

**На правах рукописи**



**Ермакова Елена Олеговна**

**РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ КАСТОМИЗАЦИИ  
ОРТОПЕДИЧЕСКОЙ ОБУВИ**

**Специальность 05.19.05 –  
«Технология кожи, меха, обувных и кожевенно-галантерейных  
изделий»**

**АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

**Москва – 2022**

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» (ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина») на кафедре Художественного моделирования, конструирования и технологии изделий из кожи.

**Научный руководитель:** доктор технических наук, профессор кафедры Художественного моделирования, конструирования и технологии изделий из кожи ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина», г. Москва  
**Киселев Сергей Юрьевич**

**Официальные оппоненты:** доктор технических наук, профессор кафедры «Конструирование, технологии и дизайн» ФГБОУ ВПО «Донской государственной технической университет», г. Шахты  
**Прохоров Владимир Тимофеевич**  
кандидат технических наук, ведущий модельер-конструктор АО «РАЛЬФ Рингер», г. Москва  
**Рощупкина Дарья Вячеславовна**


**Ведущая организация:** ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», г. Санкт-Петербург

Защита состоится «25» мая 2022 г. в 10.00 ч. на заседании диссертационного совета Д 212.144.01, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» по адресу: 119071, г. Москва, ул. Малая Калужская ул., д. 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина» и на официальном сайте вуза <https://kosygin-rgu.ru/>

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета Д 212.144.01



Мезенцева Т. В.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** Обеспечение лиц с нарушениями опорно-двигательной системы реабилитационными средствами является одной из приоритетных задач в рамках стратегии Российской Федерации по развитию производства промышленной продукции реабилитационной направленности до 2025 года, в которой подчеркнута необходимость создания современной, конкурентоспособной, устойчивой и структурно сбалансированной реабилитационной индустрии.

Эффективность ортопедического обеспечения во многом определяется сроками его предоставления, которые напрямую связаны с анатомо-функциональным состоянием стоп и сложностью выполнения заказа. В настоящее время все более востребованным становится дистанционный подбор и заказ обуви, что является особенно актуальным для лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и обуславливается проблемами их самостоятельного передвижения, удаленного места жительства и иными причинами, когда посещение специализированного ортопедического кабинета затруднительно. Как при дистанционном, так и непосредственном взаимодействии с пациентом специалистов необходимо обеспечить такими инструментами, которые позволяли бы более обоснованно рекомендовать готовое изделие, либо принимать решение о необходимости индивидуального изготовления на основе оценки соответствия изделия данным стоп.

В зависимости от выраженности патологии индивидуальное изготовление может осуществляться с использованием конструктивно-технологической основы выбранной модели малосложной ортопедической обуви. Таким образом, обеспечение пациентов ортопедической обувью может осуществляться по принципам кастомизации. Кастомизация допускает гибкую организацию производства на основе использования передовых технологий и средств автоматизации в сочетании с элементами индивидуального изготовления. Для эффективного управления производственными ресурсами – трудовыми, материальными, временными – необходима дифференциация заказов по степени изменения продукта. Объем вносимых изменений в конструкцию базовой модели определяется степенью соответствия параметров внутренней формы обуви индивидуальным антропометрическим данным стоп пациента.

Оценка степени соответствия подбираемых базовых моделей антропометрическим данным стоп позволит повысить удовлетворенность пациентов изделиями, а также обеспечит техническую поддержку специалистов при конкретизации способа ортопедического обеспечения пациентов в различных условиях диагностики и получения

антропометрических данных, сократит временные затраты на подбор и доработку наиболее подходящей модели или ее индивидуальное изготовление.

Процессы ортопедического обеспечения пациентов могут быть усовершенствованы по принципам кастомизации при решении проблемы подбора обуви, соответствующей антропометрическим параметрам пациента. При этом необходимо трансформировать накопленный эмпирический опыт кастомизации для условий бесконтактного и дистанционного подбора с использованием возможностей и преимуществ массового производства, цифровых технологий компьютерного моделирования и проектирования.

Таким образом, разработка решений по кастомизации ортопедической обуви является актуальным направлением исследований.

### **Степень научной разработанности выбранной темы.**

Развитию методологических основ создания конструкций обуви, методов проектирования рациональной внутренней формы обуви посвящены работы таких ученых, как Б.П. Хохлов, Ю.П. Зыбин, Х.Х. Лиокумович, А.А. Рындич, К.И. Ченцова, О.В. Фарниева, Т.С. Кочеткова, В.А. Фукин, В.В. Костылева, В.П. Лыба, В.Е. Горбачик, В.М. Ключникова и др. Кафедрой ХМКиТИК и кафедрами других профильных вузов накоплен большой методический и практический опыт по использованию цифровых технологий для совершенствования конструкций изделий. Автоматизации проектирования обуви и оснастки посвящены работы ученых: В.А. Фукина В.В., Костылевой, И.Б. Разина, С.Ю. Киселева, А.Н. Калиты, В.Г. Бекка, Буй В. Х., и др. Существенный вклад в решение проблем развития проектирования и производства ортопедической обуви внесли С.П. Александров, Е.Е. Аржанникова, И.К. Горелова, И.А. Максимова, Е.Г. Румянцева, Н.В. Бекк, И.В. Ключева, Ю.С. Конарева и другие ученые.

