

685.34
Г67

На правах рукописи

ГОРБАЧИК ВЛАДИМИР ЕВГЕНЬЕВИЧ

КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ
ПОВЫШЕНИЯ ЭРГОНОМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОБУВИ

Специальность 05.19.06 - "Технология обувных и кожевенно-
галантерейных изделий"

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени доктора
технических наук

Москва - 1998

685.34.017

Работа выполнена в Витебском государственном технологическом университете.

Научный консультант: - академик Российской и Международных инженерных академий, заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации, доктор технических наук
профессор В.А. Фукин

Официальные оппоненты: - доктор технических наук
профессор С.П. Александров

- доктор технических наук
профессор Л.Н. Плужников

- доктор технических наук
профессор Ю.А. Карагезян

Ведущая организация: НПО "ЦНИИКП" г. Москва.

Защита состоится " ____ " _____ 1988 г. в ____ часов на заседании диссертационного Совета Д 053.32.03 при Московской Государственной академии легкой промышленности по адресу: 113806, Москва, ул. Садовническая, 33.



З.В. Костылева

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Задача повышения качества продукции является одной из главных как в нашей стране, так и за рубежом. Это объясняется той ролью, которую качество продукции занимает в удовлетворении быстро растущих потребностей современного человека. Качество продукции становится решающим фактором, определяющим желание потребителей приобрести продукцию. Кроме того качество продукции является наиболее значимым слагаемым проблемы повышения эффективности общественного производства. Чем выше качество продукции, тем эффективнее весь общественный труд.

Возрастающий товарообмен между странами вызывает необходимость сертификации продукции. Как показывает международный опыт сертифицированная продукция ценится на международном рынке более высоко. Сертификация же тесно связана с оценкой качества продукции, обеспечения его высокого уровня и стабильности.

Обеспечение требуемого уровня качества возможно только при проведении соответствующих мероприятий на всех этапах "жизненного цикла" продукции, т.е. высокий уровень качества должен закладываться на стадии проектирования и разработки, достигаться в процессе производства, поддерживаться в процессе эксплуатации. При этом этап проектирования является определяющим в формировании качества будущей продукции и эффективности ее производства.

В разработку различных аспектов проблемы проектирования рациональных конструкций обуви большой вклад внесли Ю.П. Зыбин, В.А. Фукин, В.Л. Раяцкас, Т.С. Кочегкова, А.Н. Калита, О.В. Фарниева, В.П. Нестеров, Н.В. Замарашкин, В.В. Костылева, В.П. Лыба, В.П. Коновал, М.Н. Иванов, Т.Т. Фомина, М.Г. Любич, К.И. Ченцова, Б.Я. Краснов и др.

Вместе с тем в решении проблемы оптимального формирования и комплексной оценки качества обуви имеется еще много нерешенных вопросов. Так, нет достаточной ясности относительно номенклатуры показателей качества

обуви, отсутствуют или недостаточно разработаны способы и средства измерения целого ряда показателей качества. Не вполне изучены факторы, обеспечивающие проектирование рациональных параметров конструкции обуви. Нуждаются в дальнейшем развитии и теоретическом обосновании вопросы оптимизации конструктивно-технологических параметров различных участков обуви с учетом свойств материалов, используемых для их изготовления.

Цель работы: комплексное решение проблемы улучшения эргономических свойств обуви, как одного из важнейших факторов повышения ее качества, разработка и практическая реализация научно-обоснованных принципов оптимизации конструкторско-технологических параметров обуви с учетом свойств применяемых материалов, создание методов и средств испытаний, улучшающих оценку качества материалов и готовой обуви.

Для достижения поставленной цели в работе решались следующие задачи:

- рассмотрение и дальнейшее развитие принципов системного подхода к формированию и оценке качества обуви;
- установление критериев оптимизации конструктивных параметров различных участков обуви;
- теоретическое обоснование, разработка и создание способов и средств измерения показателей эргономических свойств обуви;
- исследование взаимодействия системы "стопа - обувь" в статике и динамике;
- установление математических моделей, определяющих взаимосвязь эргономических показателей качества обуви с физико-механическими свойствами материалов деталей ее составляющих;
- разработка принципов формирования свойств пакетов верха и низа обуви на стадии проектирования за счет рационального подбора материалов и технологии их сборки;
- теоретическое и экспериментальное изучение анизотропии механиче-

ских свойств обувных материалов и их систем и ее учет при проектировании и производстве обуви;

- разработка и практическая реализация результатов теоретических и экспериментальных исследований общих принципов определения оптимальных параметров конструкции геленочной части низа обуви, методов расчета и испытания ее укрепителей.

Тема диссертации утверждена Советом Витебского технологического института легкой промышленности (ВТИЛП) и выполнялась в соответствии с комплексно-координационным планом НИР по проблеме "Обувь", утвержденным Минлегпромом БССР и Минвузом БССР на 1980-1990 г. г.

Основные методы исследований. В работе использована методология системного анализа, позволяющая рассматривать предметы и явления в их взаимосвязи, элементы теории принятия решений, квалиметрии, эргономики, теории вероятности и математической статистики, методов оптимизации параметров объектов и процессов, математического моделирования, алгоритмизация и программирования. При выполнении экспериментальных исследований широко использовались и получили дальнейшее развитие методы биомеханических исследований, физико-механических испытаний материалов и готовой обуви. При обработке результатов использовались методы планирования и анализа эксперимента, методы статистического и корреляционного анализа, метод главных компонент.

Объекты исследования. Процесс оценки качества бытовой обуви, механизм взаимодействия стопы с обувью, способы и средства измерения эргономических свойств обуви, широкий ассортимент обувных материалов, используемых в обуви, укрепители геленочной части обуви, готовая обувь.

Научная новизна работы и ее результатов заключается в следующем:

- выполнено теоретическое и экспериментальное исследование крупной научной проблемы по разработке принципов оптимизации конструкторско-технологических решений верха и низа обуви на стадиях проектирования и из-

готовления, обеспечивающих повышение ее эргономических свойств и имеющей важное народнохозяйственное значение;

- установлены общие закономерности и математические модели взаимосвязи показателей физико-механических свойств материалов и эргономических свойств готовой обуви, принципы подбора рациональных вариантов пакетов верха и низа обуви, обеспечивающих ее удобство в эксплуатации;

- впервые теоретически обоснована и экспериментально подтверждена возможность применения гипотезы сплошной квазигомогенной ортотропной среды для исследования анизотропии механических свойств искусственных и синтетических обувных материалов, обладающих большими деформациями;

- предложены аналитические формулы для описания анизотропии основных деформационных и прочностных характеристик синтетических (СК) и искусственных (ИК) кож для верха обуви, исходя из основных соотношений теории термовязкоупругости анизотропных сред, разработаны алгоритм и программа для расчета анизотропии деформационных и прочностных свойств различных видов ИК и СК на ЭВМ;

- разработаны методы расчета предельных значений деформаций при двухосном растяжении с различной степенью двухосности;

- обоснована структура и разработана модель системы оценки качества обуви, обоснованы критерии оптимизации конструкторско-технологических параметров различных участков обуви;

- раскрыт механизм взаимодействия элементов системы "стопа - обувь" в статике и динамике и разработаны новые методы и метрологические средства для его изучения, новизна которых подтверждена решениями Государственного комитета по делам изобретений и открытий о выдаче авторских свидетельств и патентов;

- впервые выявлены причины частых поломок металлических геленок в процессе эксплуатации обуви, разработана методика расчета прочности и жесткости геленочной части обуви, рациональные конструкции металлических ге-

ленков и стелечных узлов, прибор и методика испытания геленков на усталостную прочность.

Практическое значение работы. На базе теоретических и экспериментальных исследований, выполненных в диссертационной работе, разработаны:

- развернутая многоуровневая структура показателей качества бытовой обуви, которая может быть использована для определения номенклатуры показателей качества обуви определенного вида и назначения;
- номенклатура и коэффициенты весомости показателей качества для мужской и женской модельной обуви;
- способы и метрологические средства измерения эргономических показателей, позволяющие повысить объективность оценки качества готовой обуви и конструкторско-технологических решений, принятых на стадиях ее проектирования и изготовления;
- устройства для измерения ряда биомеханических параметров, позволяющие получить новые данные о взаимодействии системы "стопа - обувь";
- практические рекомендации по подбору систем материалов верха и низа обуви различного назначения, обеспечивающие выпуск обуви с улучшенными эргономическими свойствами;
- алгоритм и программа поиска оптимальных сочетаний систем материалов для многоассортиментного производства, которые могут быть использованы в системах САПР и АСУТП;
- рекомендации по укреплению перемычки обуви и новая конструкция геленка для женской высококаблуточной обуви;
- новые структуры тканей и трикотажных полотен для подкладки и межподкладки обуви, позволяющие значительно улучшить эргономические свойства обуви;
- практические рекомендации по учету анизотропии механических свойств синтетических и искусственных кож при проектировании и изготовлении обуви;

- экспресс-метод определения анизотропных характеристик обувных материалов, основанный на регистрации деформаций образца, нагруженного центробежными силами;

- оптимальные режимы дублирования, формования и термофиксации обуви из различных материалов.

Внедрение результатов работы. Результаты исследований, выполненных соискателем лично или под его руководством и при участии, апробированы и внедрены в производство на предприятиях обувной промышленности Белоруссии, что позволило получить реальный экономический эффект.

Теоретические обобщения, новые научные положения и результаты диссертационной работы нашли отражение в учебниках “Материаловедение изделий из кожи” (М.: Легпромбытиздат, 1988 г.), “Конструирование изделий из кожи” (М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982 г.), “Антропологические и биомеханические основы конструирования изделий из кожи” (М.: Легпромбытиздат, 1991 г.), типовых и рабочих программах дисциплин “Основы прикладной антропологии”, “Конструирование изделий из кожи” широко используются в лекциях и лабораторных работах, курсовом и дипломном проектировании, при выполнении научно-исследовательских работ аспирантами и студентами.

Документы, подтверждающие внедрение основных результатов диссертационной работы в народное хозяйство и учебный процесс, имеются в приложении к диссертации, а также в НИС ВГТУ.

Автор защищает теоретическое обобщение в научно-обоснованные конструкторско-технологические решения, состоящие в разработке научных основ проектирования рациональной обуви, оптимизации, прогнозирования и оценки ее эргономических свойств на базе изучения с помощью разработанных методов и средств биомеханических параметров взаимодействия системы “стопа - обуви”, работы отдельных деталей и узлов обуви, свойств материалов, их систем и готовой обуви, внедрение которых вносит значительный вклад в ускорение научно-технического прогресса.

Публикации и апробация работы. Материалы диссертационной работы нашли отражение в 3-х брошюрах, 92-х статьях, 22-х научных отчетах, 3-х авторских свидетельствах и 2-х патентах. Основные результаты диссертации отражены в 2-х публикациях.

Материалы, изложенные в диссертации, докладывались и получили положительную оценку на 4-х международных, 12 всесоюзных и республиканских, 28 областных, городских и вузовских научных конференциях, совещаниях и семинарах.

