

685.34
Л 59

На правах рукописи

ЛИННИК АЛЛА ИВАНОВНА

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА РАСПОРНОЙ ЖЕСТКОСТИ
ВЕРХА ОБУВИ

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

АВТОРЕФЕРАТ

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Москва 1998 г.

Работа выполнена в Московской государственной академии легкой промышленности

Научные руководители:

доктор технических наук,
профессор Фукин В.А.

кандидат технических наук, доцент
Горбачик В.Е.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук,
профессор Александров С.П.

кандидат технических наук,
Фармаковский В.М.

Ведущее предприятие:

НПО "ЦНИИКП" г. Москва

Защита состоится "18" марта 1998 г. в 10⁰⁰ час на заседании диссертационного совета Д 053.32.03 при Московской государственной академии легкой промышленности по адресу: 113806, г. Москва, ул. Садовническая, 33.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МГАЛП.

Автореферат разослан 11.02 1998 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор технических наук, профессор

Костылева В.В.

В/К

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В условиях конкуренции на рынке товаров народного потребления повышенным спросом пользуются те товары, которые в большей степени удовлетворяют потребности покупателей, а качество продукции становится решающим фактором, определяющим желание потребителей приобрести её.

Одной из составляющих интегрального понятия комфортности обуви является её распорная жёсткость, отражающая взаимодействие тыльной и боковой поверхностей стопы и системы верха обуви в процессе ее эксплуатации. Высокая распорная жёсткость является причиной значительного удельного давления на стопу, что вызывает не только ощущение раздражения на уровне сенсорного восприятия, но и болевые ощущения, а также заболевания стоп. Однако, несмотря на важность этого показателя качества обуви, он практически не исследован, а существующие методы и средства его измерения имеют существенные недостатки. Отсутствуют также научно-обоснованные рекомендации по рациональному подбору материалов для составления пакетов верха обуви различного назначения, не выявлены взаимосвязи между свойствами материалов заготовки и распорной жёсткостью обуви, не изучены конструктивные и технологические факторы, влияющие на распорную жёсткость. Все это затрудняет решение проблемы проектирования и изготовления высококачественной обуви.

Цель работы. Разработка научно-обоснованного метода проектирования рационального пакета верха обуви по показателю "распорная жёсткость", а также методов и средств оценки данного показателя.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

- уточнение номенклатуры эргономических показателей качества обуви и определение их значимости;
- исследование деформации верха обуви в статике и динамике;
- разработка конструкции прибора и методики измерения распорной жёсткости обуви;

- анализ существующих методов оценки жёсткости материалов верха обуви и выявление наиболее информативных;
- комплексное исследование жёсткости материалов и систем, имитирующих верх обуви;
- исследование влияния технологических факторов на жёсткость систем материалов;
- исследование свойств новых разработанных материалов для межподкладки и подкладки обуви и разработка технологии их применения;
- установление зависимости жёсткости пакета верха обуви от свойств применяемых материалов;
- разработка методики рациональной комплектации пакета верха обуви по показателю распорной жёсткости.

Объекты и методы исследования. Весь комплекс исследований проведен на образцах обуви мужского и женского ассортимента и на пакетах верха, состоящих из различных материалов, отличающихся структурой и свойствами.

Решение поставленных задач осуществлялось на основе принципов системного подхода с использованием методов математического моделирования, экспертных оценок, классификации, метода главных компонент, тензометрирования, инструментальных методов исследования свойств материалов и обуви. При этом использовались как стандартные методики, так и специально разработанная измерительная аппаратура и методики. Обработка экспериментальных данных осуществлялась с использованием методов математической статистики с помощью ЭВМ.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- уточнены критерии оценки эргономических свойств обуви и определена весомость эргономических показателей;
- установлены характер и величина деформации верха обуви при взаимодействии со стопой в статике и динамике;
- разработаны методика и приборы для определения показателя

«распорная жёсткость», новизна которых подтверждена выдачей патента Российской Федерации;

- разработана методика комплексного исследования материалов и пакетов материалов, имитирующих верх обуви;
- впервые получены данные об изменении жёсткости материалов и их систем при различных видах растяжения;
- выявлены наиболее информативные показатели, характеризующие жёсткость материалов верха, межподкладки и подкладки обуви, а также систем материалов, имитирующих верх обуви;
- получена математическая модель зависимости между комплексным относительным показателем системы и комплексными показателями жёсткости материалов, входящих в систему;
- установлено влияние режимов формования на жёсткость систем с верхом из натуральных и синтетических кож;
- впервые разработана методика расчета распорной жёсткости, позволяющая уже на стадии проектирования прогнозировать этот важный показатель качества обуви.