Диссертационная работа соответствует п.11 «Антропобиомеханические основы проектирования обуви, закономерности в антропометрических данных для построения рациональной внутренней формы и деталей; размерно-полнотного ассортимента обуви, перчаток и т.д.», п.12 «Разработка теоретических основ проектирования обуви, кожгалантереи и других изделий из кожи, в том числе автоматизированного», п.23 «Разработка методов оптимизации обувного и кожгалантерейного производства на основе научного прогнозирования, применения математических методов и вычислительной техники и т.д.» паспорта научной специальности 05.19.05 – Технология кожи, меха, обувных и кожевенно-галантерейных изделий.

**Объектом исследования** являются стопы пациентов с нарушениями опорно-двигательной системы и конструкции ортопедической обуви.

**Предметом исследования** являются антропометрические характеристики стопы и параметры обувных колодок.

**Целью работы** является разработка концепции кастомизации ортопедической обуви на основе оценки степени соответствия внутренней формы обуви индивидуальным антропометрическим параметрам стоп.

Для достижения поставленной цели в работе сформулированы и решены следующие задачи:

- изучены и обобщены определения понятия «кастомизация», рассмотрены особенности индивидуализации изделий легкой промышленности с использованием интернет-технологий, выделены ключевые принципы кастомизации; сформулировано определение «кастомизация ортопедической обуви»;
- выявлены перспективы совершенствования процессов ортопедического обеспечения пациентов на основе анализа особенностей подбора, адаптации и изготовления ортопедической обуви;
- предложена концептуальная модель кастомизации ортопедической обуви;
- изучены и обобщены принципы преобразования исходной антропометрической информации в параметры рациональной обувной колодки с учетом особенностей конструкций ортопедической обуви;
- предложена методика расчета рациональных параметров индивидуальной ортопедической колодки;
- разработана методика оценки степени соответствия внутренней формы обуви (ВФО) параметрам стоп;
- разработана система кастомизации ортопедической обуви, включающая типовые варианты кастомизации и рекомендации по их технологическому обеспечению;
- предложен алгоритм подбора ортопедической обуви и определения типового варианта ее кастомизации на основе оценки степени соответствия ВФО данным стоп;
- разработана база данных для автоматизированного подбора моделей на основе оценки соответствия параметров ВФО данным стоп для практического применения в условиях ортопедического предприятия «Аквелла», г. Москва;
- сформулированы перспективы дальнейшего развития исследований в области совершенствования ортопедического обеспечения, а также условия реализации дистанционного подбора и заказа ортопедической обуви;

Исследования проводились на кафедре художественного моделирования, конструирования и технологии изделий из кожи в рамках научно-исследовательских работ РГУ им. Косыгина на 2019-23 г.г., проблема 1

«Матричный подход к формированию цифровой индустрии 4.0 на промышленных предприятиях текстильной и легкой промышленности», Тема 1.2 «Развитие инновационного потенциала предприятий по производству изделий из кожи на основе современных цифровых технологий проектирования и быстрого прототипирования», включающей этап «Разработка метода виртуальной кастомизации обуви с использованием Интернет-технологий».

Научные исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-37-90152 «Разработка методологии автоматизированного подбора обуви по антропометрическим параметрам стоп» и в рамках хоздоговорной НИР № 1911-Х «Разработка научно-практических основ кастомизации специальной обуви в условиях массового производства» по заданию АО «Производственно-технологическая компания «МОДЕРАМ».

### **Методы исследования**

Исследования основаны на системном подходе к формированию концепции кастомизации ортопедической обуви. Информационно-теоретической базой диссертации являются труды отечественных и зарубежных исследователей в области разработки рациональной внутренней формы обуви, накопленный практический опыт ортопедического обеспечения, энциклопедическая, справочная, научно-техническая литература и документация. В ходе работы использовались теоретические и научно-практические основы технологии и конструирования изделий из кожи, антропометрии и биомеханики, принципы разработки рациональной внутренней формы обуви, теоретические и прикладные методы анализа, статистической обработки и структурирования данных, квалиметрии, алгоритмизации; методы анкетирования и экспертных оценок. Исследования базируются на достижениях в области цифровизации конструкторско-технологической подготовки производства и автоматизации процессов получения антропометрической информации.

**Научную новизну** исследования составляют:

- концептуальная модель кастомизации ортопедической обуви;
- методика оценки степени соответствия параметров внутренней формы обуви антропометрическим данным стоп с помощью комплексного показателя;
- система кастомизации ортопедической обуви;
- алгоритм подбора моделей ортопедической обуви по степени соответствия параметров ее внутренней формы антропометрическим параметрам стоп пациента;
- структура базы данных для подбора моделей обуви и оценки степени соответствия параметров их внутренней формы параметрам стоп.