Личный вклад автора состоит в постановке и разработке основной идеи и темы данной диссертации, в постановке и решении основных задач теоретического и экспериментального характера. При непосредственном участии автора разработаны методы, методики, экспериментальные приборы и установки, выполнены эксперименты. Автору принадлежат основные идеи большинства работ, опубликованных в соавторстве и использованных при написании диссертации, а также теоретическое обобщение их результатов.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, 6 глав с выводами, заключения, списка литературы из 319 наименований, приложения на 116 страницах, оформленного в виде отдельного тома.

Общий объем диссертации - 442 стр., в том числе основной машинописный текст - 295 стр., 118 рисунков, 29 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дано обоснование актуальности темы диссертационной работы, сформулированы цели и задачи исследования.

В первой главе дан анализ теоретических и методологических основ формирования и оценки качества обуви на этапе проектирования. Показано, что с позиций системного подхода качество готовой обуви выступает в роли обобщенного критерия рациональности выбора конструктивных и технологических параметров при ее проектировании.

Анализ и структуризация процесса проектирования показали, что он представляется в виде управляемой системы, которая позволяет целенаправленно осуществлять формирование необходимых свойств обуви на всех этапах проектирования.

Система же управления качеством обуви на стадии проектирования образует собой замкнутый контур, основными элементами которого являются: планирование уровня качества; сбор, обработка и оценка информации о фактическом уровне качества аналогичных изделий и сравнение его с заданным; выработка управляющих воздействий, направленных на обеспечение заданного уровня качества; оценка образца - эталона базовой модели.

Системный подход к проектированию и управлению качеством позволил выявить связи между стадиями проектирования нового изделия и определить их функции в решении проектной задачи в целом, которая заключается в преобразовании данных технического задания в требуемую техническую документацию на проектируемый объект, а также определить основные задачи по формированию качества обуви на различных стадиях проектирования.

Анализ современной ситуации решения этих задач показал, что ряд проблем в этой области остается недостаточно изученным. Прежде всего это проблема оценки качества обуви различного назначения, связанная с разработкой номенклатуры показателей качества, определения их весомости, установлением значений базовых показателей. Практически отсутствуют методы и средства количественного измерения целого ряда важных показателей качества, что вызывает необходимость их разработки. Отсутствуют данные о влиянии различных факторов на целый ряд показателей качества, что требует проведения соответствующих экспериментальных исследований этого вопроса. Одной из важнейших проблем управления качеством является разработка математической модели проектируемого изделия и выбор метода оптимизации конструкторско-технологических решений на стадии проектирования.

На решение этих и ряда других вопросов разработки рациональных кон-

струкций обуви и направлены теоретические и экспериментальные исследования, результаты которых положены в основу настоящей диссертации.

Как отмечалось выше, одной из важнейших задач, решаемых при оценке качества промышленных изделий является выбор номенклатуры показателей качества, так как от ее полноты и обоснованности зависит точность и объективность оценки уровня качества.

Анализ литературы и нормативно-технической документации касающихся построения классификации показателей качества обуви показал, что до настоящего времени не создано единой, четкой номенклатуры показателей качества. Учитывая это была разработана развернутая номенклатура показателей качества бытовой обуви, учитывающая общие принципы оценки качества промышленных товаров и современную характеристику показателей качества продукции, а также аналогичные разработки в смежных областях.

Предложенная иерархическая структурная схема показателей качества содержит 5 уровней и включает показатели различной степени комплексности. Многие положения разработанной номенклатуры учтены в РД 17-06-152-89 "Обувь. Номенклатура показателей качества", введенной взамен ГОСТ 4.12-81.

С использованием экспертного метода определены коэффициенты весовости комплексных и единичных показателей качества для некоторых видов обуви. Установлено, что эргономические показатели занимают одно из первых место по значимости среди всего комплекса потребительских показателей качества.

При этом эргономический показатель качества является общим комплексным показателем оптимальности конструкторско-технологических параметров обуви с точки зрения соответствия ее анатомофизиологическим и психологическим свойствам человека.

Показана насущная необходимость расширения круга эргономических показателей (особенно физиологических) при оценке качества обуви.

Уточнена классификация и трактовка показателей физиологического со-

ответствия системы “стопа - обувь” и определена их значимость. Наибольшую весомость имеют такие показатели, как изгибная жесткость, распорная жесткость, приформовываемость верха и низа обуви к стопе, масса обуви, жесткость и упругость геленочной части, опорная жесткость, которые в основном и определяют удобство большинства видов бытовой обуви, а также выступают в качестве критериев оптимальности конструкторско-технологических решений различных участков обуви.

Учитывая, что рациональность отдельных частей обуви определяется разными критериями оптимальности, определены физиологические критерии оптимизации конструкторско-технологических решений различных участков верха и низа обуви.

Вторая глава посвящена разработке и усовершенствованию способов и средств измерения физиологических показателей качества обуви.

В настоящее время для целого ряда единичных физиологических показателей отсутствуют приборы и методы их количественного измерения, что не дает возможности проводить полную и объективную оценку уровня качества обуви, исследовать влияние различных факторов на величину этих показателей и построить математические модели зависимости показателей качества (критериев оптимизации) от конструктивных и технологических параметров обуви. Поэтому одной из важнейших задач общей проблемы оптимизации конструкторско-технологических параметров обуви и комплексной оценки ее качества является разработка новых и совершенствование существующих приборов и инструментальных методов измерений. Особенно это касается физиологических показателей, которые характеризуют удобство обуви.

Одним из наиболее важных показателей качества обуви является изгибная жесткость - наиболее доступный для органолептической оценки покупателями показатель удобства обуви.

Анализ существующих методов и приборов для определения изгибной жесткости обуви показал, что существуют различные подходы к методике из-

мерения данного показателя качества, большинство используемых приборов и приспособлений обладают рядом серьезных недостатков.

Выполнены исследования по совершенствованию методики измерения изгибной жесткости обуви: разработан способ определения угловых перемещений низа обуви во время выполнения локомоторного акта и устройство для его осуществления - гониометр; показано, что динамика изгиба низа обуви при ходьбе представляет собой сложную картину, являющуюся результатом силового взаимодействия системы "стопа - обувь"; установлено, что с увеличением высоты каблука происходит уменьшение угла изгиба обуви в фазу переката через передний отдел, обусловленное предварительным подъемом пяточного отдела стопы на некоторый угол и стремлением опорно-двигательного аппарата человека сохранить при передвижении естественные условия переката стопы; показано, что для обуви определенной жесткости угол изгиба с увеличением высоты каблука уменьшается по линейному закону; рекомендованы различные величины углов изгиба при измерении изгибной жесткости обуви с различной высотой каблука.

На основании теоретических и экспериментальных исследований сформулированы основные исходные требования к методике определения изгибной жесткости обуви. Проанализированы различные варианты нагружения обуви в процессе испытания с учетом разработанных исходных требований. Предложены два новых варианта испытания изгибной жесткости обуви.

Разработаны прибор и методика измерения изгибной жесткости обуви, которые позволили повысить объективность и точность результатов измерения, упростить базирование обуви на приборе, снизить трудоемкость проведения испытания. С целью отработки методики испытания на новом приборе исследовано влияние отдельных параметров (формы и размеров прижимного утюга, его расположения в обуви, скорости нагружения) на результаты измерения.

Проведено теоретическое обоснование методики измерения опорной жесткости обуви, в основу которой положен характер силового взаимодействия

системы "стопа - обувь" в области головки первой плюсневой кости, так как именно на этом участке при стоянии и ходьбе наблюдается концентрация давления, вызывающая ощущение дискомфорта у носчиков. Исследовано влияние величины нагрузки и диаметра пуансона на значение показателя опорной жесткости.

Способ и приборы для количественного определения показателя приформовываемости низа обуви к стопе были созданы впервые (защищены авторскими свидетельствами) и не имеют аналогов в отечественной и зарубежной практике.

Исследовано влияние времени нагружения образцов и времени пролежки после снятия нагрузки на величину остаточной деформации сжатия ряда материалов и их систем, которая и характеризует приформовываемость.

Анализ существующих методов измерения распорной жесткости обуви показал, что все они обладают существенными недостатками и мало пригодны для оценки этого показателя, несмотря на то, что он в значительной степени определяет удобство обуви. С целью более точного моделирования взаимодействия стопы с верхом обуви в области плюснефалангового сочленения при определении распорной жесткости на приборе было проведено экспериментальное исследование характера и величины деформации союзки верха обуви различных видов и конструкций с различной жесткостью материалов заготовки. Исследование показало, что при силовом взаимодействии верха обуви со стопой союзка в области плюснефалангового сочленения испытывает сложные двухосные деформации с различной степенью двухосности причем, в поперечном направлении происходит только растяжение союзки и величина деформации меняется от 1,0 до 7,0% в зависимости от фазы шага, в то время как в продольном союзка испытывает как сжатие, так и растяжение и величина деформации меняется от 1,0-2,0% до 3,0-6,0%. При этом максимальное значение деформации союзки наблюдается в фазу "перекат через передний отдел".

Установлено, что как при опоре на всю стопу, так и в фазу "перекат че-

рез передний отдел” в области пучков происходит растяжение близкое к двух-осному симметричному. Жесткость материалов верха обуви оказывает большое влияние на величину деформации союзки.

На уровне изобретений созданы два прибора для измерения распорной жесткости обуви, позволяющие объективно оценивать один из важнейших показателей ее удобства. Причем, форма и размеры деформирующих пуансонов обеспечивали характер распределения деформации в области союзки аналогичный тому, который имел место при исследовании взаимодействия верха обуви со стопой. Исходя из сущности показателя “распорная жесткость обуви” его измерение можно осуществлять или фиксируя изменение поперечных размеров верха обуви при постоянной нагрузке на пуансоны, или же, задавая величиной изменения поперечных размеров союзки, определять соответствующую этой деформации нагрузку. Проведенные эксперименты показали, что менее трудоемким, более простым и точным является первый способ измерения распорной жесткости.

В третьей главе рассмотрены вопросы формирования оптимальной системы верха обуви по физиологическим показателям качества. Показано, что в общем виде задача оптимизации конструктивных и технологических параметров верха обуви в области союзки формируется следующим образом: обеспечить $D_p \rightarrow \min$, $P_s' = |P_s - P_s^{opt}| \rightarrow \min$, $M \rightarrow \min$, при $\Phi \geq \Phi_{доп}$, $I \geq I_{доп}$, где D_p - распорная жесткость, P_s - приформовываемость верха обуви к стопе, M - масса пакета, Φ - формоустойчивость, I - износоустойчивость.

Учитывая, что заготовка верха состоит из определенного вида материалов наружных деталей, межподкладки и подкладки в качестве ограничения выступает также комплектность системы:

$$\sum_{i=1}^n X_i = 1$$

$$\sum_{j=1}^m X_j = 0,1$$

$$\sum_{i=1}^n X_i = \overline{0,1}$$

где n - число материалов наружных деталей X_i , участвующих в формировании системы верха обуви;

m - число используемых материалов межподкладки X_j ;

l - число используемых материалов подкладки X_k .