Практическая значимость

- патента*
патента
- Практическая значимость работы заключается в разработке:
- инструментального метода оценки распорной жёсткости обуви;
 - методики комплексной оценки жёсткости материалов верха обуви и их систем;
 - методики учета влияния режимов формования на жёсткость систем материалов верха обуви;
 - алгоритма расчета распорной жёсткости обуви;
 - предложений и рекомендаций по использованию новых подкладочных и межподкладочных материалов, обладающих повышенной деформационной способностью;
 - оптимальных технологических режимов изготовления обуви с верхом повышенной эластичности.

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертацион-

ной работы докладывались и получили положительную оценку на: международной научной конференции "Новое в технике и технологии текстильной промышленности" (Витебск, 1994 г.), международной конференции "Проблемы промышленной экологии и комплексной утилизации отходов производства" (Витебск, 1995 г.), научно-технических конференциях ВГТУ в 1995, 1996 годах.

Предложения и рекомендации по использованию разработанных новых подкладочных и межподкладочных материалов, а также технологические режимы их применения прошли широкую производственную проверку и внедрены на обувных предприятиях Республики Беларусь: Барановичская опытно-экспериментальная обувная фабрика, Витебская обувная фабрика "Красный Октябрь", Могилевская опытно-экспериментальная обувная фабрика, Бобруйская обувная фабрика, экспериментально-опытное предприятие ВГТУ, что позволило наряду с социальным эффектом, выраженном в повышении удобства обуви, получить реальный экономический эффект в размере 117,800 тыс. рублей (по ценам 1990 г.).

Объем и структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка литературы (101 наименование) и приложений.

Работа изложена на 236 страницах, включающего 35 рисунков, 25 таблиц. Приложение представлено на 73 страницах.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, определены цели и задачи исследований.

В первой главе проведен анализ литературы и нормативно-технической документации, посвященных вопросам оценки качества обуви.

Показано, что в работах как отечественных, так и зарубежных ученых отсутствует единое мнение о классификации свойств обуви. В большинстве работ рассматриваются только комплексные показатели качества, при этом отсутствует единое мнение даже по этому вопросу.

Та же картина наблюдается и при анализе нормативно-технической документации по вопросам оценки уровня качества обуви. Существенным недостатком действующих ИТД является ограниченный круг объективных показателей качества, предусмотренных в них.

Базируясь на общих принципах оценки качества промышленных товаров разработана развернутая классификационная структура показателей качества бытовой обуви, которая содержит пять уровней.

Уточнена трактовка единичных показателей физиологического соответствия системы "стопа-обувь", учитывая, что некоторые из них не нашли еще широкого применения при оценке качества обуви.

Разработанная иерархическая структурная схема показателей качества бытовой обуви была использована как база для определения номенклатуры эргономических показателей качества женской и мужской обуви.

С помощью экспертных оценок установлена значимость эргономических показателей качества мужской и женской обуви. При этом для эргономической оценки качества модельной обуви экспертами отобрано 15 показателей для женской и 13 для мужской обуви.

Показано, что распорная жесткость верха является одним из важных показателей, определяющих удобство обуви. Однако, несмотря на это, она мало изучена, не включена в стандарты по оценке качества обуви, отсутствуют методы и средства для ее количественного измерения.

Вторая глава посвящена вопросам разработки новых метрологических средств измерения и оценки распорной жесткости обуви.

Анализ литературы, посвященной оценке распорной жесткости обуви, показал, что существующие методы и средства измерения этого показателя имеют существенные недостатки и не отражают реальной картины взаимодействия верха обуви со стопой.

Учитывая это, были обоснованы исходные требования к прибору для измерения распорной жесткости обуви. Поскольку главным требованием к прибору выдвигалось моделирование реальной картины взаимодействия

стопы с верхом обуви в области плюснефалангового сочленения, возникла необходимость изучения характера и величины деформации верха обуви различных видов и конструкций, изготовленных из различных материалов, как в статике, так и в динамике. Для измерения деформации союзки использовались фольговые тензодатчики, которые непосредственно наклеивались на обувь, и П-образные скобы с наклеенными проволочными тензодатчиками. Одновременно с записью показаний датчиков, фиксирующих деформацию союзки, производилась запись подограммы и показаний отметчика времени (рис. 1).

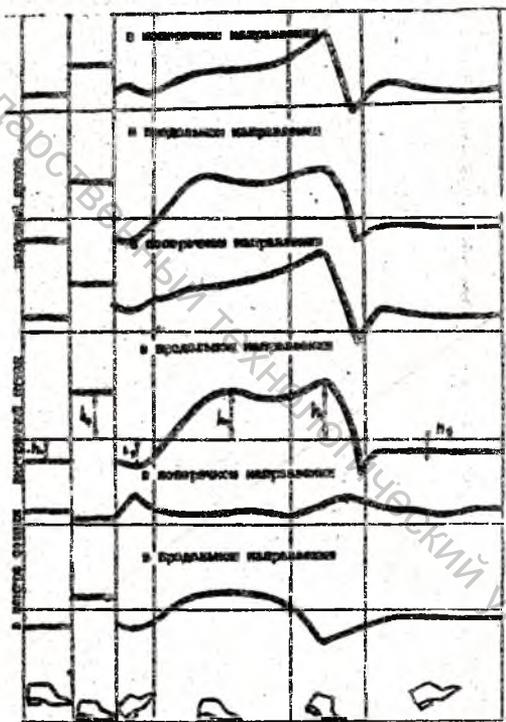


Рис. 1. Характерные диаграммы деформации союзки в статике и динамике.

