуви (до 3 минут);

– увеличить температуру воздуха в ВТО с целью доведения температуры на поверхности заготовок до 90 °С, а также увеличить время нахождения полуфабриката в ВТО, как минимум до 5–7 минут.

Также для достижения оптимальной формоустойчивости во всех частях заготовки целесообразно добавить операцию «Увлажнение заготовок в жидкой фазе» с последующей их пролежкой в течение одного часа.

Анализ полученного уравнение (6.12), связывающего коэффициент формоустойчивости $K_Ф$ с деформацией материала заготовки на колодке ε_i и температурой в ВТО, показал, что указанные факторы в равной степени влияют на формоустойчивось заготовки. Хотелось бы отметить, что при деформации материала заготовки на 15 % при температуре в ВТО 150 ºС это явление наиболее существенно.

Витебский государственный технологический университет

Список использованных источников к главе 6

6.1 Михеева, Е. Я. Справочник обувщика (Технология): учеб. пособие / Е. Я. Михеева [и др.]. – Москва : Легпромбытиздт, 1989. – 416 с.

6.2 Буркин, А. Н. Рациональные режимы формования верха обуви / А. Н. Буркин, А. Н. Калита, С. И. Клобуков, Е. Я. Михеева // Экспресс-информация «Обувная промышленность в СССР». – 1978. – № 1. – 24 с.

6.3 Буркин, А. Н. Формоустойчивость обуви: монография / А. Н. Буркин, Е. А. Шеремет. – Витебск: УО «ВГТУ», 2017. – 340 с.

6.4 Обувь. Метод определения общей и остаточной деформации подноска и задника: ГОСТ 9135-2004. – Взамен ГОСТ 9135-73; введ. 2006.07.01. – Москва: Стандартинформ, 2005. – 6 с.

6.5 Буркин, А. Н. Методика исследования формоустойчивости пяточной части обуви / А. Н. Буркин, П. Г. Деркаченко, А. П. Дмитриев // Витебск : Вестник УО «ВГТУ». – 2010. – № 18. – С. 13–19.

6.6 Буркин, А. Н. Определение общей и остаточной деформации обуви: достоинства, недостатки, пути совершенствования / А. Н. Буркин, П. Г. Деркаченко // Журнал «Стандартизация». – 2010. – № 6. – С. 4–12.

6.7 Буркин, А. Н. Исследование формоустойчивости пяточной части обуви при динамическом нагружении / А. Н. Буркин, А. П. Дмитриев, П. Г. Деркаченко // Научно-практический журнал «Потребительской кооперация». – 2012. – № 1 (36). – С. 67–73.

6.8 Деркаченко, П. Г. Влияние толщины картонов для задников на формоустойчивость пяточной части обуви / П. Г. Деркаченко, М. В. Шевцова, А. Н. Буркин // Сборник научных статей и воспоминаний «Памяти В. А. Фукина посвящается». Часть 2. – Москва : МГУДТ, 2014. – С. 125–132.

6.9 Буркин, А. Н. Оптимизация технологического процесса формования верха обуви / А. Н. Буркин. – Витебск : УО «ВГТУ», 2007. – 220 с.

6.10 Шеннон, Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука / Р. Шеннон. – Москва : Мир, 1988. – 418 с.

6.11 Зыбин, Ю. П. Технология изделий из кожи: учебник для вузов / Ю. П. Зыбин [и др.]; под общ. ред. Ю. П. Зыбина. – Москва : Легкая индустрия, 1975. – 464 с.

6.12 Исследование и комплексная оценка свойств материалов верха обуви сферическим растяжением для научно-обоснованного подбора материалов в изделии : отчет о НИР (заключ.) / УО «ВГТУ» ; рук. А. Н. Буркин. – Витебск, 2008. – 150 с. – № ГР 20081194.

Витебский государственный технологический университет

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В монографии впервые осуществлена попытка комплексного подхода к решению вопроса оценки способности современных ИК формоваться в заготовках верха обуви с учѐтом всего спектра их деформационных и формовочных свойств. Рассмотрены всевозможные показатели свойств, которые оценивают способность материалов приобретать и сохранять форму колодки, а значит иметь в конечном итоге необходимую для обуви формоустойчивость. Анализ литературных источников и используемых предприятиями ТНПА показал, что определение деформационных и формовочных свойств материалов производится различными методами и средствами, которые имеют существенные отличия и поэтому не позволяют сопоставить результаты исследований для определения качества ИК с точки зрения их пригодности к формованию. При этом исследования большинства авторов в основном посвящены методам улучшения формовочных свойств выбранных материалов путѐм оптимизации технологических процессов формования и установлению оптимальных режимов обработки заготовок для верха обуви.