При этом X_i и X_k принимают нулевые значения, если межподкладка и подкладка не входят в заготовку (бесподкладочная обувь или в системе отсутствует межподкладка) и принимают значение единицы, если входят, т.е.

$$\sum_{i=1}^n X_i + \sum_{j=1}^m X_j + \sum_{k=1}^l X_k = \overline{1,2,3}$$

При ограничении, по данным ЦНИИКПа, показателя формоустойчивости верха обуви в пределах $2,5\% \leq \Phi \leq 4,0\%$ (величина остаточной деформации систем материалов при двухосном растяжении), обеспечивается как достаточная формоустойчивость верха, так и хорошая его приформовываемость к стопе. Для обеспечения достаточной износоустойчивости потеря прочности верха при испытании на союзочном приборе не должна превышать 30-40%.

Исходя из этого, задача подбора оптимальной системы заготовки в области пучковой части формулируется следующим образом: из материалов наружных деталей верха X_i , подкладки X_k и межподкладки X_j сформировать систему, обладающую минимальной распорной жесткостью при определенной формоустойчивости и износоустойчивости, т.е. найти такую комбинацию X_i^*, X_j^*, X_k^* , для которой $D_p^* \rightarrow \min$, $2,5\% \leq \Phi^* \leq 4,0\%$, $H^* \leq 39\%$.

На основании анализа методов оценки жесткости показано, что для оценки жесткости различных по природе, химическому составу и строению материалов для верха обуви применяются различные методы испытания, использующие разнообразные приборы, схемы и режимы нагружения, размеры и форму образцов, единицы измерения, что затрудняет сравнение жесткости материалов различной структуры, составляющих заготовку и вызывает значитель-

ные трудности в использовании инженерных методов при рациональном подборе компонентов пакета заготовки. Не стандартизованы методы определения жесткости обувных материалов при двухосных видах растяжения, несмотря на то, что как при формовании, так и в процессе носки в союзке возникает в основном двухосное растяжение с различной степенью двухосности.

Учитывая, что жесткость материалов и систем характеризуется большим количеством показателей, предложено для сокращения размерности признакового пространства и выявления наиболее информативных показателей использовать метод главных компонент. Для этого проведено экспериментальное исследование жесткости широкого круга материалов для верха обуви и их систем, имитирующих заготовку, с использованием методик, основанных на различных видах деформации.

Учитывая, что большинство традиционных текстильных материалов, используемых в отечественной промышленности в качестве межподкладки и подкладки в обуви, имеют низкую деформационную способность, что увеличивает ее распорную жесткость были разработаны новые трикотажные и тканевые межподкладочные и подкладочные материалы, которые при высокой прочности имеют удлинение в 2-10 раз больше удлинения традиционных подкладочных и межподкладочных материалов.

Проведенные исследования физико-механических и гигиенических свойств наработанных тканей и трикотажных полотен и их производственная апробация показали, что они удовлетворяют всем требованиям, предъявляемым к обувным подкладочным и межподкладочным материалам. Главным же их достоинством является высокая деформационная способность.

Для проведения исследований были выбраны методики, основанные на различных видах деформации и наиболее часто применяемые для испытания натуральных, искусственных кож и текстильных материалов (одноосное, двухосное симметричное, двухосное растяжение сферическим пуансоном, изгиб на ИЖУ-12М).

Установлено, что жесткость всех материалов и систем изменяется в процессе растяжения. При этом характер изменения жесткости в процессе растяжения зависит как от структуры материала, так и от метода испытания. Принимая во внимание, что жесткость у различных материалов на начальной и конечной стадиях растяжения сильно отличается, предложено определять жесткость на начальной стадии при $\epsilon = 10\%$ как при одноосном, так и при двухосных видах растяжения, так как это примерно те деформации, которые возникают при формировании заготовки и при носке обуви, а на конечной стадии - при $\epsilon = 0,75\epsilon_p$, учитывая, что этот показатель не зависит от деформационной способности материала и характеризует состояние материала близкое к разрушению. Получены новые данные о жесткости различных материалов и их систем при разных методах испытания. Показано, что испытание жесткости на изгиб на приборе ГЖУ-12М и метод консоли не подходят для обувных текстильных материалов ввиду их малой жесткости. Для исследования изгибной жесткости обувных текстильных материалов предложен метод плоской петли по ГОСТ 28790-90.

Установлено, что жесткость систем материалов зависит от жесткости всех составляющих, входящих в систему. Влияние жесткости комплектующих на жесткость системы неодинаково при разных методах испытания. При этом, применение трикотажных подкладочных и межподкладочных материалов снижает жесткость системы по сравнению с традиционными материалами при одноосном растяжении в среднем в 7 раз, при двухосном - в 2-3 раза, при изгибе на ГЖУ-12М - в 2,5 раза.

Обработав полученные данные с использованием метода главных компонент проведено сокращение числа признаков, и выявлены наиболее информативные, всесторонне характеризующие жесткость материалов и систем, составляющих заготовку верха обуви. Выделение наиболее информативных показателей осуществлялось по оценке изменения относительной доли дисперсии, вносимой каждой компонентой $Df^{(n)}$ в суммарную дисперсию всех признаков $D_f^{(m)}$

$$q(f) = \frac{Df^{(1)} + Df^{(2)} + \dots + Df^{(n)}}{Dx^{(1)} + Dx^{(2)} + \dots + Dx^{(n)}}$$

Установлено, что для материалов верха обуви и систем наиболее информативными являются жесткость при двухосном растяжении сферическим пуансоном при $\epsilon = 10\%$ и жесткость при одноосном растяжении при $\epsilon = 10\%$.

Предложено жесткость материалов и систем верха обуви характеризовать относительными комплексными показателями, рассчитанными на основе наиболее информативных единичных показателей жесткости, установленных для них. При этом значимость того или иного единичного показателя, т.е. коэффициент их весомости определяется по относительной величине вклада соответствующей главной компоненты в дисперсию всех признаков.

Установлена зависимость между комплексным показателем жесткости системы K_c и комплексными показателями жесткости материалов верха K_v , межподкладки $K_{м.п.}$ и подкладки K_n

$$K_c = 0,59 K_v + 0,27 K_{м.п.} + 0,38 K_n.$$

Учитывая, что в процессе формования заготовки верха обуви на колодке, а также в процессе влажно-тепловой обработки материалы изменяют свои физико-механические свойства, что влияет в итоге на распорную жесткость верха обуви были проведены исследования влияния режимов формования на жесткость материалов верха и систем.

Исследования показали, что процесс формования оказывает существенное влияние на жесткость материалов и их систем. У синтетических кож и систем с ними она снижается, а у натуральных кож и систем с ними увеличивается. Причем, если жесткость образцов из СК-8 и систем с ней уменьшается на всех стадиях обработки, то у образцов из натуральной кожи и систем с ними после увлажнения и вытяжки она уменьшается, и после термофиксации формы увеличивается.

Установлено, что между наиболее информативными единичными показателями жесткости систем материалов до обработки и после формования су-

8/к

шествует тесная линейная зависимость. Тесная корреляционная связь наблюдается также и между комплексными показателями жесткости систем до обработки и после нее.

Для установления связи между жесткостью систем материалов, имитирующих верх обуви, и распорной жесткостью готовой обуви было изготовлено 10 пар мужских полуботинок из различных по жесткости материалов. Изготовленная обувь испытывалась на разработанном приборе для определения распорной жесткости обуви. Наряду с этим были проведены исследования жесткости аналогичных систем материалов и определен комплексный показатель жесткости материала. Получена аналогичная зависимость показателя распорной жесткости D_p от комплексного показателя $K_{сф}$, характеризующего жесткость системы материалов после формования. Коэффициент корреляции $r = 0,85$.

$$D_p = 10,88 - 24,09K_{сф} + 21,30 K_{сф}^2.$$

Разработанные методика и алгоритм расчета распорной жесткости обуви позволяют уже на стадии конструкторско-технологической подготовки производства прогнозировать распорную жесткость верха обуви, имея данные о жесткости материалов для наружных, внутренних и промежуточных деталей, составляющих заготовку.

Разработаны рекомендации по формированию пакета верха обуви повышенной эластичности. Учитывая, что снижение распорной жесткости обуви при использовании в качестве подкладки и межподкладки материалов с повышенными деформационными свойствами может привести к снижению ее формоустойчивости было проведено исследование влияния режимов формования и последующей термофиксации на формоустойчивость верха обуви. Получены математические зависимости формоустойчивости систем материалов от режимов формования. Их анализ позволил выявить оптимальные режимы технологической обработки, обеспечивающие достаточную формоустойчивость пакетов. Разработаны рекомендации по совершенствованию технологии раскроя и соединения деталей из трикотажных полотен, а также оптимизации их ширины.

Широкая производственная апробация разработанных рекомендаций позволила повысить удобство обуви за счет снижения ее распорной жесткости и уменьшить ее материалоемкость.

В четвертой главе изложены результаты теоретических и экспериментальных исследований анизотропии механических свойств синтетических кож для верха обуви.

Анализ структуры и экспериментальное исследование ИК и СК для верха обуви показали, что в первом приближении их можно рассматривать как квазигомогенные ортотропные среды и в плоскости листа этих материалов имеется две взаимноперпендикулярные оси структурной симметрии. Это позволило применить новый подход к изучению анизотропии механических свойств материалов, обладающих большими деформациями, базирующейся на гипотезе сплошной квазигомогенной ортотропной среды. На основе этого подхода предложены аналитические уравнения для определения анизотропии механических свойств ИК и СК для верха обуви:

$$\sigma_{\alpha} = \frac{\sigma_0}{\cos^4 \alpha + b \sin^2 2\alpha + c \sin^4 \alpha},$$

$$c = \frac{\sigma_0}{\sigma_{90}}; \quad b = \frac{\sigma_0}{\sigma_{45}} - \frac{1+c}{4},$$

где σ_{α} - прочность в направлении α ;

$\sigma_0, \sigma_{45}, \sigma_{90}$ - прочность соответственно в продольном, диагональном и поперечном направлениях.

$$\varepsilon_{\alpha} = \frac{\varepsilon_0}{\cos^4 \alpha + b \sin^2 2\alpha + c \sin^4 \alpha},$$

$$c = \frac{\varepsilon_0}{\varepsilon_{90}}; \quad b = \frac{\varepsilon_0}{\varepsilon_{45}} - \frac{1+c}{4},$$

где ε_{α} - разрушающее удлинение в направлении α ;

$\varepsilon_0, \varepsilon_{45}, \varepsilon_{90}$ - разрушающее удлинение соответственно в продольном,

диагональном и поперечном направлениях.

На основании рассмотрения анизотропии неупругих деформаций при постоянных напряжениях и основных соотношений теории термовязкоупругости анизотропных сред выведена аналитическая формула для определения анизотропии коэффициентов удлинений ИК и СК вида:

$$A_{\alpha} = A_0(\cos^4 \alpha + c \sin^2 2\alpha + c \sin^4 \alpha)$$

$$c = \frac{A_{90}}{A_0}; \quad b = \frac{A_{45}}{A_0} - \frac{1-c}{4},$$

где A_{α} - коэффициент удлинения в направлении α ,

A_0, A_{45}, A_{90} - коэффициенты удлинений соответственно в продольном, диагональном и поперечном направлениях.