Проведенное исследование показало, что при силовом взаимодействии

вс, ха 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, а в продольном направлении происходит как деформация сжатия, так и растяжения, и величина ее меняется от (-1%)+(-2%) до (+3,0%)+(6,0%). Максимальное значение деформации союзки в области пучков наблюдается в фазу "перекат через передний отдел".

Установлено, что как при опоре на всю стопу, так и в фазу "перекат через передний отдел" в области пучков происходит растяжение близкое к двухосному симметричному. При этом величина деформации союзки в области внутреннего пучка выше, чем в области наружного.

На величину деформации союзки большое влияние оказывает жёсткость материалов верха обуви. Так, деформация верха обуви из "эластичной кожи + трикотаж + трикотаж" в 1,7 раза больше деформации верха обуви, изготовленной из "жесткой кожи + бязь + ткань Заря".

Разработаны два варианта приборов для измерения распорной жесткости обуви, новизна одного из которых подтверждена выдачей патента. Приборы позволяют испытывать мужскую и женскую обувь различного вида, назначения и высоты каблука. Разработана методика измерения распорной жесткости обуви. Для оценки распорной жесткости верха обуви предложен показатель, который определяется отношением распорного усилия P к величине приращения поперечных размеров обуви $\Delta Ш_{ср}$ в сечении 0,7Д (область наибольшей деформации союзки).

Разработана форма и размеры деформирующих элементов прибора, позволяющие получить характер распределения деформаций аналогичный при взаимодействии верха обуви со стопой.

Проведенные испытания 28 различных образцов отечественной и импортной обуви показали, что в зависимости от пакета материалов верха, вида обуви, конструкции заготовки, формы носочной части распорная жест-

кость колеблется в широких пределах - от 4,2 Н/мм до 18,8 Н/мм.

Установлено, что одним из решающих факторов, определяющих распорную жесткость как в женской, так и в мужской обуви, является жесткость материалов, входящих в заготовку. Так, распорная жесткость женских туфель типа "лодочка", изготовленных из пакета "эластичная кожа + трикотаж + трикотаж", в 1,8 раз меньше, чем туфель из пакета "жесткая кожа + бязь + ткань Заря".

Третья глава посвящена исследованию жесткости материалов верха обуви и их систем.

При изготовлении обуви и ее эксплуатации материалы, входящие в заготовку верха обуви, подвергаются деформации. В зависимости от характера деформации существуют и различные методы оценки жесткости материалов. Проведенный анализ методов оценки жесткости обувных материалов показал, что она характеризуется большим количеством показателей, выраженных в различных единицах. Все это затрудняет проведение сравнительной оценки жесткости материалов различной структуры, составляющих заготовку верха обуви.

Учитывая, что жесткость материалов и систем характеризуется большим количеством различных показателей, предложено для сокращения размерности признакового пространства и выявления наиболее информативных показателей использовать метод главных компонент. С этой целью проведено экспериментальное исследование жесткости широкого круга материалов верха обуви и их систем: натуральные кожи, искусственные и синтетические кожи различных структур, применяемые на детали верха, а также текстильные материалы, широко используемые в качестве межподкладки и подкладки в обуви.

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, совместно с кафедрами прядения натураль-

ных и химических волокон и технологии трикотажного производства ВГТУ 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 тканей.

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

Установлено, что характер изменения жесткости в процессе растяжения зависит как от структуры материала, так и от метода испытания. При одноосном растяжении жесткость натуральных кож и текстильных материалов с увеличением относительного удлинения возрастает. У большинства ИК и СК и нетканого иглопробивного материала жесткость в начальный момент растяжения резко возрастает, а затем снижается. При этом характер изменения жесткости в значительной степени зависит от направления раскроя образцов.

При двухосном симметричном растяжении характер изменения жесткости для натуральных кож одинаков: с увеличением относительного удлинения жесткость резко увеличивается. У синтетических кож, большинства тканей и трикотажных полотен в начале растяжения жесткость резко возрастает, а затем уменьшается и стабилизируется. Исключение составляют нетканый материал и тик-саржа, жесткость которых в процессе растяжения возрастает.

При двухосном растяжении сферическим пуансоном характер изменения жесткости у всех материалов аналогичен характеру изменения жесткости при двухосном симметричном растяжении. Исключение составляет характер изменения жесткости у нетканого межподкладочного материала, жесткость которого уменьшается, а у трикотажных полотен жесткость плавно возрастает.