**Практическую значимость** работы представляют:

- типовые варианты кастомизации ортопедической обуви;
- рекомендации по технологическому обеспечению типовых вариантов кастомизации ортопедической обуви;
- база данных для подбора и оценки степени соответствия параметров внутренней формы моделей обуви антропометрическим параметрам стоп пациентов.

### **Личный вклад автора**

Автором сформулированы цель и основные задачи исследования,

- выполнено:
  - исследование процессов ортопедического обеспечения пациентов с позиций кастомизации как физической трансформации компонентов конструкции исходного изделия;
  - исследование современных технологических решений в области цифровизации ортопедического производства;
- получена и систематизирована исходная информация о моделях ортопедической обуви по данным ООО «Аквелла»;
- разработана база данных для автоматизированного подбора обуви.

Разработка концептуального подхода к кастомизации ортопедической обуви подкреплена практическим опытом автора в области ортопедического обеспечения пациентов при подборе малосложной и проектировании сложной ортопедической обуви с использованием САПР.

**Достоверность** проведенных исследований базируется на согласованности аналитических и экспериментальных результатов, использовании информационных технологий, современных методов и средств проведения исследований и подтверждена в научной периодической печати, конференциях, а также в ходе апробации на предприятии по производству ортопедической обуви ООО «Аквелла», г. Москва.

### **Основные положения, выносимые на защиту:**

- концептуальная модель кастомизации ортопедической обуви;
- методика оценки степени соответствия параметров внутренней формы обуви антропометрическим данным стоп;
- система кастомизации ортопедической обуви;
- алгоритм подбора моделей ортопедической обуви по степени соответствия параметров ее внутренней формы антропометрическим данным стоп пациента;
- база данных для подбора моделей обуви и оценки степени соответствия параметров их внутренней формы данным стоп.

### **Апробация и реализация результатов работы.**

Основные положения и результаты диссертации докладывались и получили положительную оценку на заседаниях кафедры художественного моделирования, конструирования и технологии изделий из кожи Российского Государственного Университета имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), 51 Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, посвященной году науки (Витебск, 2018), Международной научной студенческой конференции «Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности» (Москва, 16 апреля 2019), Международном научно-техническом симпозиуме «Современные инженерные проблемы в производстве товаров народного потребления» (Международный Косыгинский форум «Современные задачи инженерных наук», Москва 2019), Международной научно-технической конференции «Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности» (Витебск, 13-14 ноября 2019), Международной научно-практической заочной конференции «Концепции, теория, методики фундаментальных и прикладных научных исследований в области инклюзивного дизайна и технологий» (Москва, 25-27 марта 2020), Международной научно-технической конференции «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности» (Москва, 2020), Международной научно-практической интернет-конференции «Современные вызовы и актуальные проблемы науки, образования и производства: межотраслевые диспуты» (Киев, 13 ноября 2020), II Всероссийской научной онлайн-конференции с международным участием «Концепции в современном дизайне» (Москва, 2020), Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные научные исследования в области инклюзивного дизайна и технологий: опыт, практика и перспективы» (Москва, 2020), Международной научно-практической интернет-конференции «Актуальные вопросы физико-математических и технических наук: теоретические и прикладные исследования» (Киев, 24 марта 2021).

Отдельные результаты теоретических исследований, полученные в диссертации, содержатся в методических указаниях «Выполнение практических работ» и используются кафедрой художественного моделирования, конструирования и технологии изделий из кожи в учебном процессе обучающихся по магистерской программе «Развитие научных основ инновационных способов моделирования и проектирования изделий из кожи» направления подготовки 29.04.05 «Конструирование изделий легкой промышленности» (дисциплина «Проектирование технологической оснастки»).

Полученные в ходе диссертационной работы результаты прошли промышленную апробацию на предприятии по производству ортопедической обуви ООО «Аквелла».



**Публикации.** Основные положения научно-квалификационной работы (диссертации) опубликованы в 23 печатных работах, 3 из которых – в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России, 1 – в издании, индексируемом в международной базе данных Web of Science.

**Структура и объем работы.** По своей структуре научно-квалификационная работа состоит из введения, трех глав, выводов по каждой главе, общих выводов по работе, списка литературы, приложений. Работа изложена на 175 страницах машинописного текста, содержит 32 рисунка, 21 таблицу. Список литературы включает 141 библиографический и электронный источник. Приложения представлены на 4 страницах.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность темы, обозначены цели и задачи исследований, отражены научная новизна и практическая значимость работы.