В предложенной работе рассмотрены особенности технологического процесса внутреннего способа формования верха, который имеет ряд преимуществ перед обтяжно-затяжным. Однако отсутствие сведений о технологических, эксплуатационных свойствах и сырьевом составе ИК зарубежного производства не позволяют предприятиям Республики Беларусь произвести оптимальный их выбор в производстве обуви.

Исследования структуры и сырьевого состава современных ИК показали, что большинство из них имеют полиуретановое полимерное покрытие текстильной основы из полиэфирных волокон и равномерное распределение нитей основы и утка по опорной поверхности материала.

По нормируемым показателям физико-механических свойств из исследованных ИК ни одна из них не соответствует требованиям ТНПА для НК по ГОСТ 939-94, т.к. ИК обладают большей упругостью, чем НК, и поэтому, как правило, не обладают хорошей формуемостью, что в свою очередь приводит к недостаточной формоустойчивости обуви при хранении и носке. ИК на основе полимеров и их композиций в большинстве своѐм не могут обеспечить необходимую механическую прочность, достаточные технологические, гигиенические и эксплуатационные свойства деталям верха.

Исследования одноосным растяжением образцов ИК на тканевой основе показали, что коэффициент растяжимости поперѐк основы находится в пределах 8–22 % / 100 Н и соответствует диапазону данного показателя для материалов, используемых в деталях верха обуви, причѐм у 50 % из исследованных ИК он ниже рекомендуемого в 8 % / 100 Н при

Витебский государственный технологический университет

растяжении образцов вдоль основы. Кривые одноосного деформирования имеют практически одинаковый характер для всех ИК, но имеют существенные различия при деформировании вдоль и поперѐк основы.

Для получения комплексной оценки деформационных свойств материалов на этапе подготовки производства предложено использовать семь показателей деформационных и формовочных свойств, получаемых одноосным растяжением:

$\varepsilon_р$ – относительное удлинение при разрыве;

ε_1 – относительное удлинение при напряжении 9,81 МПа;

A – коэффициент растяжимости;

μ – коэффициент поперечного сокращения;

$K_Ф$ – коэффициент формоустойчивости;

$K_Д$ – коэффициент соотношения остаточной и упругой деформации;

$K_П$ – коэффициент сохранения прочности при максимальной деформации материала заготовки верха обуви в процессе формования.

Каждый из показателей определяет наличие необходимых качеств у материала для успешного формования заготовки верха из него. В работе определены номинальные значения указанных показателей для материалов, используемых в заготовках верха обуви внутреннего способа формования.

На основе указанных показателей рассчитываются семь соответствующих единичных оценочных показателей, и на их основе определяется комплексный оценочный показатель деформационных свойств $K_К$, как среднее геометрическое рассчитанных единичных оценочных показателей. По шкале желательности Харрингтона установлено, что все исследованные ИК следует считать только удовлетворительными материалами для верха обуви внутреннего способа формования.

Исследования показали, что снижение значения $K_К$ определяется малыми значениями двух оценочных показателей, рассчитанных по значениям коэффициентов формоустойчивости ($K_Ф$) и соотношения остаточной и упругой деформации ($K_Д$). Значение комплексного показателя деформационных свойств ИК существенно увеличится при значениях коэффициента формоустойчивости, больших 0,75. Такое увеличение может быть получено выбором рациональных режимов формования, т.е. влажно-тепловой обработкой заготовки верха обуви. Увеличение оценочного показателя, рассчитанного по величине коэффициента $K_Д$, можно получить снятием излишней пластичности с помощью предварительного деформирования материала в процессе его производства или при изготовлении обуви, а также за счѐт разработки новой технологии производства ИК с заданными свойствами.

Наличие корреляционной связи между получаемыми деформационными характеристиками материалов при продавливании пуансонами

Витебский государственный технологический университет

в виде сферы и тора с помощью разработанного специального приспособления к разрывной машине позволяет рекомендовать обувным предприятиям проводить лабораторные исследования деформационных свойств материалов двухосным растяжением с помощью пуансонов тороидальной формы. Преимущество такой несложной в изготовлении продавливающей поверхности перед сферической заключается в наличии двух варьируемых параметров, соотношение между которыми лучше моделирует различные части раздвижной обувной колодки. При двухосном деформировании поверхностью тора следует учитывать, что значения величин относительных меридиальных деформаций при деструкции материала на торе в среднем на 40 % выше, чем при продавливании сферой, также наблюдаются более высокие значения разрывных удлинений и нагрузок, чем при продавливании сферой, в среднем в 1,3 раза.