Тот факт, что характер изменения жесткости у разных материалов а

процессе растяжения не одинаков, приводит к тому, что жесткость на начальной и конечной стадиях растяжения сильно отличается. Так, если при одноосном растяжении в продольном направлении жесткость у СК-8 при $\epsilon = 5\%$ примерно в два раза выше, чем у яловки, то при $\epsilon = 40\%$ жесткость яловки примерно в 2 раза больше, чем у СК-8. Следовательно, для сравнения различных материалов по жесткости как при одноосном, так и при двухосном растяжении необходимо характеризовать жесткость как на начальной стадии растяжения, так и на конечной. Предложено определять жесткость на начальной стадии при $\epsilon = 10\%$ как и при одноосном, так и при двухосных видах растяжения, т.к. это примерно те деформации, которые возникают при формировании заготовки, и при $\epsilon = 0,75 \epsilon_p$, учитывая, что этот показатель характеризует состояние близкое к разрушению.

Установлено, что все ИК и СК, кроме безосновных, а также текстильные подкладочные и межподкладочные материалы обладают значительной анизотропией жесткости. При одноосном растяжении максимальная жесткость у большинства исследуемых материалов наблюдается в продольном направлении, минимальная у ИК на тканевой, СК на смешанной основе и у тканей - в диагональном направлении, у натуральных кож, СК на нетканой основе, у трикотажных и нетканых материалов - в поперечном направлении.

При двухосном растяжении жесткость большинства исследуемых материалов выше, чем при одноосном. Как при двухосном симметричном растяжении, так и при растяжении полусферой минимальной жесткостью среди ИК и СК обладает порвайр, а наибольшая наблюдается у барекса и винибана, т.е. там, где в структуре материала имеется ткань. У натуральных кож при двухосном симметричном растяжении жесткость приближается к жесткости ИК и СК на тканевой и смешанной основах и в 1,5-2,0 раза выше жесткости СК на нетканой основе, а при растяжении полусферой наоборот, жесткость большинства ИК при $\epsilon = 10\%$ приближается к жесткости СК на нетканой основе. Жесткость текстильных материалов при двухосном симметричном растяжении в 1,5-3,0 раз выше, чем при двухосном растяжении сфериче-

ским пуансоном и в 2-10 раз выше по сравнению с максимальным значением жесткости при одноосном растяжении.

Показано, что испытание жесткости на изгиб на приборе ПЖУ-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 (ИСО 5979-82).

Установлено, что распределение материалов по степени жесткости при различных методах испытания различно. Так, среди исследуемых материалов для наружных деталей верха обуви наибольшей жесткостью при одноосном растяжении при $\epsilon \approx 10\%$ и направлении раскроя 0° обладают ИК и СК на тканевой и смешаной основах (винибан и барекс), при двухосном симметричном растяжении и растяжении сферическим пуансоном - бычок и барекс, при изгибе на приборе ПЖУ-12М - барекс и яловка. Из исследуемых текстильных материалов наибольшей жесткостью при одноосном растяжении при $\epsilon = 10\%$ и направлении раскроя 0° обладает ткань "Заря", при двухосном симметричном растяжении - тик-саржа арт. 4330, при двухосном растяжении сферическим пуансоном - термобязь. Наименьшая жесткость при всех методах испытания у трикотажных полотен.

Наряду с исследованием жесткости материалов, составляющих заготовку, проведено комплексное исследование жесткости систем материалов, имитирующих верх обуви. Исследование жесткости проводилось при одноосном, двухосном симметричном растяжении, двухосном растяжении сферическим пуансоном и при изгибе на приборе ПЖУ-12М по методикам, аналогичным при испытании материалов. Всего исследовалось 27 различных систем.

Анализ характера изменения жесткости систем материалов при одноосном и двухосном растяжении показал, что у систем с традиционными подкладочными и межподкладочными материалами (ткань "Заря", тик-саржа, бязь) жесткость как при одноосном, так и при двухосном симметричном растяжении и растяжении сферическим пуансоном резко возрастает с увеличе-

нием деформации. У систем же, где в качестве подкладки использовался экспериментальный трикотаж, а в качестве межподкладки нетканый материал и трикотаж, жесткость в процессе растяжения возрастает плавно и на конечной стадии растяжения стабилизируется.

Установлено, что жесткость систем материалов зависит от жесткости всех составляющих, входящих в систему. Влияние жесткости комплектующих на жесткость системы различно при разных методах испытания. При этом, применение трикотажных подкладочных и межподкладочных материалов снижает жесткость системы по сравнению с жесткостью системы с традиционными материалами (бязь, ткань "Заря") при одноосном растяжении в среднем в 7 раз, при двухосном растяжении в 2-3 раза и при исследовании на приборе ПЖУ-12М в среднем в 2,5 раза.