**В первой главе** проанализированы подходы к кастомизации изделий легкой промышленности с использованием современных цифровых технологий. По результатам анализа выявлены принципы кастомизации, по которым возможно усовершенствовать процессы обеспечения пациентов ортопедической обувью:

- использование цифровых и инфокоммуникационных технологий в сочетании с индивидуальным подходом;
- принцип модульности и использование стандартной основы изделия;
- переход к стандартизации решений по кастомизации ортопедической обуви на основе определения степени соответствия базовой модели комплексу исходных данных (диагностических, эргономических, эстетических);
- дифференциация заказов по сложности выполнения.

По результатам анализа особенностей процессов ортопедического обеспечения пациентов с учетом сформулированных принципов предложена концептуальная модель кастомизации ортопедической обуви (рис. 1).

В основу предлагаемой модели положен расчет степени соответствия параметров ВФО антропометрическим параметрам стоп.

Показано, что оценку степени соответствия параметров ВФО данным стопы следует проводить путем сравнения параметров рациональной колодки, рассчитанных по антропометрическим данным, с параметрами колодки, на которой изготовлена модель с учетом критериев рациональности, обусловленных, главным образом, эргономическими, технологическими и эстетическими факторами.



Рисунок 1. Концептуальная модель кастомизации ортопедической обуви

**Во второй главе** для реализации предложенной концептуальной модели разработана методика оценки степени соответствия параметров внутренней формы обуви антропометрическим параметрам стопы.

Проведен анализ принципов перехода от параметров стопы к параметрам рациональной ВФО, рассмотрены особенности учета параметров ортопедических вкладных стелек в зависимости от медицинского назначения. Определен набор параметров, которые в достаточной степени характеризуют форму и размеры обувной колодки, предложена методика расчета выбранных параметров.

Оценка проводится с учетом отклонений параметров фактической базовой колодки от рассчитанных параметров рациональной колодки с использованием трех диапазонов допустимых значений. Диапазоны значений параметров выделены для трех категорий соответствия параметров стоп и внутренней формы готовой обуви при ее подборе:

- I категория – рациональное соответствие: возможно использование готовой обуви;
- II категория – устранимое несоответствие: возможно использование готовой обуви с доработкой;
- III категория – неустранимое несоответствие: использование готовой обуви невозможно, требуется индивидуальное изготовление.

Обоснованы значения допустимых отклонений параметров колодок в рамках выделенных диапазонов для трех категорий соответствия.

Для оценки колодок по совокупности параметров предложен комплексный показатель соответствия  $K_0$ :

$$K_0 = \sum_{i=1}^k (K(i) * V(i)) , \quad (1)$$

где:  $K(i)$  – частный коэффициент соответствия по  $i$ -му параметру (2);

$V(i)$  – весовой коэффициент для  $i$ -го параметра.

При расчете комплексного показателя необходимо учесть влияние каждого отдельного параметра на итоговую оценку, поэтому для каждого  $i$ -го параметра определяется весовой коэффициент. Для ранжирования параметров по значимости и установления значений весовых коэффициентов разработана анкета и проведен онлайн-опрос экспертов в области проектирования обуви и ортопедического обеспечения (рис. 2).

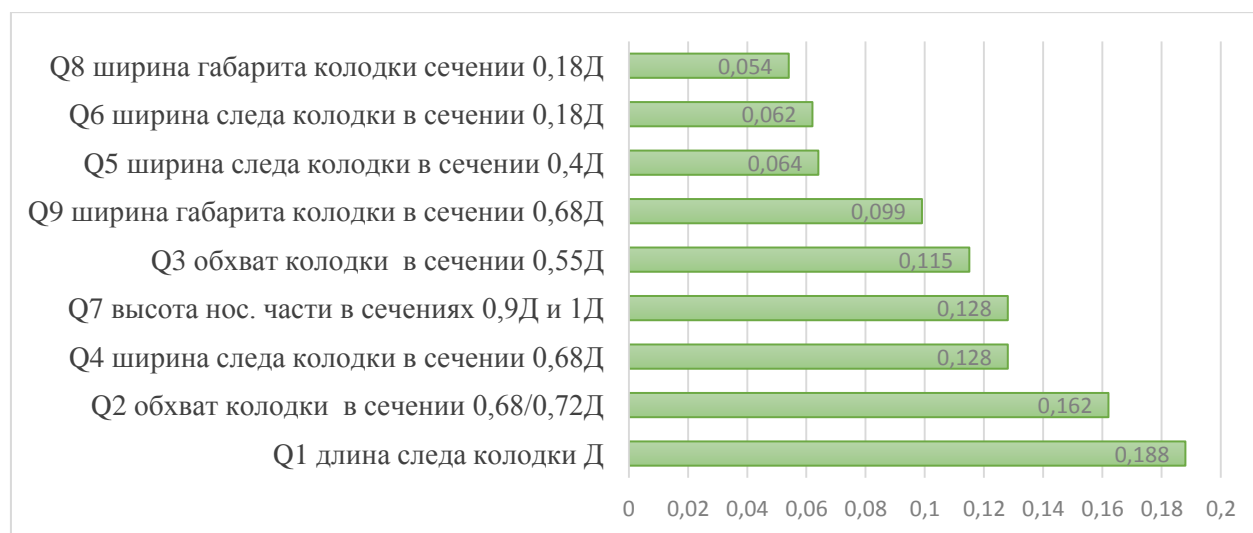


Рисунок 2. Диаграмма распределения весомости параметров колодок

Оценка параметра  $K(i)$  выражается как:

$$K(i) = 1 - O(i) \quad (2)$$

При  $K(i) = 1$  наблюдается полное соответствие параметра.