Установлена также корреляционная связь между деформационными показателями, получаемыми одноосным и двухосным растяжением.

Для оценки способности материалов к формованию двухосным растяжением следует определять три показателя при 15 % деформации:

– коэффициент формоустойчивости ($K_Ф$);

– коэффициент соотношения остаточной и упругой деформации ($K_Д$);

– коэффициент сохранения прочности при максимальной деформации заготовки в процессе формования ($K_П$).

При этом коэффициенты $K_Ф$ и $K_Д$ являются оценкой способности материала сохранять приданную форму, а после выбора оптимальных режимов формования заготовки определяют дальнейшую формоустойчивость верха обуви, также они оценивают способность материала деформироваться наилучшим образом при определенном способе формования. Впервые предложенный коэффициент $K_П$ позволяет оценить степень изменения прочностных свойств материалов после формования.

В монографии определены области номинальных значений указанных показателей для внутреннего способа формования и на их основе рекомендована методика расчѐта соответствующих одиночных оценочных показателей формовочных свойств, определение которых не требует специального оборудования, и могут быть получены с использованием разработанных методов исследования путѐм проведения испытаний на разрывных машинах любого типа.

Авторами разработаны и изготовлены устройства к разрывной машине для получения оценки технологических свойств материалов при двухосном растяжении, которые позволяют проводить испытания образцов двухосным деформированием по зарубежным и отечественным стандартам без закупки нового оборудования.

Витебский государственный технологический университет

Разработана и рекомендована к применению методика оценки технологических свойств ИК при одноосном и двухосном деформировании, позволяющая на стадии входного контроля на производстве с учетом конструктивных особенностей производимой обуви, способа формования верха и технологических воздействий определить целесообразность применения ИК в производстве заготовок верха, прогнозировать их свойства в производстве.

Авторами монографии проанализирован и смоделирован технологический процесс на примере производства мужских полуботинок строчечно-литьевого метода крепления, который не является оптимальным, так как не обеспечивается достаточной формоустойчивостью обуви (не менее 75 %). Установлено, что для оптимизации технологического процесса формования обуви с верхом из ИК следует увеличить длительность контактного увлажнения заготовки верха обуви до 3 минут и время нахождения в ВТО как минимум до 5–7 минут, а также увеличить температуру воздуха в ВТО для доведения температуры на поверхности заготовок до 90 °С. Целесообразно добавить операцию «Увлажнение заготовок в жидкой фазе» с последующей их пролежкой в течение одного часа.

С точки зрения дальнейшего развития технологии внутреннего способа формования и требований к свойствам материалов (в том числе ИК) для его реализации следует отметить следующее:

– в целом к современной технологии формования особых претензий нет, хотя режимы выполнения операций можно еще уточнить;

– отсутствие четкого представления о свойствах материалов, прежде всего формовочных, особенно для ИК;

– нет четких критериев оценки качества формования;

– нет нормируемых значений показателей свойств материалов;

– существующие методики подбора материалов для заготовок верха обуви внутреннего способа формования не позволяют оценить качество обуви как при производстве, так и при еѐ эксплуатации;

– одноосное растяжение образцов материала не позволяет дать качественную и количественную оценку формовочных свойств ИК;

– методики исследования деформирования образцов материалов с использованием сферических тел не дают адекватной оценки их формовочных свойств, поэтому необходимо использовать иные тела;

– исследование в области внутреннего способа формования материалов, применяемых для заготовок верха обуви, малочисленны и содержат весьма противоречивую информацию;

– не решается вопрос разработки материалов с заданными формовочными свойствами, обеспечивающими формоустойчивость обуви.

Витебский государственный технологический университет

Научное издание

Борозна Вилия Дмитриевна
Дмитриев Александр Петрович
Буркин Александр Николаевич

ДЕФОРМАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ОБУВНЫХ ИСКУССТВЕННЫХ КОЖ

Монография

Редактор *Т.А. Осипова*
Корректор *Т.А. Осипова*
Компьютерная верстка *В.Д. Борозна*

Подписано к печати 10.02.2021. Формат 60x90 1/16. Усл. печ. листов 15,9.
Уч.-изд. листов 19,8. Тираж 100 экз. Заказ № 41.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»
210038, г. Витебск, Московский пр., 72.
Отпечатано на ризографе учреждения образования
«Витебский государственный технологический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 3/1497 от 30 мая 2017 г.

Витебский государственный технологический университет