Учитывая, что жесткость обувных материалов и систем характеризуется одновременно значениями нескольких количественных показателей, определяемых по различным методикам, и тот факт, что градация материалов по степени жесткости при использовании этих показателей неодинакова, необходимо выявить наиболее информативные показатели, т.е. снизить размерность признакового пространства.

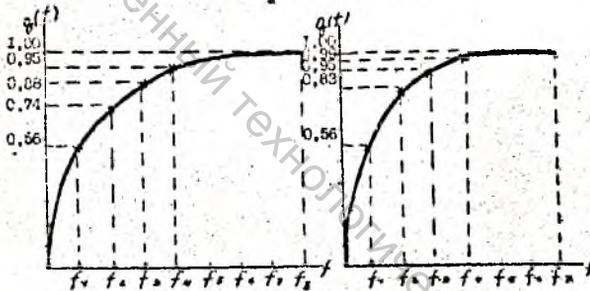
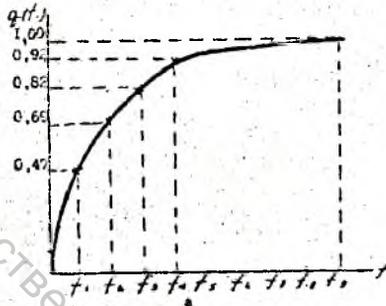
Для выявления наиболее информативных показателей, характеризующих жесткость материалов и систем, в работе был использован метод главных компонент. Главные компоненты представляют собой новое множество исследуемых признаков $f^{(1)}, f^{(2)} \dots f^{(n)}$, каждый из которых получен в результате некоторой линейной комбинации непосредственно измеренных на объектах исходных признаков $x^{(1)}, x^{(2)} \dots x^{(n)}$. Они упорядочены по степени рассеяния в изучаемой совокупности объектов: первый признак обладает наибольшей степенью рассеяния, т.е. наибольшей дисперсией.

При формировании матриц данных "объекты-признаки" для материалов наружных деталей верха учитывалось 9 признаков, для текстильных материалов - 8 и для систем материалов - 7.

Выделение наиболее информативных показателей (рис.2) осуществля-

лось по оценке изменения относительной доли дисперсии, вносимой каждой компонентой $D_{r^{(i)}}$ в суммарную дисперсию всех признаков $D_{r^{(n)}}$

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



б

в

Рис.2. Изменение относительной доли суммарной дисперсии $q(f)$ исследуемых признаков, обусловленной первыми f_1 главными компонентами:

- а — для материалов наружных деталей верха,
- б — для текстильных подкладочных и межподкладочных материалов,
- в — для систем материалов.

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 $\epsilon = 10\%$. Однако, для более полной характеристики жесткости материалов предложе-

но для наружных деталей верха обуви определять дополнительно жесткость при двухосном симметричном растяжении при $\epsilon = 0,75\epsilon_p$ и жесткость на приборе ПЖУ-12М; для текстильных материалов для подкладки и межподкладки - жесткость при двухосном симметричном растяжении при $\epsilon = 10\%$ и модуль текущей конечной жесткости при одноосном растяжении; для систем материалов - жесткость при двухосном симметричном растяжении при $\epsilon = 10\%$ и на приборе ПЖУ-12М.

Четвертая глава посвящена разработке методики расчета распорной жесткости верха обуви.

Предложено жесткость единичных материалов и систем верха обуви характеризовать относительными показателями, рассчитанными на основе наиболее информативных единичных показателей жесткости, установленных для них с использованием метода главных компонент. 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.

Учитывая, что единичные показатели имеют различные размерности для расчета комплексных показателей были определены относительные показатели, которые рассчитываются по формуле

$$K_i = \frac{P_i}{P_{\max}}, i = 1, \dots, N,$$

где P_i - значение показателя, характеризующего жесткость i -го материала;

P_{\max} - максимальное значение этого же показателя жесткости.

Расчет комплексного показателя K_c осуществлялся на основе взвешенного геометрического показателя:

$$K_c = \prod_{i=1}^n K_i^{m_i},$$

где m_i - коэффициент весомости единичных показателей.

Получена математическая модель зависимости между комплексным показателем жесткости системы K_c и комплексными показателями жесткости

материалов верха K_v , межподкладки $K_{м.п.}$ и подкладки K_n :

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

Все коэффициенты уравнения значимы, так как имеют уровень значимости $P < 0,05$. Модель информационно способна, так как коэффициент множественной корреляции равен 0,98.

Учитывая, что в процессе формирования 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 формирования на жесткость материалов верха и систем.

Исследования показали, что процесс формирования оказывает существенное влияние на жесткость материалов верха обуви и на жесткость систем, имитирующих заготовку. У синтетических кож и систем с ними она снижается, а у НК и систем с ними увеличивается. Причем, если жесткость образцов из СК-8 и систем с ними уменьшается на всех стадиях обработки, то у образцов из НК и систем с ними после увлажнения и вытяжки она уменьшается, а после термофиксации формы увеличивается.