При  $0 \leq K(i) < 1$  - частичное соответствие.

При  $K(i) < 0$  - отсутствие соответствия.

При условии ограничений на предельные значения показателей свойств отклонение  $O(i)$  оцениваемого фактического значения параметра  $P_{\phi}(i)$  от рекомендованного расчетного  $P_p(i)$  определяется по формуле:

$$O(i) = \frac{|\Delta P(i)|}{D(i)} = \frac{|P_{\phi}(i) - P_p(i)|}{D(i)} \quad (3),$$

где  $D(i)$  – предельно допустимое отклонение в большую или меньшую сторону для  $i$ -го параметра.

Область допустимых значений:  $O(i) \in [0; 1]$

Так как значения допустимых отклонений  $D(i)$  параметров колодок в большую и меньшую стороны могут быть разными, то расчет отклонений проводится отдельно с учетом минимальных и максимальных значений.

Таким образом, для трех диапазонов задаются:

$D_{\min(n)}$  – отклонение параметра в меньшую сторону;

$D_{\max(n)}$  – отклонение параметра в большую сторону;

$n$  – номер диапазона (первый, второй или третий).

**В третьей главе** на основе предложенной методики оценки степени соответствия параметров ВФО параметрам стоп разработана система кастомизации ортопедической обуви. Функционирование системы обуславливает дифференциация заказов по трем уровням сложности и типовым вариантам индивидуализации моделей. Варианты кастомизации формализуются на основе структурно-функциональной организации этой системы, представленной на схеме (рис. 3).

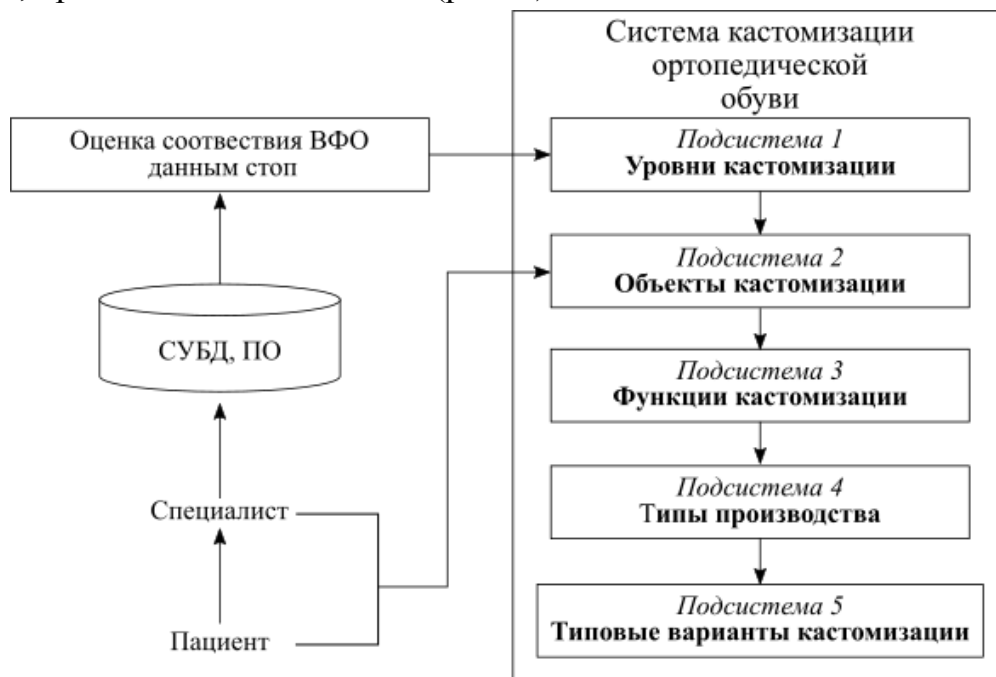


Рисунок 3. Структурно-функциональное представление системы кастомизации ортопедической обуви

Подход к кастомизации ортопедической обуви определяется совокупностью взаимосвязанных факторов и условий, выявляемых по

результатам диагностики состояния стоп, медицинских назначений, в процессе взаимодействия специалиста и пациента при подборе моделей.

Сформулировано 12 типовых вариантов кастомизации, позволяющих распределять заказы по объему вносимых в модель изменений, функции и компонентам кастомизации, типу производства, в условиях которого заказ выполняется.