Пригодность сформулированных допущений и предложенных уравнений проверялась экспериментальными исследованиями анизотропии различных характеристик механических свойств ИК и СК для верха обуви.

Исследование проводилось на специально разработанных установках (самоустанавливающие зажимы, устройство для непрерывной регистрации поперечной деформации по ширине и толщине образца, установки для двухосного симметричного растяжения и растяжения с различной степенью двухосности) по оригинальным методикам, которые позволили провести комплексное исследование различных характеристик ИК и СК и систем материалов, повысить точность измерения.

В результате исследования было установлено, что искусственным и синтетическим кожам при одноосном растяжении под углом к осям структурной симметрии присущи все особенности, характерные для типичных анизотропных конструкций материалов, которые рассматриваются как сплошные квазигомогенные среды, имеющие симметрию строения и свойств, т.е. направление растягивающих усилий не совпадает с направлением максимальной деформации и отклоняется от него на угол φ , наряду с продольными и поперечными деформациями появляются сдвиговые деформации, о чем свидетельствует угол сдвига γ .

Это является одним из доказательств обоснованности сделанного предположения о возможности применения гипотезы сплошной квазигомогенной среды для изучения анизотропии искусственных и синтетических кож для верха обуви.

Впервые получены данные о характере и величине анизотропии различных показателей механических свойств ИК и СК различных структур, раскрыты причины их анизотропии.

Доказано наличие симметрии деформационных свойств ИК и СК в плоскости листа, а продольное и поперечное направления совпадают с направлением осей симметрии. Разработаны алгоритм и программа расчета деформационных и прочностных свойств по предложенным тензориальным формулам. Сравнение расчетных и экспериментальных данных показало, что средняя ошибка аппроксимации для всех исследованных материалов не превышает 6%, что свидетельствует о пригодности тензориальных формул для расчета анизотропии прочности, разрушающих удлинений и коэффициентов удлинений ИК и СК различных структур.

Однако, формула для вычисления анизотропии коэффициента удлинения A была выведена при сделанном нами допущении, что напряжение σ , при котором определяется A , не изменяется с изменением направления растяжения.

Экспериментальные же исследования показали, что поперечные размеры образцов значительно изменяются в процессе растяжения. В этом случае в расчетах должны использоваться истинные напряжения σ_u , которые являются функцией условных напряжений σ_0 , относительной деформации ϵ_x и переменных значений коэффициентов поперечной деформации $\mu_{yx}(\epsilon_x)$ и $\mu_{zx}(\epsilon_x)$

$$\sigma_u = f \left[\sigma_0(\epsilon_x), \mu_{yx}(\epsilon_x), \mu_{zx}(\epsilon_x), \epsilon_x \right]$$

Общая формула истинных напряжений в функции от относительных деформаций будет иметь вид:

$$\sigma_u(\epsilon_x) = \frac{\sigma_0}{\left[1 - \mu_{yx}(\epsilon_x) \cdot \epsilon_x \right] \left[1 \pm \mu_{zx}(\epsilon_x) \cdot \epsilon_x \right]}$$

Сравнение кривых зависимости $\sigma_0 = f(\varepsilon_x)$ и $\sigma_{\parallel} = f(\varepsilon_x)$ показало, что они значительно отличаются. При этом с ростом деформации отклонения испытанных напряжений от условных увеличиваются. Сравнение значений A_{\parallel} вычисленных при использовании условных и истинных напряжений показало, что ошибка не превышает 10%, что свидетельствует о правомерности сделанных нами допущений.

Учитывая, что заготовка верха обуви представляет собой сложную композиционную систему было проведено исследование анизотропии механических свойств систем материалов.

Исследование растяжения образцов систем СК + межподкладка (бязь) и СК + бязь + подкладка (спиллок) под углом к осям структурной симметрии показало, что им присущи те же особенности деформирования, что и типичным анизотропным материалам. Причем, особенности деформирования систем в значительной мере определяются бязью. Установлено, что наклеивание межподкладки резко изменяет характер, величину анизотропии и общую деформационную способность синтетических кож. Анизотропия деформационных свойств различных систем (СК + бязь) имеет идентичный характер, резко отличающийся от анизотропии у синтетических кож и приближающийся к анизотропии этих свойств у бязи. Значения коэффициента анизотропии в системах из различных синтетических кож примерно одинаковы по одноименным характеристикам, в то время как у СК они существенно отличаются, т.е. межподкладка нивелирует различие свойств синтетических кож.

Показано, что по характеру анизотропии деформационных свойств синтетических кож и материала межподкладки можно прогнозировать анизотропию деформационных свойств систем с учетом их взаимного расположения в системе. Установлено, что прочность систем СК + бязь выше прочности материалов верха. Однако, четкой закономерности в изменении величин разрывных нагрузок систем не наблюдается. Это объясняется тем, что разрушение композиционных материалов, к которым относятся исследуемые системы, происходит

по законам многофакторного сложного распределения напряжений и удлинений в соответствии с типом композиционной структуры системы. К таким факторам, как показало исследование разрушения систем СК + бязь, относятся прочность материалов отдельных слоев системы, ориентация структуры каждого слоя, адгезионная способность клея, используемого при дублировании компонентов, составляющих систему. Анализ кривых анизотропии разрывных нагрузок систем выявил общую закономерность - повышение прочности там, где бязь выкроена по осям структурной симметрии. При расположении бязи в системе под углом к осям структурной симметрии прочность систем снижается, что можно объяснить появлением касательных напряжений в области контакта слоев системы за счет работы структуры ткани, которые способствуют разрушению клеевого шва, частичному расслаиванию и повышению неоднородности работы компонентов системы. В тройных системах появление слилка увеличивает прочность систем и уменьшает анизотропию. По существу системы СК + бязь и СК + бязь + спиллок представляют собой новый материал со своей анизотропией деформационных и прочностных свойств. Показана возможность описания анизотропии деформационных свойств двойных и тройных систем тензорными формулами, установленными для ИК и СК.

Разработан новый способ определения анизотропных характеристик плоских материалов при двухосном растяжении, основанный на регистрации образца, нагруженного центробежными силами. В качестве характеристики анизотропных свойств материала предложен коэффициент анизотропии

$$K_{\alpha} = \frac{\varepsilon_{\alpha}}{\varepsilon_{\mu}} = \frac{r_{\mu}(r_{\theta} - r_{\alpha})}{r_{\alpha}(r_{\theta} - r_{\mu})},$$

где r_{μ} - радиус-вектор максимальной деформации образца,

r_{α} - радиус-вектор под углом α к r_{μ} .

Предлагаемый способ обладает повышенной информативностью, сокращает время и упрощает процесс определения анизотропных характеристик плоских материалов.

Однако, при вращении крутлый образец анизотропного материала принимает форму эллипса, что нарушает круговую симметрию центробежных сил и соответственно равнонапряженное состояние образца. С целью определения границ применимости предложенного метода для исследования анизотропии деформационных свойств обувных материалов проведена теоретическая оценка распределения центробежных сил при вращении плоского образца, имеющего форму эллипса.

При этом отношение Z дополнительно возникающей силы F к центробежной силе F_{∞} приложенной к кругу будет равно:

$$Z = \frac{F}{F_{\infty}} = \frac{b}{\pi b^3} \int_b^a r^2 \operatorname{arctg} \left[\frac{b}{a} \left(\frac{a^2 - r^2}{r^2 - b^2} \right)^{\frac{1}{2}} \right] dr,$$

где a и b - большая и малая полуоси эллипса;

r - модуль радиус-вектора \vec{r} точки эллипса с координатами X и Y .

В результате теоретической оценки распределения центробежных сил установлено, что даже при значительной анизотропии деформационных свойств обувных материалов с достаточной для практических целей точностью можно принять, что при их испытании в поле центробежных сил мы имеем равнонапряженное состояние образца.

Показано, что в зависимости от соотношения модулей упругости в продольном и поперечном направлениях у различных материалов встречаются три характерных случая:

- окружность растягивается как в поперечном, так и в продольном направлениях. При этом деформации в поперечном направлении больше, чем в продольном;
- окружность растягивается только в поперечном направлении, деформация же в продольном равна нулю;
- окружность растягивается в поперечном направлении, сокращаясь одновременно в продольном.

Сравнение анизотропии деформационных свойств ИК и СК при одноос-

ном и двухосном растяжении показало, что материалы, которые обладают наибольшей анизотропией при одноосном растяжении показывают максимальную анизотропию и при двухосном растяжении.

Для оценки точности полученных результатов при растяжении образцов в поле центробежных сил было проведено исследование анизотропии деформационных свойств этих же материалов при нагружении круглых образцов по периметру грузами на специально разработанной для этих целей установке. Сравнение результатов испытания образцов двумя методами показало, что характер деформации и величина коэффициентов анизотропии практически не изменяются. Следовательно, испытание в поле центробежных сил можно рекомендовать в качестве экспресс-метода для определения анизотропии деформационных свойств ИК и СК.

Заготовка верха обуви при формировании наряду с одноосным растяжением испытывает различные виды двухосного растяжения, начиная от одноосного стесненного и кончая двухосным симметричным. В связи с этим большой теоретический и практический интерес представляет определение предельных значений деформаций при двухосном растяжении с любым соотношением принудительных удлинений в двух взаимоперпендикулярных направлениях. Исходя из подхода, базирующегося на гипотезе сплошной квазигомогенной ортотропной среды, предложена формула для определения предельных значений деформаций ИК и СК при двухосных сложных видах растяжения:

$$\varepsilon_x = \frac{\varepsilon_0 \sqrt{1+K+K^2}}{1+DK+CK^2},$$

$$K = \frac{\varepsilon_y}{\varepsilon_x}; \quad C = \frac{\varepsilon_0}{\varepsilon_{90}}; \quad D = \frac{\varepsilon_0}{\varepsilon_0} \sqrt{3-C-1},$$

где K - отношение деформаций по оси X и Y ;

$\varepsilon_0, \varepsilon_{90}$ - разрушающие деформации в продольном и поперечном направлениях при одноосном растяжении;

ε_0 - разрушающие деформации при двухосном симметричном растяже-

нии.

ϵ_x, ϵ_y - задаваемые величины относительных деформаций по осям симметрии материала X и Y.

С целью проверки пригодности предложенной формулы для расчета предельных деформаций проведены экспериментальные исследования механических свойств СК при растяжении с различной степенью двухосности. Используя экспериментальные значения относительных удлинений при разрушении образцов при одноосном (ϵ_0 и ϵ_{90}) и двухосном симметричном (ϵ_s) растяжении построили предельную кривую деформации. При этом отклонение расчетных и экспериментальных значений ϵ_p не превышает 16%, что свидетельствует о возможности использования предложенной формулы для расчета предельных значений деформаций СК при различных сложных видах растяжения.