Установлено, что между наиболее информативными единичными показателями жесткости систем материалов до обработки и после формирования существует тесная линейная зависимость. Тесная корреляционная связь наблюдается также и между комплексными показателями жесткости систем до обработки и после неё.

Для установления связи между жесткостью систем материалов, имитирующих верх обуви, и распорной жесткостью готовой обуви на экспериментально-опытном предприятии ВГТУ было изготовлено 10 пар мужских полуботинок из различных по жесткости материалов верха. Наряду с этим были проведены исследования жесткости аналогичных систем материалов и определялся комплексный показатель жесткости материала. Изготовленная обувь испытывалась на разработанном приборе для определения распорной жесткости обуви. Получена аналитическая зависимость показателя распор-

ной жёсткости D_p от комплексного показателя $K_{с.ф.}$, характеризующего жёсткость системы материалов после формования. Коэффициент корреляции $R = 0,85$.

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

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

В пятой главе представлены результаты исследования по совершенствованию технологии изготовления обуви с верхом повышенной эластичности.

Ранее было показано, что самой низкой распорной жёсткостью обладает обувь, у которой в качестве материала верха использовались эластичные кожи, а в качестве подкладки и межподкладки разработанные нами экспериментальные трикотажные полотна.

Вместе с тем, при производственной апробации трикотажных полотен отмечались определенные трудности при раскрое и сборке заготовок: непрорубание последних слоев, разница в линейных размерах по слоям, большие отходы при раскрое, при сострачивании трикотажной подкладки с кожподкладкой происходит сильное вытягивание и драпируемость трикотажа, появление складок и т.д.

Установлено, что оптимальным количеством слоев в настиле при раскрое на прессах ПОТГ-40 резаками фирмы "BOHLER" 32 x 2 мм на вырубочной плите из ПВХ твердостью 98 усл. ед. является: для хлопкополиэфирного трикотажного полотна без термпокрытия - 12 слоев; для хлопкополиэфирного трикотажного полотна с термпокрытием - 20 слоев; для экспериментальной ткани из комбинированной пряжи - 15 слоев. При этом отклонение линейных размеров выкроенных деталей по слоям в реальном производстве не превышает 1 мм, детали имеют качественный срез, отсутствуют трудности в осуществлении процесса раскроя.

Б/к

Решался также вопрос оптимизации ширины трикотажных полотен с целью снижения отходов, возникающих из-за неkratности линейных размеров деталей и ширины настила. Учитывая возможность вязального оборудования предложено изготавливать основовязальное трикотажное полотно шириной 170 см при ориентации деталей подкладки под союмку под углом 45° к петельному ряду.

Разработана технология соединения деталей из трикотажного полотна и кожподкладки. Соединение деталей предложено осуществлять по одному из вариантов: соединение деталей узла подкладки ниточными швами при соответствующей регулировке швейной машины (уменьшение высоты расположения транспортирующего ролика над игольной пластиной до величины приблизительно равной $1/3$ толщины шиваемых образцов, замены транспортирующего ролика с глубокими зубчиками на ролики с мелкими, устранение несоответствия скорости перемещения материалов по отношению к скорости перемещения иглы); предварительное склеивание деталей узла подкладки с последующим сострачиванием на машине; соединение деталей узла подкладки клеевыми швами.

Уточнены технологические режимы операции "предварительное формирование союмки" при использовании в качестве межподкладки под вытяжные союмки сапог разработанных трикотажных полотен.

Учитывая, что снижение распорной жесткости обуви при использовании в качестве подкладки и межподкладки материалов с повышенными деформационными свойствами может привести к снижению ее формоустойчивости и ухудшению внешнего вида, было проведено исследование влияния режимов формования и последующей термофиксации на формоустойчивость верха обуви. Изучение влияния степени увлажнения (X_1), относительного удлинения (X_2) и времени термофиксации (X_3) проводилось с использованием метода математического планирования эксперимента. В качестве параметра оптимизации был выбран коэффициент формоустойчивости: $K = (\Delta_{\text{ост}}/\Delta_{\text{общ}}) \cdot 100\%$.

Получены математические зависимости формоустойчивости систем материалов от указанных факторов.

Для системы "опоек + ткань арт. 7322 + трикотаж" уравнение имеет вид:

$$Y = 78,58 + 4,4 X_1 + 3,5 X_2 + 0,5 X_3 - 0,85 X_1 X_2 + 0,99 X_1 X_3 - 2,5 X_2 X_3 + 2,1 X_1 X_2 X_3.$$

Для системы "опоек + ткань арт. 7322 + ткань экспериментальная" уравнение имеет вид:

$$Y = 76,91 + 3,3 X_1 + 0,51 X_2 + 0,93 X_3 - 2,86 X_1 X_2 + 0,54 X_1 X_3 + 1,68 X_2 X_3 - 2,1 X_1 X_2 X_3.$$

Значимость коэффициентов уравнений регрессии и адекватность полученных моделей подтверждены по критерию Стьюдента и Фишера с уровнем значимости 0,95.