Предложены технологическое обеспечение разработанных вариантов кастомизации и рекомендации по применению цифровых технологий проектирования и изготовлению изделий в зависимости их сложности заказа.

На основе предложенной системы кастомизации разработаны алгоритм и база данных (БД) для автоматизированного подбора обуви. Согласно алгоритму работа в базе данных осуществляется следующим образом. На начальном этапе обеспечивается ввод и обработка исходных данных: диагностических, антропометрических, параметров искомых моделей и вкладных ортопедических элементов. На основе введенных данных рассчитываются параметры индивидуальной рациональной колодки и устанавливаются диапазоны допустимых отклонений для каждого параметра. В то же время по запросу выдается информация о базовых моделях, отвечающих таким заданным параметрам, как тип обуви, назначение в соответствии с патологией (диагнозом), половозрастная группа, сезон носки, материалы наружных деталей верха и подкладки, специальные ортопедические детали (при необходимости), способ крепления на стопе, раскрываемость и др. Для сформированной выборки моделей анализ на соответствие рассчитанным параметрам индивидуальных колодок может производиться в несколько этапов по трем категориям соответствия.

При отсутствии моделей, параметры внутренней формы которых отвечают данным стоп в рамках первой категории соответствия, может быть проведен поиск готовой обуви для доработки согласно второй категории. В случае отсутствия такой обуви аналогично может проводиться поиск моделей для индивидуального изготовления, отвечающих третьей категории.

Для моделей каждой категории рассчитывается комплексный показатель соответствия согласно предлагаемой методике. Специалист-ортопед (техник, врач) предлагает пациенту модель из сформированной выборки. В процессе непосредственной примерки, дополнительной проверки модели специалистом, определения возможных или утверждения необходимых доработок совместно с пациентом уточняется типовой вариант кастомизации обуви в соответствии с уровнем кастомизации.

На основе определённого уровня кастомизации модели специалистом (техником-ортопедом) в базу вводятся данные о необходимых параметрах доработки согласно разработанной системе кастомизации. В результате

определяется подходящий вариант кастомизации, информация о котором прилагается к данным пациента. Таким образом, в базе данных осуществляется подбор моделей ортопедической обуви по антропометрическим параметрам стоп и определяется типовой вариант кастомизации выбранной модели. Апробация разработанной базы данных проведена в промышленных условиях предприятия по производству ортопедической обуви ООО «Аквелла».

Показаны перспективы применения предлагаемых решений и развития исследований при организации дистанционного подбора и заказа с использованием инфокоммуникационных технологий.

## **ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ**

1. Установлено, что обеспечение пациентов ортопедической обувью может осуществляться на основе принципов кастомизации при условии стандартизации решений по доработке и индивидуальному изготовлению изделий. Показана целесообразность предварительной оценки соответствия параметров внутренней формы обуви антропометрическим данным стоп как при выборе готовой обуви, так и модели для индивидуальной модификации по принципам кастомизации.

2. Сформулировано определение «кастомизация ортопедической обуви» – это модификация компонентов конструкции базового изделия в процессе адаптации (подгонки) в соответствии с антропометрическими параметрами стоп и голени, медицинскими назначениями и эстетическими предпочтениями пациента.

3. Для совершенствования процессов ортопедического обеспечения пациентов предложена концептуальная модель кастомизации ортопедической обуви, в основу которой положен расчет оценки степени соответствия параметров ВФО параметрам стоп пациента.

4. Разработана методика оценки степени соответствия параметров ВФО параметрам стоп, предусматривающая 3 категории соответствия ортопедической обуви при ее подборе, для которых выделено 3 диапазона допустимых значений параметров ВФО.

5. Предложена методика расчета рациональных параметров индивидуальной ортопедической колодки и обоснованы величины допустимых отклонений от расчетных параметров индивидуальной колодки в большую и меньшую стороны в рамках выделенных диапазонов для трех категорий соответствия.

6. Предложена формула расчета комплексного показателя соответствия параметров рассчитанной и базовой колодок, учитывающая их значимость и допустимые значения отклонений параметров для трех категорий соответствия.

7. По результатам проведенного онлайн-опроса экспертов рассчитаны коэффициенты весомости параметров.

8. Разработана система кастомизации ортопедической обуви, предусматривающая 3 уровня сложности кастомизации в зависимости от значения комплексного показателя соответствия параметров базовой модели данным стопы.

9. Разработаны типовые варианты кастомизации для дифференциации заказов по уровню сложности выполнения и объему вносимых изменений. Составлены рекомендации по рациональному применению как традиционных, так и цифровых технологий проектирования и изготовления в зависимости от выбора типового варианта кастомизации.

10. Предложен алгоритм автоматизированного подбора обуви с учетом различных способов ортопедического обеспечения пациентов в зависимости от степени соответствия базового изделия данным стоп.