Учитывая, однако, что одноосное растяжение образцов обувных материалов не обеспечивает условия $\epsilon_y = 0$ за счет значительного сокращения, правильно в формулу подставлять значения разрушающих деформаций при стесненном виде растяжения. В этом случае расхождение между расчетными и экспериментальными данными не превышает 11,2%. Разработаны алгоритм и программа по построению предельных кривых на ЭВМ.

Проведены подробные исследования механических свойств ИК и СК различных структур при двухосном симметричном растяжении на специально разработанной установке, позволяющей осуществлять непрерывное нагружение материала с автоматической регистрацией различных характеристик механических свойств.

Показано, что при двухосном симметричном растяжении кривые "удлинение-нагрузка" у всех материалов сдвинуты к оси нагрузок и имеют параболически выгнутый характер, что свидетельствует об опережающем росте удельной нагрузки по сравнению с удлинением.

Относительные удлинения исследованных ИК и СК при двухосном симметричном растяжении уменьшаются в 1,5-2,5 раза по сравнению с минималь-

ными удлинениями при одноосном растяжении за счет ограниченной возможности к ориентации элементов структуры материалов при двухосном симметричном растяжении. Удельная нагрузка при двухосном симметричном растяжении по сравнению с одноосным изменяется незначительно и приближается к удельной нагрузке поперечного направления при одноосном растяжении. Это хорошо согласуется с характером разрушения ИК и СК: линия разрушения проходит, как правило, перпендикулярно направлению минимального удлинения при одноосном растяжении. При двухосном симметричном растяжении происходит уменьшение толщины материалов. При этом зависимость $t = f(\varepsilon)$ хорошо аппроксимируется квадратичной зависимостью типа:

$$t = a\varepsilon^2 + b\varepsilon + c.$$

Исследование механических свойств систем материалов (СК + бязь + спилок) при двухосном симметричном растяжении показало, что они почти не отличаются между собой ни по характеру кривых "удлинение - нагрузка", ни по значениям деформаций, что свидетельствует о том, что деформационные свойства систем в значительной степени определяются бязью точно так же, как и при одноосном растяжении.

Анализ предельных кривых деформаций систем материалов из различных ИК и СК показал, что они незначительно отличаются между собой, но сильно отличаются от предельных кривых отдельных ИК и СК как по форме, так и по значениям. Предельные деформации исследованных систем материалов в 2-7 раз меньше, чем у самих ИК и СК.

На основании проведенных исследований разработаны рекомендации по учету анизотропии и особенностей механических свойств ИК и СК при разработке конструкции и технологического процесса производства обуви: разработана методика проектирования контура союзки заготовок из СК с учетом анизотропии деформационных свойств материалов; рекомендовано для СК на нетканой основе использовать более тягучую межподкладку, чем бязь; в технологическом процессе целесообразно предусматривать операции предварительного

формования носочно-пучковой части заготовок или проектировать их максимальным приближением передней части к объемной форме колодки; даны рекомендации по оптимальным направлениям раскроя ИК и СК различных структур; рекомендовано проводить комплексную обработку заготовок верха обуви из ИК и СК, включающую термопластификацию и термофиксацию, что оказывает положительное влияние на формоустойчивость обуви. Разработанные рекомендации прошли производственную проверку и внедрены на ряде предприятий Республики Беларусь.

В пятой главе рассмотрены вопросы оптимизации конструкторско-технологических параметров низа обуви в пучково-носочной части. Показано, что к настоящему времени среди исследователей существуют различные мнения о степени влияния различных факторов на изгибную жесткость обуви. Использование исследователями различных приборов и методик испытания обуви различного рода, вида и конструкции, значительные колебания свойств в различных партиях одних и тех же материалов приводит к широкому разбросу и несопоставимости полученных результатов.

Проведены комплексные экспериментальные исследования влияния жесткости деталей низа на изгибную жесткость готовой обуви. В качестве объекта исследования были выбраны мужские повседневные полуботинки на резинках клеевого метода крепления. Всего испытано 106 полупар обуви 36 различных вариантов сочетания деталей.

Установлено, что на изгибную жесткость готовой обуви оказывает влияние жесткость всех деталей низа, а также и верх обуви. Увеличение жесткости каждой детали приводит к увеличению жесткости готовой обуви. Так, увеличение жесткости стельки в 2 раза с 2,0 до 4,0 Н увеличивает жесткость обуви с подошвами из ТЭП и резины РПЦ-6 на 4-10%, а с подошвами из кожи и кожволонна на 12-26% в зависимости от материала простилки. Это увеличение хорошо описывается линейной зависимостью $Y = kx + B$. Увеличение жесткости простилки также увеличивает изгибную жесткость обуви. Замена простилки из

ватина на простилочный картон увеличивает изгибную жесткость обуви с подошвами из кожи и кожволонна на 10-23%, а с подошвами из ТЭП и резины РПШ-6 - на 6-19%. Увеличение жесткости подошвы с 2,1 до 3,4 Н увеличивает жесткость обуви на 20-40%. При этом вклад отдельных деталей в формирование жесткости обуви различный и зависит как от жесткости самих деталей, так и от сочетаний деталей в пакете низа обуви. В мужских полуботинках клеевого метода крепления с простилками из мягких материалов (ватин, войлок) вклад стельки в общую жесткость обуви составляет 20-30%, простилки - 0,5-3,0%, подошвы 17-29%, а с простилками из жестких материалов (простилочный картон) - вклад стельки составляет 18-24%, простилки 10-16%, подошвы 14-24%. Суммарная жесткость верха и низа обуви составляет примерно 75% жесткости готовой обуви и где-то 25% приходится на соединение деталей между собой и низа с затянутой заготовкой. При этом, чем жестче пакет деталей, тем скрепление оказывает меньшее влияние на общую жесткость обуви.

Разработаны математические модели, позволяющие прогнозировать изгибную жесткость обуви на основе жесткости материалов деталей низа. Показано, что между изгибной жесткостью деталей низа и большинством показателей физико-механических свойств материалов существует слабая связь. Достаточно тесная связь наблюдается только между изгибной жесткостью деталей и жесткостью образцов материалов при статическом изгибе. Учитывая это, показатель жесткости при статическом изгибе, гостированный для картонов, следует рекомендовать для оценки жесткости всех материалов низа обуви.

Исследовано влияние физико-механических свойств материалов низа обуви на его опорную жесткость. Установлено, что стандартные показатели свойств материалов деталей низа в большинстве своем слабо коррелируют с показателем опорной жесткости. Высокая корреляционная связь наблюдается только между показателем опорной жесткости, твердостью и плотностью материалов. Получены аналитические зависимости, связывающие опорную жесткость низа обуви с опорной жесткостью стельки, простилки и подошвы, а также

с такими стандартными показателями свойств материалов деталей, как твердость и плотность. Показано, что наибольшее влияние на опорную жесткостью низа обуви оказывает стелька, а наименьшее подошва.

Выявлены закономерности процесса приформовываемости деталей низа обуви и их систем. Показано, что по показателю приформовываемости стельки из натуральной кожи уступают стелечным картонам. Простилки из ватина обладают лучшей приформовываемостью по сравнению с простилкой из картона.

Из подошвенных материалов наиболее высокая приформовываемость наблюдается у микропористых резин, несколько ниже у кожи и кожволонна и наиболее низкая у полиуретана.

Увеличение толщины всех деталей низа увеличивает их приформовываемость. Установлено, что у всех материалов, используемых в конструкциях низа обуви, при циклических нагрузениях имеет место нарастание остаточных деформаций, при этом основная часть пластической деформации возникает за счет собственно цикличности нагружения. Длительное статическое нагружение за время равное общему времени пребывания под переменной нагрузкой вызывает лишь долю остаточной деформации. После определенного числа циклических нагружений наступит предельное состояние, при котором нагружение и разгрузка происходят при неизменной пластической деформации, т.е. материалы для низа обуви относятся к циклически упрочняющимся материалам. Исследование зависимости величины относительной пластической деформации ϵ_n от количества циклов нагружения N для различных материалов показало, что зависимость $\lg 10^3 \cdot \frac{\epsilon_n}{N}$ от $\lg N$ хорошо аппроксимируется прямой линией. Исходя из этого максимальное количество циклов нагружения N , необходимое для полного приформовывания материала можно определить из условия:

$$\lg 10^3 \frac{\epsilon_n}{N} = 0.$$

Это позволяет не проводя трудоемких экспериментов определять скорость приформовывания различных материалов низа обуви.

Получены аналитические зависимости, связывающие приформовываемость систем, имитирующих низ обуви, с приформовываемостью материалов деталей низа, а также приформовываемость низа обуви в реальных условиях носки с приформовываемостью систем.

Полученные зависимости позволяют с достаточно высокой надежностью прогнозировать способность низа обуви приформовываться к стопе.

Показано, что выбор оптимальных конструктивных параметров низа обуви в носочно-пучковой части, обеспечивающих максимальное удобство обуви, сводится к сравнительной оценке множества различных вариантов и выбору наилучшего по таким физиологическим показателям качества, как изгибная жесткость, опорная жесткость, приформовываемость низа обуви к стопе, масса обуви, которые выступают в качестве частных критериев оптимизации. При этом они получают экстремальные значения при различных значениях управляемых факторов, т.е. конструктивных параметров. В зависимости от конкретной ситуации решение этой задачи предполагает использование различных методов оптимизации.

В случае определения оптимальных параметров деталей низа обуви из всех возможных вариантов целесообразно использовать специальные методы оптимизации (метод прямого поиска, градиентные методы, группа методов "Электра", основанная на парето-оптимальных решениях и др.). При решении же такой задачи на этапе конструкторско-технологической подготовки производства рекомендован метод направленного перебора всех допустимых сочетаний конструктивных параметров отдельных деталей, учитывая ограниченный ассортимент материалов, который используется на детали низа, а тем более которым располагает конкретное обувное предприятие. При этом для оценки различных вариантов предложено использовать средневзвешенный арифметический или геометрический комплексный физиологический показатель или комплексный показатель, рассчитанный с использованием функции желательности. В качестве примера приведены результаты выбора рациональных конструктив-

ных параметров низа детской обуви для конкретных материалов, применяемых на Могилевской опытно-экспериментальной фабрике детской обуви.

В шестой главе приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований по совершенствованию конструкции пяточно-геленочной части низа обуви.

Показано, что несмотря на то, что от правильной конструкции переймы обуви и ее укрепителей геленок в значительной степени зависит нормальное функционирование сводов стопы, предотвращение развития деформаций и патологических отклонений в стопах, проектирование их ведется в основном, исходя из исторически сложившихся традиций и личного опыта модельеров, без научного обоснования тех или иных решений. О том, что используемые в настоящее время конструкции геленок не являются рациональными, свидетельствуют их частые поломки, смещение каблука вперед или назад в некоторых видах обуви и т.д.

Примерно в 25-30% обуви, ремонтируемой по дефекту "смена каблука", геленки сломаны. С целью раскрытия характера взаимодействия системы "стопа - обувь" в области переймы проведено исследование распределения давления по участкам плантарной поверхности стопы в обуви с различной высотой каблука. Анализ различных методов исследования распределения давления по подошве стопы показал, что они не подходят для решения поставленной задачи. В связи с этим была разработана новая методика исследования распределения давления по отделам стопы в обуви. Установлен общий характер распределения давления в обуви с различной высотой каблука как в статике, так и в динамике:

- при стоянии как на плоскости, так и в обуви с различной высотой каблука основная нагрузка (42-48% веса тела человека, приходящегося на одну ногу) падает на пяточную часть. Сравнительно большая нагрузка по рядка 13% воспринимается переймой обуви;

- с увеличением высоты каблука обуви значительного перераспределения давления между отделами стопы не происходит. При изменении высоты

каблука от 0 до 60 мм нагрузка на передний отдел при стоянии возрастает всего на 8-10%. Это объясняется рефлекторным смещением общего центра тяжести назад при подъеме пяточной части;

- при ходьбе давление на все отделы стопы значительно возрастает.

Максимальное давление наружный свод оказывает в период опоры на всю стопу, причем оно возрастает примерно в два раза по сравнению со статикой.

Экспериментальное исследование давления наружного свода на опору при подъеме пяточной части на каблук показало, что с увеличением высоты каблука давление в области наружного свода уменьшается постепенно, т.е. стопа прогибается в этом месте. Следовательно, чтобы свод стопы имел надлежащую опору в обуви с различной высотой каблука, геленочная часть должна обладать определенной жесткостью.

Анализ конструктивных решений создания жесткости переймы обуви показал, что укрепление переймы может быть осуществлено тремя путями: конструкцией наружных деталей низа (подошвы, каблука), конструкцией внутренних деталей (стелек), промежуточными деталями (геленками).

Выбор того или иного способа зависит от назначения обуви, условий эксплуатации, эстетических, технологических и других соображений. В результате проведенного анализа дана систематизация конструктивных решений создания жесткости переймы обуви и классификация используемых для этой цели геленков, что позволит по новому решать этот вопрос при разработке рациональных конструкций обуви.

Учитывая, что наиболее широкое распространение в качестве укрепителей переймы обуви в настоящее время получили стержневые металлические геленки в комбинации с картонными, для дальнейших исследований была выбрана конструкция обуви, у которой жесткость переймы обеспечена этим способом.

Так как величина модуля упругости металлического геленка значительно больше аналогичных показателей остальных деталей переймы, задача изучения

работы переймы обуви сводится к исследованию работы металлического геленка.

Принимая во внимание, что схема действия внешних сил на перейму обуви неизвестна и непосредственное определение ее экспериментальным путем довольно сложно, для установления характера работы металлического геленка было решено исследовать его напряженное состояние при различных условиях нагружения в процессе носки обуви. Для анализа распределения нормальных напряжений по длине геленка использовался тензометрический метод.

Анализ результатов исследования напряженного состояния балки-геленка показал, что общая картина нагружения переймы обуви у всех носчиков в процессе функционирования в основном одинакова. Так, при одевании обуви на ногу происходит изгиб геленка выпуклостью вверх, т.е. в сторону стопы, и в его сечениях возникают отрицательные изгибающие моменты; при равномерной опоре на обе ноги геленок изгибается в противоположную сторону, т.е. выпуклостью книзу, что является результатом действия давления наружного свода стопы на перейму обуви, и изгибающие моменты, действующие в сечениях геленка, при этом меняют знак на противоположный; при ходьбе под действием переменных по величине и направлению нагрузок на перейму обуви напряжения в сечениях геленка меняются как по величине, так и по знаку, т.е. геленок подвергается действию знакопеременных циклических напряжений. Это обстоятельство и является причиной частых поломок геленков в процессе носки обуви, так как при действии переменных напряжений разрушение материалов происходит при значительно меньших напряжениях, чем при статическом нагружении.

Установлено, что как при стоянии, так и во время ходьбы наиболее опасными являются сечения геленка, расположенные около линии фронта каблука, что подтверждается результатами осмотра поломанных при носке обуви геленков.

Разработана методика расчета геленков на прочность. Доказана возмож-

ность замены реальной конструкции геленка расчетной схемой прямолинейной балки с шарнирно-подвижной опорой на пучковом конце и шарнирно-неподвижной на пяточном, нагруженной сплошной распределенной нагрузкой, интенсивность которой изменяется по длине балки по закону треугольника.

Предложено проверочный расчет геленков на усталостную прочность проводить как при несимметричном цикле с характеристикой $r = -0,6$ по наибольшим напряжениям, полученным по расчету, так и при симметричном цикле ($r = -1$), уменьшая при этом величину амплитуды колебания напряжения на 20% по сравнению с расчетными данными.

Подтверждена возможность использования разработанной методики для расчета различных конструкций геленков.

На основании изучения методов испытания металлических геленков и геленочной части стелек дана систематизация существующих способов испытания на жесткость и прочность, основанная на схемах нагружения, режимах испытания и измеряемых характеристиках.

Проведено теоретическое и экспериментальное исследование влияния деталей перемы на работу металлического геленка. Установлено, что жесткость перемы в основном обеспечивается металлическим геленком и он воспринимает основную часть нагрузки, действующей на перемы обуви.

Проведены испытания жесткости и упругости различных стелечных узлов. Показано, что использование в качестве полустельки картона КПЖ повышает не только жесткость, но и упругость и усталостную прочность стелечных узлов.

Проведен подробный анализ форм, размеров и материалов геленков отечественной и импортной обуви и их расположения на стельке. Показано, что форма, размеры и материалы наиболее часто встречаемых геленков зарубежного производства для высококаблучной обуви более рациональны, что повышает жесткость и устойчивость пяточно-геленочного узла импортной обуви.

Проведены теоретические исследования влияния геометрических пара-

метров сечений геленка на величину их момента сопротивления. Разработаны рациональные конструкции геленков для средние и высококаблучной обуви и рекомендации по укреплению переймы обуви, которые прошли производственную проверку и получили положительную оценку.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итогом работы является разработка и научно-обоснованное решение проблемы улучшения эргономических свойств обуви, которая имеет важное народнохозяйственное значение, поскольку направлена на повышение ее качества.

Основные результаты работы сформулированы в виде следующих выводов и рекомендаций.

1. Теоретически обоснована структура и разработана модель системы оценки качества бытовой обуви, которая представляет собой многоуровневую иерархическую схему показателей и позволяет осуществлять выбор критериев оптимизации конструкторско-технологических решений обуви различного назначения и комплексную оценку ее качества.

Обоснован комплекс физиологических требований функционирования системы "стопа-обувь" и уточнена классификация и трактовка показателей физиологического соответствия. Определены критерии оптимизации конструкторско-технологических решений по физиологическим показателям различных участков верха и низа обуви и коэффициенты их весомости для женской и мужской обуви.

2. На основе биомеханических исследований проведено теоретическое обоснование и выполнены исследования по созданию и совершенствованию способов и средств количественной оценки эргономических показателей физиологического соответствия обеспечивающие проведение испытаний в условиях, моделирующих механизм взаимодействия системы "стопа-обувь".

Разработаны, спроектированы, изготовлены и применены в исследованиях приборы и методикки, позволяющие объективно оценивать важнейшие показатели удобства обуви, повышающие объективность и точность результатов

измерения и снижающие трудоемкость проведения испытаний:

- для измерения изгибной жесткости обуви;
- для измерения опорной жесткости обуви;
- для измерения приформовываемости низа обуви к стопе;
- для измерения распорной жесткости обуви.

Новизна ряда предложенных методов и приборов подтверждена Госкомитетом по делам изобретений и открытий выдачей авторских 3-х авторских свидетельств и 2-х патентов.

3. Сформулирована задача оптимального подбора системы верха обуви, обеспечивающей повышение ее удобства за счет снижения распорной жесткости при достаточной формоустойчивости и износоустойчивости.

Проведено экспериментальное исследование жесткости широкого круга материалов для верха обуви и их систем, имитирующих заготовку, с использованием различных методик.

Установлено, что как при одноосном, так и при двухосном растяжении жесткость всех исследованных материалов и систем изменяется в процессе растяжения. Определен характер изменения жесткости материалов различных структур и их систем при различных методах испытания.

4. Показано, что жесткость систем материалов зависит от жесткости всех компонентов, входящих в систему. При этом большинство традиционных текстильных материалов, используемых в промышленности на детали межподкладки и подкладки в обуви, имеют низкую деформационную способность, что увеличивает ее распорную жесткость. Учитывая это, разработаны новые трикотажные и тканевые подкладочные и межподкладочные материалы, главным достоинством которых является высокая деформационная способность.

5. Установлено, что распределение материалов по степени жесткости при различных методах испытания различно, что вызывает необходимость выделения наиболее информативных показателей для характеристики их жесткости. С использованием метода главных компонент проведено сокращение при-

знакового пространства и выявлены наиболее значимые показатели, всесторонне характеризующие жесткость материалов и систем, составляющих заготовку верха обуви.

Предложено жесткость материалов и их систем оценивать комплексными относительными показателями, рассчитанными на основе наиболее информативных единичных показателей. Получена математическая модель зависимости комплексного показателя системы от комплексных показателей жесткости материалов, входящих в систему.

6. Показано, что на жесткость материалов и систем оказывает существенное влияние процесс формования, при этом влияние режимов формования на жесткость систем с натуральными и синтетическими кожами неодинаково: у систем с натуральными кожами жесткость после формования повышается, а с СК - понижается. Получены регрессионные зависимости, связывающие комплексные показатели жесткости систем материалов до и после формования.

7. Установлена и математически выражена зависимость показателя распорной жесткости обуви от комплексного показателя, характеризующего жесткость системы материалов с учетом формования. Разработаны методика и алгоритм расчета распорной жесткости обуви, что позволяет уже на стадии конструкторско-технологической подготовки производства прогнозировать величину этого важного показателя качества.

8. Разработаны рекомендации по формированию пакета заготовки обуви с верхом повышенной эластичности и оптимизированы технологические режимы ее изготовления. Получены математические модели зависимости формоустойчивости пакетов верха от режимов формования. Широкая производственная апробация разработанных рекомендаций позволила значительно повысить удобство обуви за счет снижения распорной жесткости и получить экономический эффект за счет уменьшения ее материалоемкости.

9. Впервые теоретически обоснована и экспериментально подтверждена возможность исследования анизотропии механических свойств искусственных

обувных материалов, обладающих большими деформациями, и их систем на основе гипотезы сплошной квазигомогенной ортотропной среды.

Установлено, что искусственным (ИК) и синтетическим (СК) козам при одноосном растяжении под углом к осям структурной симметрии присущи все особенности деформирования, характерные для типичных анизотропных конструкционных материалов.

Предложены аналитические формулы для определения анизотропии ряда деформационных и прочностных характеристик при одноосном растяжении СК и ИК для верха обуви, исходя из тензорно-полиномиального критерия прочности и основных соотношений теории термо-вязкоупругости анизотропных сред, которые могут быть использованы при разработке рациональных систем раскроя ИК и СК, а также при проектировании обуви из этих материалов и в САПР. На основе предложенных формул разработаны алгоритм и программа для определения анизотропии деформационных и прочностных свойств ИК и СК, позволяющие по трем экспериментальным значениям получать подробную картину анизотропии этих материалов. Рекомендовано ввести в ГОСТ испытания ИК и СК не только в продольном и поперечном направлениях, но и в диагональном.

10. Впервые проведено комплексное исследование анизотропии деформационных и прочностных свойств обувных материалов и их систем при одноосном растяжении. Установлено, что наклеивание межподкладки резко изменяет характер, величину анизотропии и общую деформационную способность СК. Показана возможность прогнозирования анизотропии деформационных свойств систем СК + ткань, зная характер анизотропии этих свойств компонентов системы и их взаимное расположение в системе.

11. Разработаны методики и установки для исследования механических свойств обувных материалов и их систем при различных видах растяжения (одноосное, стесненное, двухосное симметричное и с различной степенью двухосности), которые позволили повысить точность измерения исследуемых харак-

теристик, снизить трудоемкость испытаний и дали возможность комплексного исследования обувных материалов и систем.

Разработан новый оригинальный способ определения анизотропных характеристик плоских материалов при двухосном растяжении, основанный на регистрации деформации образца, нагруженного центробежными силами, который повышает информативность измерений, значительно сокращает время и упрощает процесс испытания. Новизна данного способа подтверждена выдачей авторского свидетельства.

Предложен метод теоретической оценки распределения центробежных сил при вращении плоского образца, имеющего форму эллипса. для определения границ применимости нового способа, рекомендован в качестве экспресс-метода определения анизотропии деформационных свойств искусственных и синтетических кож.

12. Впервые проведено комплексное исследование деформационных и прочностных свойств искусственных, синтетических кож и систем материалов при двухосном растяжении.

Предложены аналитические зависимости для расчета предельных значений деформаций при двухосных сложных видах растяжения. Экспериментальное исследование материалов и систем при растяжении образцов с различной степенью двухосности показало хорошую сходимость расчетных и полученных данных.

Рассчитаны и построены предельные кривые деформаций различных ИК, СК и систем при двухосных сложных видах растяжения, что позволяет выбирать рациональные способы формования заготовок из этих материалов и производить настройку технологического оборудования для обеспечения качественного проведения операций формования.

13. Установлено влияние степени анизотропии деформационных свойств синтетических кож на характер, величину деформации и качество посадки заготовок на колодки различных фасонов при формовании.

Разработаны рекомендации по учету особенностей механических свойств синтетических кож и их анизотропии при конструировании и технологии производства обуви, внедрение которых позволило существенно улучшить качество формования и повысить формоустойчивость обуви.

14. Проведены комплексные экспериментальные исследования влияния физико-механических свойств материалов деталей низа обуви на физиологические показатели качества. Установлено, что вклад отдельных деталей в формирование изгибной и опорной жесткости различный и зависит как от жесткости самих деталей, так и от сочетаний деталей в пакете низа обуви. Разработаны математические модели, позволяющие прогнозировать изгибную и опорную жесткость обуви на основе жесткости материалов деталей низа и некоторых стандартных показателей их физико-механических свойств.

Впервые изучена приформовываемость деталей низа обуви и их систем. Показано, что все материалы для низа обуви относятся к циклически упрочняющимся материалам, при этом основная часть пластической деформации возникает за счет собственно цикличности нагружения. Получена зависимость величины относительной пластической деформации от количества циклов нагружения, что позволяет без трудоемких экспериментов определять скорость приформовывания различных материалов. Получены аналитические зависимости, связывающие приформовываемость низа обуви с приформовываемостью материалов деталей низа.

15. Показана многокритериальность задачи оптимизации конструктивных параметров деталей низа обуви, обусловленная необходимостью учета при выборе проектного решения, обеспечивающего максимальное удобство обуви, комплекса подчас противоречивых требований и ограничений. Предложены различные методы оптимизации в зависимости от конкретной ситуации решения этой задачи на этапе конструкторско-технологической подготовки производства.

16. Дан анализ и проведена систематизация существующих методов ис-

следования распределения давления по плантарной поверхности стопы. Разработана новая методика исследования распределения давления по отделам стопы в обуви как при стоянии, так и при ходьбе. Установлен общий характер распределения давления по участкам плантарной поверхности стопы в обуви с различной высотой каблука. Показано, что при стоянии с увеличением высоты каблука обуви значительного перераспределения давления между отделами стопы не происходит.

17. Установлено, что в обуви с каблуком при отсутствии жесткой опоры в перейме стопы прогибается в области наружного свода, что может явиться причиной развития плоскостопия. Дана систематизация конструктивных решений создания жесткости в перейме обуви и классификация исследуемых для этих целей геленков.

Разработана методика экспериментального изучения работы переймы обуви. Для этой цели предложено использовать тензометрический метод исследования напряженного состояния геленка как в статике, так и в динамике. Установлена общая картина нагружения переймы обуви в процессе функционирования. Впервые дано объяснение частым поломкам металлических геленков в процессе эксплуатации обуви.

18. Впервые разработана методика расчета геленков на прочность и жесткость. Подтверждена возможность использования разработанной методики для расчета различных конструкций геленков. Разработаны приборы и методика для испытания геленков на усталостную прочность.

19. Проведено теоретическое и экспериментальное исследование влияния деталей переймы на работу металлического геленка. Испытания жесткости и упругости различных стелечных узлов показали, что использование в качестве полустельки картона КПДЖ повышает не только жесткость, но и упругость и усталостную прочность стелечных узлов.

Проведен детальный анализ форм, размеров и материалов геленков отечественной и импортной обуви и их расположения на стельке. Используя дан-

ные анализа и теоретические исследования влияния геометрических параметров сечений геленка на величину их момента сопротивления, разработаны рациональные конструкции геленков для средне и высококаблуточной обуви и рекомендации по укреплению ее переймы.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. Горбачик В.Е., Кульпина К.И., Зыбин Ю.П. Исследование распределения давления по плантарной поверхности стопы в обуви. - Известия вузов. Технология легкой промышленности, 1970, № 2. с. 86-91.

2. Горбачик В.Е., Зыбин Ю.П. Результаты исследования работы переймы обуви. - Стопа и вопросы построения рациональной обуви. - Труды IV Пленума по вопросам лечения заболеваний и деформаций стоп и обеспечения населения рациональной обувью. М., ЦИТО. 1972, с. 119-122.

3. Гурова Л.П., Горбачик В.Е. Основные предпосылки к испытанию супинаторов на прочность. - Кожевенно-обувная промышленность, 1972, № 3, с. 44-46.

4. Горбачик В.Е., Загайгора К.А. Влияние конструкции силоизмерителя разрывной машины на механические характеристики материалов. - Кожевенно-обувная промышленность, 1975, № 11. - с. 54-56.

5. Горбачик В.Е., Зыбин Ю.П. Конструктивные решения создания жесткости переймы обуви. - Товароведение и легкая промышленность. Республиканский межведомственный сборник, вып. 3. Минск, "Высшая школа", 1976, с. 151-158.

6. Горбачик В.Е. Работа металлического геленка в системе деталей низа обуви. - Сб. Товароведение и легкая промышленность, вып. 4, Минск: из-во "Высшая школа", 1977, с. 145-152.

7. Горбачик В.Е., Щербаков В.В., Максина З.Г., Загайгора К.А. Исследование механических свойств обувных текстильных материалов при различных видах растяжения. - Новые методы исследования строения, свойств и оценки

качества текстильных материалов. (Материалы IX Всесоюзной научной конференции по текстильному материаловедению), : Мн., "Высшая школа", 1977 г., с. 126-129.

8. Горбачик В.Е., Зыбин Ю.П. Исследование напряженного состояния металлического геленка в обуви. - Известия вузов. Технология легкой промышленности, 1977, № 1, с. 79-85.

9. Загайгора К.А., Горбачик В.Е., Ашкенази Е.К. Исследование анизотропии разрушающих удлинений синтетических кож для верха обуви. - Известия вузов. Технология легкой промышленности, 1977, № 6. - с. 48-54.

10. Загайгора К.А., Горбачик В.Е., Зыбин А.Ю. Двухосное симметричное растяжение обувных материалов. - Кожевенно-обувная промышленность. 1978, № 9, - с. 45-47.

11. Загайгора К.А., Горбачик В.Е. Свойства синтетических кож при растяжении. - Кожевенно-обувная промышленность, 1979, № 1. - с. 59-61.

12. Загайгора К.А., Горбачик В.Е., Зыбин А.Ю., Ашкенази Е.К. Об анизотропии механических свойств искусственных и синтетических кож для верха обуви. - Кожевенно-обувная промышленность, 1980, № 4. - с. 53-55.

13. Загайгора К.А., Горбачик В.Е., Ашкенази Е.К. Исследование анизотропии коэффициентов удлинений искусственных и синтетических кож для верха обуви. - Известия вузов. Технология легкой промышленности, 1980, № 2, - с. 40-43.

14. Загайгора К.А., Горбачик В.Е., Ашкенази Е.К. Анизотропия прочности синтетических кож для верха обуви. - Известия вузов. Технология легкой промышленности, 1980, № 3, - с. 20-23.

15. Ковалев А.Л., Горбачик В.Е. Влияние изгибной жесткости обуви на биомеханические параметры ходьбы детей. - Стопа и вопросы построения рациональной обуви. Материалы 5-го пленума межведомственной комиссии по стопе и рациональной обуви. - М.: ЦИТО, 1980, с. 34-37.

16. Смелкова С.В., Горбачик В.Е. К вопросу об опорной жесткости низа

обуви. - Стопа и вопросы построения рациональной обуви. (Материалы 5-го пленума межведомственной комиссии по стопе и рациональной обуви). М., ЦИТО, 1980. - с. 37-41.

17. Загайгора К.А., Горбачик В.Е. Особенности деформирования искусственных и синтетических кож при растяжении под углом к осям структурной симметрии. - Известия вузов. Технология легкой промышленности, 1981, № 3. - с. 49-52.

18. Загайгора К.А., Горбачик В.Е. Анизотропия деформационных свойств различных видов синтетических кож. - Известия вузов. Технология легкой промышленности, 1981, № 2, - с. 40-43.

19. Загайгора К.А., Горбачик В.Е. Анизотропия остаточных деформаций различных видов синтетических кож. - Развитие и совершенствование технологии полимерно-пленочных материалов и искусственной кожи. Сб. научных трудов. МТИЛП, 1981. - с. 108-111.

20. Горбачик В.Е., Загайгора К.А. Исследование толщины искусственных и синтетических кож при двухосном симметричном растяжении. - Товароведение и легкая промышленность. Республиканский межведомственный сборник, вып. 9, Минск, "Высэйшая школа", 1982. - с. 152-155.

21. Загайгора К.А., Горбачик В.Е. Выбор оптимальных направлений раскроя искусственной кожи. - Кожовенно-обувная промышленность, 1982, № 10. - с. 17-18.

22. Горбачик В.Е., Загайгора К.А., Максина З.Г. Методика испытания систем материалов при одноосном растяжении. - Известия вузов. Технология легкой промышленности, 1982, № 2, с. 40-43.

23. Горбачик В.Е., Загайгора К.А. Анизотропия механических свойств синтетических кож и ее учет при проектировании и производстве обуви с верхом из этих материалов. - Доклады международного симпозиума "Химобувь-82", т. I. - Готвальдов, 1982. - с. 96-103.

24. Горбачик В.Е. Анизотропия механических свойств синтетических

кож и ее учет при проектировании и производстве обуви с верхом из этих материалов. - Тезисы докладов международного симпозиума "Изделия из нетрадиционных материалов, пластмасс и др. в области текстиля и кожаных изделий", Пловдив (НРБ), 1993 г., с. 7.

25. Горбачик В.Е., Загайгора К.А. Влияние анизотропии деформационных свойств синтетических кож на качество формования обуви. - Товароведение и легкая промышленность. Республиканский межведомственный сборник, вып. 10, Минск, "Высшая школа", 1983, - с. 92-94.

26. Горбачик В.Е., Загайгора К.А., Максина З.Г. Анизотропия деформационных свойств систем материалов для верха обуви. - Известия вузов. Технология легкой промышленности, 1983, № 6, с. 48-52.

27. Ковалев А.Л., Фукин В.А., Горбачик В.Е. Исследование угловых перемещений подошвы при ходьбе женщин в обуви различной изгибной жесткости. - Совершенствование методов конструирования и технологии изделий из кожи. Сборник научных трудов. - М., ЦНИИТЭИлегпром, 1983, с. 16-20.

28. Смелкова С.В., Горбачик В.Е. Влияние физико-механических свойств деталей низа обуви на способность его приформовываться к стопе. - Совершенствование методов конструирования и технологии изделий из кожи. Сборник научных трудов. - М., изд. ЦНИИТЭИлегпром, 1983 г., с. 125-129.

29. А.С. № 1029037 (СССР) кл. 01 № 3/32 А 43. Способ определения опорной жесткости образцов деталей узла низа обуви и прибор для осуществления способа / С.В.Смелкова, В.Е.Горбачик. Оpubл. в Б.И. № 26, 1983 г.

30. Ковалев А.Л., Фукин В.А., Горбачик В.Е. Динамика изгиба деталей низа обуви при ходьбе. - Известия вузов. Технология легкой промышленности, 1984, № 1, с. 67-70.

31. Горбачик В.Е., Смелкова С.В. Исследование способности материалов низа обуви приформовываться к стопе. - Технология и качество товаров народного потребления. Республиканский межведомственный сборник. Минск, "Высшая школа", вып. 11, 1984 г., с. 111-115.

32. А.С. 1165936 (СССР) кл. G 01 № 3132 А 43 Д. Устройство для определения деформационных характеристик материалов / В.Е.Горбачик, С.В.Смелкова, Г.В.Сипаров, И.В.Лопандин. Опубл. в Б.И. № 25, 1985 г.

33. Горбачик В.Е., Загайгора К.А. Механические свойства обувных материалов и их учёт при проектировании и производстве обуви. - Обувная и кожгалантерейная промышленность. Отечественный производственный опыт. Экспресс-информация, вып. 12, - М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1985, с. 20.

34. Горбачик В.Е., Загайгора К.А. Влияние тепловой обработки на анизотропию остаточной деформации синтетических кож для верха обуви - Новое в применении полимерных материалов в легкой промышленности. Сборник научных трудов. М., изд. ЦНИИТЭИлегпром, 1985. - с. 43-46.

35. Чарковский А.В., Горбачик В.Е., Максина З.Г., Загайгора К.А. Трикотаж для обувной подкладки. - Известия вузов. Технология легкой промышленности, 1987, № 6, с. 44-47.

36. А.С. № 1391588 А 1 (СССР). Способ определения анизотропных характеристик искусственных и синтетических кож для обуви/ Абарбанель З.И., Горбачик В.Е. - опубл. в Б.И., 1988, № 16.

37. Горбачик В.Е., Загайгора К.А., Максина З.Г., Чарковский А.В. Выбор рациональных композиций верха обуви. - Совершенствование методов конструирования и технологии изделий из кожи. Сб. научных трудов. М., изд. ЦНИИТЭИлегпром, 1987, с. 25-29.

38. Горбачик В.Е., Смелкова С.В. Эргономическая оценка качества низа обуви. - Совершенствование методов конструирования и технологии изделий из кожи. Сб. научных трудов. М., из-во ЦНИИТЭИлегпром, 1987. с. 101-104.

39. Абарбанель З.И., Горбачик В.Е. Новый способ определения анизотропных характеристик плоских материалов. - Известия вузов. Технология легкой промышленности, 1989, № 1. - с. 28-30.

40. Абарбанель З.И., Горбачик В.Е. Распределение сил при центробежном растяжении плоских анизотропных материалов. - Известия вузов. Технологи-

гия легкой промышленности, 1989, № 2. - с. 29-33.

41. Горбачик В.Е., Максина З.Г., Загайгора К.А. Анизотропия прочности систем материалов для верха обуви. - Известия вузов. Технология легкой промышленности, 1989, № 6, с. 36-39.

42. Горбачик В.Е. и др. Анализ конструкций и методов испытаний каблуочно-геленочного узла обуви. - "Обувная промышленность". Обзорная информация. ЦНИИТЭИлегпром, М.: 1990, № 2. - 60 с.

43. Горбачик В.Е., Загайгора К.А., Максина З.Г. Разработка верха обуви повышенной эластичности. - Совершенствование технологических процессов и организации производства в легкой промышленности. Сб. трудов ВТИЛП. - Мн., "Высшая школа", 1990, с. 98-102.

44. Смелкова С.В., Горбачик В.Е. Оценка физиологических свойств низа детской обуви. - Конструирование и технология изделий из кожи. Сб. научных трудов. М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1990 г., с. 84 -89.

45. Ковалев А.Л., Горбачик В.Е. Влияние высоты приподнятости пяточной части на угол изгиба женской обуви. - Конструирование и технология изделий из кожи. Сб. научных трудов МТИЛПа. - М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1990. - с. 113-116.

46. Горбачик В.Е., Загайгора К.А., Максина З.Г. (ВТИЛП). Рушалкин С.Ю., Скляр Т.А. (ВНИИПИК). Термоклеевые материалы для обувной подкладки. - Кожевенно-обувная промышленность. 1991, № 1, с. 43-45.

47. Горбачик В.Е., Линник А.И. Комплексная оценка уровня качества обуви. - Обувная промышленность. Обзорная информация. - М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1991. - вып. 2, 60 с.

48. Горбачик В.Е., Смелкова С.В. Методика рациональной комплектации системы низа обуви по показателю "Приформовываемость" на этапе КТПП. - Совершенствование конструкции и технологии изделий из кожи с использованием элементов автоматизированного проектирования. Сборник научных трудов. М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1991 г., с. 32-36.

49. Горбачик В.Е., Загайгора К.А. Предельные деформации искусственных и синтетических кож при различных видах растяжения. - Известия вузов. Технология легкой промышленности, 1992, № 5-6, с. 6-13.

50. Горбачик В.Е., Загайгора К.А., Максина З.Г., Линник А.И. Особенности технологии изготовления обуви с трикотажной подкладкой. - Совершенствование технологии кожи, меха и изделий из кожи. Межвузовский сборник научных трудов - М.: РЗИТЛП, 1993, с. 86-90.

51. Патент RU 2002243 С 1 5 G01 № 19/00. Горбачик В.Е., Белов В.М. Устройство для измерения поперечной деформации высокоэластичных материалов, опубл. Бюл. № 39-40, 1993.

52. Горбачик В.Е., Загайгора К.А., Максина З.Г., Линник А.И. Исследование формоустойчивости верха обуви повышенной эластичности. - Совершенствование технологических процессов, оборудования и организации производства в легкой промышленности и машиностроении. Сб. статей: В 2 ч. Ч. 1. - Мн.: Універсітэцкае, 1994, с. 163-169.

53. Ковалев А.Л., Сипаров Г.В., Горбачик В.Е., Фукин В.А. Кинематический анализ работы приборов для измерения изгибной жесткости обуви. - Совершенствование технологических процессов, оборудования и организации производства в легкой промышленности и машиностроении. Сб. статей. В 2 ч. Ч.1. - Мн.: Універсітэцкае, 1994, с. 177-181.

54. Патент РИ 2006023 С1 кл. G 01 № 3/20, 1991. Прибор для определения распорной жесткости верха обуви/ Горбачик В.Е., Линник А.И., Чудаков В.И. Оpubл. 15.01.94. Бюл. № 1.

55. Горбачик В.Е. О расчете металлического геленка на прочность. - Вестник Витебского государственного технологического университета. Республика Беларусь. Витебск: ВГТУ, 1995 г., с. 47-51.

56. Горбачик В.Е., Максина З.Г., Загайгора К.А., Линник А.И. Оценка механических свойств натуральных кож. - Сб. научных трудов ВГТУ: в 2 ч. Ч. 1. - Витебск: ВГТУ, 1995 г., с. 114-117.

57. Горбачик В.Е., Линник А.И., Фукин В.А. Исследование жёсткости текстильных материалов. - Межвузовский сборник научных трудов "Совершенствование конструкции и технологии изделий из кожи". Витебск. ВГТУ, 1996.

58. Горбачик В.Е. Методика расчета металлического геленка на прочность. - Совершенствование конструкции и технологии изделий из кожи. Межвузовский сб. научных трудов. Витебск, 1996 г. - с. 26-29.

59. Горбачик В.Е., Линник А.И., Фукин В.А., Исследование деформации верха обуви при силовом взаимодействии со стопой в статике и динамике. - Совершенствование конструкции и технологии изделий из кожи. Межвузовский сб. научных трудов. Витебск, 1996, с. 63-66.

60. Фукин В.А., Горбачик В.Е., Линник А.И. Жёсткость обувных материалов при одноосном и двухосном растяжении. - Межвузовский сборник научных трудов "Формование и формоустойчивость материалов и изделий легкой промышленности". Москва, МГАЛП, 1996 г., с. 6-10.

61. Горбачик В.Е., Белов В.М. Способ измерения поперечного сокращения обувных материалов. - Формование и формоустойчивость материалов и изделий легкой промышленности. Межвузовский сборник научных трудов. - М. из-во МГАЛП, 1996. - с. 27-31.

62. Горбачик В.Е., Зыбин А.Ю. Способ и устройство для определения изгибной жесткости обуви. Официальный бюллетень № 3. Государственный Патентный Комитет РБ, г. Минск, 1997 г., стр. 57.

63. Горбачик В.Е., Максина З.Г., Загайгора К.А. Исследование влияния технологических режимов обработки на потребительские свойства обуви. - Товары народного потребления. Республиканский межведомственный сборник научных трудов, вып. 16. Мн. "Высшая школа", 1989. с. 98-102.

Регистрация МГАЛП

Закон № 117

Тираж - 70 экз

Витебский государственный университет
Библиотечно-информационный центр
С/к