На рис. 3,4 представлены кривые равных значений формоустойчивости. Их анализ позволяет определить оптимальные режимы формирования верха обуви повышенной эластичности.

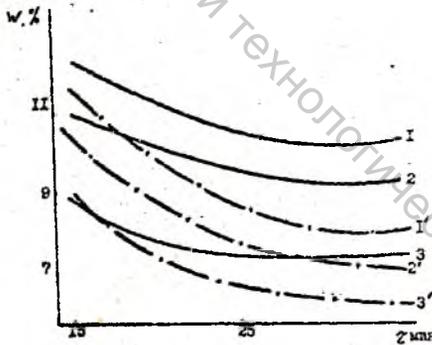


Рис. 3. Кривые равных значений формоустойчивости y :

1,2,3 — относительное удлинение $\epsilon=25\%$, 1',2',3' — $\epsilon=35\%$;

1,1' — $y=83\%$, 2,2' — $y=80\%$, 3,3' — $y=78\%$

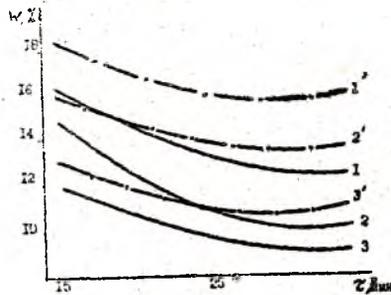


Рис. 4. Кривые равных значений формоустойчивости:

1, 2, 3 — относительное удлинение $\epsilon=15\%$, 1', 2', 3' — $\epsilon=19\%$;

1, 1' — $y=82\%$, 2, 2' — $y=80\%$, 3, 3' — $y=78\%$

Для систем, где в качестве подкладки используются трикотажные полотна для обеспечения формоустойчивости в пределах 78-85% относительное удлинение должно быть 25-35%, степень увлажнения 7-11% и время термофиксации 25 мин, а для систем, где в качестве подкладки использовалась ткань из комбинированных нитей — относительное удлинение 15-19%, степень увлажнения 10-15%, время термофиксации 25 мин.

Разработанные текстильные материалы и технология их применения получили хорошие отзывы у специалистов промышленности и внедрены на предприятиях: Барановической и Могилевской опытно-экспериментальных фабриках, Бобруйской обувной фабрике, Витебской обувной фабрике "Красный Октябрь", экспериментально-опытном предприятии ВГТУ.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Анализ литературы и нормативно-технической документации, посвященной оценке качества обуви, показал отсутствие единого подхода при рассмотрении этого вопроса.

Разработана развернутая иерархическая структурная схема показателей качества бытовой обуви. Уточнена трактовка показателей физиологического соответствия системы "стопа - обувь". Обоснована номенклатура эргономических показателей качества женской и мужской модельной обуви и определена

их весомость. Показано, что распорная жесткость верха является одним из важнейших показателей, определяющих удобство обуви.

2. Установлено, что существующие методы и средства измерения распорной жёсткости верха обуви имеют существенные недостатки и не отражают реальной картины взаимодействия верха обуви со стопой.

С целью более точного моделирования взаимодействия стопы с верхом обуви проведено исследование характера и величины деформации союзки различных видов и конструкций обуви в статике и динамике. Показано, что союзка в области плюснефалангового сочленения испытывает сложные двухосные деформации с различной степенью двухосности. В поперечном направлении происходит только растяжение союзки и величина деформации колеблется от 1,0 до 7,0% в зависимости от фазы шага, а в продольном направлении наблюдается как деформация растяжения, так и сжатия и величина её меняется от (-1,0%) + (-2,0 %) до (+3,0%) + (+6,0 %).

Максимальные значения деформации союзка испытывает в фазе "перекат через передний отдел". При этом в области пучков происходит растяжение близкое к двухосному симметричному.

3. Разработаны методика и приборы для измерения распорной жёсткости верха обуви, новизна одного из которых подтверждена выдачей патента. Установлено, что величина распорной жёсткости верха обуви в основном зависит от жёсткости материалов, составляющих заготовку.

4. Показано, что для оценки жёсткости различных по природе, химическому составу и строению материалов применяются различные методы испытания, использующие различные приборы, размеры и формы образцов, схемы и режимы нагружения и т.д., что затрудняет сравнение жёсткости различных материалов, составляющих заготовку.

Не стандартизированы методы определения жёсткости 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.

5. Разработаны новые трикотажные и тканевые межподкладочные и под-

кладочные материалы, главным достоинством которых является высокая деформационная способность по сравнению с традиционными текстильными материалами, используемыми в обувной промышленности. Исследованы физико-механические и гигиенические свойства новых материалов. Показано, что они удовлетворяют всем требованиям, предъявляемым к подкладочным и межподкладочным материалам.

6. Проведено экспериментальное исследование жёсткости широкого круга материалов верха обуви и их систем с использованием методик, основанных на различных видах деформации.

Установлено, что как при одноосном, так и при двухосном растяжении жёсткость всех исследуемых материалов и систем изменяется в процессе растяжения. Определён характер изменения жёсткости материалов различных структур и их систем при различных методах испытания. Показано, что применение разработанных новых подкладочных и межподкладочных материалов значительно снижает жёсткость систем по сравнению с традиционными материалами.

Принимая во внимание, что жёсткость у различных материалов на начальной и конечной стадиях растяжения сильно отличается, предложено определять жёсткость на начальной стадии при $\epsilon = 10\%$, 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 близкое к разрушению.

7. Установлено, что распределение материалов по степени жёсткости при различных методах испытания различно, что вызывает необходимость выделения наиболее информативных показателей, для характеристики их жёсткости.

С использованием метода главных компонент проведено сокращение признакового пространства и выявлены наиболее информативные показатели, всесторонне характеризующие жёсткость материалов и систем, составляющих заготовку верха обуви.

8. Предложено жёсткость материалов и их систем оценивать комплекс-

ными относительными показателями, рассчитанными на основе наиболее информативных единичных показателей.

Получена математическая модель зависимости между комплексным показателем жёсткости системы и комплексными показателями жёсткости материалов, входящих в неё.

Показано, что процесс формования оказывает существенное влияние как на жёсткость материалов верха обуви, так и на жёсткость систем, имитирующих заготовку.

Получены регрессионные зависимости между комплексными показателями жёсткости систем материалов до и после формования, что позволяет учитывать влияние режимов формования на жёсткость систем материалов.

9. Установлена и математически выражена зависимость показателя распорной жёсткости от комплексного показателя, характеризующего жёсткость системы материалов с учетом формования.

Разработаны методика и алгоритм расчета распорной жёсткости обуви, что позволяет уже на стадии конструкторско-технологической подготовки производства прогнозировать распорную жёсткость, имея данные о жёсткости материалов, составляющих заготовку верха обуви.

10. Разработаны оптимальные технологические режимы изготовления обуви с верхом повышенной эластичности.

Широкая производственная апробация разработанных рекомендаций позволила значительно повысить удобство обуви за счет снижения её распорной жёсткости и уменьшить её материалоемкость, что в итоге обеспечивает как социальный, за счет повышения качества обуви, так и экономический эффект, за счет снижения её материалоемкости.

ОПУБЛИКОВАННЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Горбачик В.Е., Лилин А.И. Комплексная оценка уровня качества обуви. Серия "Обувная промышленность". Обзорная информация. - М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1991. - Вып. 1, 60 с.

2. Фукня В.А., Горбачик В.Е., Лилин А.И. Жёсткость обувных мате

риадов при одноосном и двухосном растяжении. Межвузовский сборник научных трудов "Формование и формоустойчивость материалов и изделий легкой промышленности". М., 1996, с. 6-10.

3. Фукин В.А., Горбачик В.Е., Линник А.И. Исследование жёсткости текстильных материалов. Межвузовский сборник научных трудов "Совершенствование конструкции и технологии изделий из кожи". Витебск: 1996, с. 38-43.

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

5. Горбачик В.Е., Максина З.Г., Загайгора К.А., Линник А.И. Снижение отходов обувных материалов за счет оптимизации ширины. Тезисы докладов. Международная конференция "Проблемы промышленной экологии и комплексная утилизация отходов производства". - Витебск: 1995, с. 100.

6. 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. ст. - Мн.: Універсітэцкае, 1994, с. 163-169.

7. Горбачик В.Е., Загайгора К.А., Максина З.Г., Линник А.И. Оценка качества кож для верха обуви. - Совершенствование технологических процессов, оборудования и организация производства в легкой промышленности и машиностроении. Сб. ст.: Мн.: Універсітэцкае, 1994, с. 158-163.

8. Фукин В.А., Горбачик В.Е., Линник А.И. Исследование деформации верха обуви при силовом взаимодействии со стопой в статике и динамике. - Совершенствование конструкции и технологии изделий из кожи. Межвузовский сборник научных трудов. Витебск: 1996, с. 44-47.

9. Горбачик В.Е., Загайгора К.А., Максина З.Г., Линник А.И. Оценка механических свойств натуральных кож. - Сборник научных трудов ВГТУ. Ч. 1. - Витебск: ВГТУ, 1995, с. 111-114.

Типография МГАНБ

Сказко ИВ.

Тираж - 70 экз.

Мисер

Эпк