11. На основе разработанного алгоритма создана база данных для автоматизированного подбора и оценки ортопедической обуви. При внесении исходной информации пациента в базу осуществляется автоматический расчет параметров рациональной обувной колодки с учетом вкладных ортопедических изделий и последующий анализ на соответствие параметрам базовых колодок подобранных в соответствии с патологией моделей.

По результатам проведенного анализа и выбора модели в базе данных определяется типовой вариант кастомизации и формируется отчет, включающий информацию о выбранном варианте кастомизации согласно разработанной системе, исходных параметрах стоп и рассчитанных параметрах индивидуальных колодок; данные о выбранной модели.

12. В ходе апробации разработанной базы данных в производственных условиях ООО «Аквелла» проведен обмер базовых ортопедических колодок; получена и систематизирована информация о моделях малосложной ортопедической обуви предприятия; показана возможность подбора малосложной ортопедической обуви.

13. Показаны перспективы применения полученных результатов и развития исследований при организации дистанционного подбора и заказа обуви с использованием инфокоммуникационных технологий в ходе разработки решений для подбора, оценки и массовой кастомизации обуви различного назначения.

## **РЕКОМЕНДАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ**

1. Результаты работы рекомендуется использовать в учебном процессе вузов, осуществляющих подготовку бакалавров и магистров по направлению

«Конструирование изделий легкой промышленности» и «Технология изделий легкой промышленности», в институтах дополнительного образования; на предприятиях, выпускающих обувь, в том числе специальную, включая медицинскую; в модернизации программного обеспечения САПР.

2. Развитие предлагаемой концепции следует продолжить в направлении совершенствования процессов дистанционного подбора и виртуальной кастомизации обуви через сеть Интернет.

## **ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ**

*Статьи в изданиях, входящих в «Перечень» ВАК при Минобрнауки России:*

1. Киселев С. Ю., Белякова А. В., Ермакова Е. О., Карпухин А. А., Козлов А. С. Алгоритм виртуальной примерки обуви.// Научно-технический вестник Поволжья. – 2018. – с. 149-152.
2. Ермакова Е. О., Киселев С. Ю., Волкова Г. Ю. Инновационные технологические решения при подборе и изготовлении индивидуальной ортопедической обуви.// «ДИЗАЙН и ТЕХНОЛОГИИ», 2019, 73(115)
3. Ермакова, Е. О. Оптимизация ортопедического обеспечения пациентов на основе автоматизированного подбора обуви и принципов кастомизации / Е. О. Ермакова, С. Ю. Киселев, Е. Е. Смирнов // Костюмология. — 2021. — Т. 6. — № 4. — URL: [https:// kostumologiya.ru/PDF/01TLKL421.pdf](https://kostumologiya.ru/PDF/01TLKL421.pdf) DOI: 10.15862/01TLKL421

*Статьи в изданиях, входящих в международные базы цитирования Web of Science:*

4. E. Ermakova, S. Kiselev, V. Kostyleva, A concept of automated selection of orthopedic shoes. Advances in health sciences research. Proceedings of the International Conference “Health and wellbeing in modern society” (ICHW 2020) Part of series «Advances in Health Sciences Research», 3 October 2020, p.119-124 <https://doi.org/10.2991/ahsr.k.201001.025>

*Статьи в прочих изданиях:*

5. Ермакова Е.О., Киселев С.Ю., Волкова Г.Ю. Автоматизированное проектирование индивидуальной ортопедической обуви. //Материалы докладов 51-й международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, посвященной году науки –Витебск (Республика Беларусь): ВГТУ. 2018., –с.115-117.
6. Ермакова Е. О., Киселев С. Ю. Перспективы применения виртуальной примерки в производстве индивидуальной ортопедической обуви.// ИНТЕКС-2019 сборник материалов часть 1. – М. ФГБОУ ВПО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2019. – С. 160-162.
7. Киселев С.Ю., Белякова Л.В., Ермакова Е.О. Методика виртуального подбора обуви по данным 3D-сканирования стоп.// Эргодизайн как инновационная технология проектирования изделий и предметно-пространственной среды: инклюзивный аспект. Сборник научных трудов часть 2. - М. ФГБОУ ВПО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2019. – С. 115-121.



8. Ермакова Е.О., Киселев С. Ю., Волкова Г. Ю. Применение CAD/CAM и IT-технологий в производстве ортопедической обуви.// Эргодизайн как инновационная технология проектирования изделий и предметно-пространственной среды: инклюзивный аспект. Сборник научных трудов часть 2. - М. ФГБОУ ВПО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2019. – С. 138-140.
9. Ермакова Е.О., Киселев С.Ю., Обоснование разработки автоматизированного подбора ортопедической обуви по антропометрическим параметрам стоп.// Современные задачи инженерных наук: сборник стендовых докладов молодых ученых и студентов: Международный Косыгинский Форум (29-30 октября 2019 г.). – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2019. – 269 с.
10. Киселев С.Ю., Ермакова Е.О., Совершенствование технологий интернет-торговли обувью.// Сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума «Современные инженерные проблемы в производстве товаров народного потребления» Международного Косыгинского Форума «Современные задачи инженерных наук», Часть 1
11. Ермакова Е.О., Киселев С.Ю., Лукач А.Ю., Автоматизированный подбор обуви.// Материалы докладов Международной научно-технической конференции «Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности» 13–14 ноября 2019 г. Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»
12. Лукач А.Ю., Киселев С.Ю., Ермакова Е.О., Развитие методик виртуальной примерки обуви.// Материалы докладов Международной научно-технической конференции «Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности» 13–14 ноября 2019 г. Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»
13. Белякова Л.В., Киселев С.Ю., Ермакова Е.О. Разработка алгоритма виртуальной оценки соответствия параметров обуви данным обмера стоп.// Сборник научных трудов по итогам Международной научно-практической заочной конференции «Концепции, теория, методики фундаментальных и прикладных научных исследований в области инклюзивного дизайна и технологий» (25-27 марта 2020 г.). Часть 1. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2020. – 170 с., -с. 140-143.
14. Ермакова Е. О., Киселев С. Ю., Белякова Л.В., Автоматизированный подбор обуви как основа оптимизации ортопедического снабжения // Сборник научных трудов по итогам Международной научно-практической заочной конференции «Концепции, теория, методики фундаментальных и прикладных научных исследований в области инклюзивного дизайна и технологий» (25-27 марта 2020 г.). Часть 2. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2020. – 168 с., -С.109-112.
15. Ермакова Е.О., Киселев С.Ю. Особенности кастомизации ортопедической обуви.// Сборник научных трудов международной научно-технической конференции «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности» (ИННОВАЦИИ-2020), -2020г. – часть 1. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2020. – С. 161-164.

16. Киселев С.Ю., Ермакова Е.О. К вопросу использования принципов перехода от формы и размеров стопы к параметрам рациональной внутренней формы обуви при разработке методов дистанционного подбора обуви. // Сборник научных трудов международной научно-технической конференции «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности» (ИННОВАЦИИ-2020), -2020г. – часть 1. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2020. – С. 173-176.
17. Ермакова Е. О., Киселев С.Ю., Смирнов Е.Е., Пшеничникова А.О. Автоматизированный подбор обуви в задачах поддержки принятия решений при ортопедическом снабжении пациента. // Матеріали Х Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Сучасні виклики і актуальні проблеми науки, освіти та виробництва: міжгалузеві диспути» (м. Київ, 13 листопада 2020 року), с.594-597
18. Киселев С.Ю., Ермакова Е.О. Формообразование обуви и обувная колодка. II Всероссийская научная онлайн-конференция с международным участием «Концепции в современном дизайне» Выпуск 2. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2020, с.96-99
19. Ермакова Е.О., Киселев С.Ю. Автоматизированный подбор обуви как основа массовой кастомизации. // II Всероссийская научная онлайн-конференция с международным участием «Концепции в современном дизайне» Выпуск 2. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2020, с.148-151
20. Ермакова Е. О., Киселев С. Ю., Методика оценки степени соответствия внутренней формы обуви параметрам стопы. // Фундаментальные и прикладные научные исследования в области инклюзивного дизайна и технологий: опыт, практика и перспективы / Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции (24 – 26 марта 2021 г.). Часть 1. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2021. – 207 с.
21. Киселев С. Ю., Ермакова Е. О., Козлов А. С., Макарова Н. А., Оценка соответствия параметров обувных колодок с помощью комплексного показателя. // Актуальні питання фізико-математичних та технічних наук: теоретичні та прикладні дослідження [зб. наук. пр.]: матеріали I міжнародної науковопрактичної інтернет-конференції (м. Київ, 24 березня 2021 р.). Київ, 2021. 120 с.
22. Ермакова, Е. О. Методология автоматизированного подбора обуви в задачах поддержки принятия решений при ортопедическом обеспечении пациентов / Е. О. Ермакова, С. Ю. Киселев // Восточно-Европейский научный журнал. – 2021. – № 7-2(71). – С. 27-32. – DOI 10.31618/ESSA.2782-1994.2021.2.71.90.
23. Ермакова, Е. О. Автоматизированный подбор обуви как основа массовой кастомизации / Е. О. Ермакова // Концепции в современном дизайне : Сборник материалов II Всероссийской научной онлайн-конференции с международным участием, Москва, 03–12 декабря 2020 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)", 2020. – С. 148-151.

**ЕРМАКОВА ЕЛЕНА ОЛЕГОВНА**

**РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ КАСТОМИЗАЦИИ  
ОРТОПЕДИЧЕСКОЙ ОБУВИ**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата  
технических наук

**Усл.-печ. 1,0 п.л. Тираж 80 экз. Заказ №**

**Редакционно-издательский отдел  
ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина»  
117997, г. Москва, ул. Садовническая, д. 33, стр. 1**

**Отпечатано в РИО ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина**