

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. А.Н. КОСЫГИНА (ТЕХНОЛОГИИ. ДИЗАЙН. ИСКУССТВО)»**

На правах рукописи



Ермакова Елена Олеговна

**РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ КАСТОМИЗАЦИИ
ОРТОПЕДИЧЕСКОЙ ОБУВИ**

Специальность 05.19.05 –

«Технология кожи, меха, обувных и кожевенно-галантерейных изделий»

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор Киселев С.Ю.

Москва – 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОРТОПЕДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ КАСТОМИЗАЦИИ	14
1.1 Кастомизация изделий легкой промышленности	14
1.2 Анализ процессов ортопедического обеспечения пациентов при подборе и индивидуальном изготовлении обуви	26
1.3 Перспективы кастомизации ортопедической обуви	49
ВЫВОДЫ ПО ПЕРВОЙ ГЛАВЕ	55
2. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ СООТВЕТСТВИЯ ПАРАМЕТРОВ ВНУТРЕННЕЙ ФОРМЫ ОБУВИ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ СТОПЫ	57
2.1 Принципы преобразования антропометрической информации в параметры обувных ортопедических колодок	57
2.2 Методика расчета параметров индивидуальных ортопедических колодок	82
2.3 Расчет комплексного показателя соответствия параметров колодок	95
ВЫВОДЫ ПО ВТОРОЙ ГЛАВЕ	104
3. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КАСТОМИЗАЦИИ ОРТОПЕДИЧЕСКОЙ ОБУВИ	105
3.1 Структурно-функциональное представление системы кастомизации ортопедической обуви	105
3.2 Разработка типовых вариантов кастомизации ортопедической обуви ...	110
3.3 Технологическое обеспечение вариантов кастомизации	125
3.4 Разработка базы данных для автоматизации процессов подбора ортопедической обуви	137
3.5 Перспективы применения предлагаемых решений и развития направления исследований	150

ВЫВОДЫ ПО ТРЕТЬЕЙ ГЛАВЕ.....	153
ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ	155
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	158
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	176
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	177
ПРИЛОЖЕНИЕ В	178
ПРИЛОЖЕНИЕ Г.....	179

ВВЕДЕНИЕ

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: «Стратегия направлена на создание в Российской Федерации современной, конкурентоспособной, устойчивой и структурно сбалансированной реабилитационной индустрии, производящей изделия для реабилитации и абилитации, создания доступной среды, другие ассистивные устройства и технологии, необходимые для восстановления или компенсации временных (постоянных) нарушений здоровья, а также для обеспечения автономности, повышения качества жизни, социальной и других видов активности инвалидов, лиц с временными или постоянными ограничениями здоровья, пожилых людей, других маломобильных категорий граждан. Особое внимание отводится организации производства реабилитационных изделий для детей-инвалидов и молодежи с инвалидностью.» [1].

Эффективность ортопедического обеспечения во многом определяется сроками его предоставления, которые напрямую связаны с анатомо-функциональным состоянием стоп и сложностью выполнения заказа.

При умеренно выраженных деформациях стоп применяется малосложная ортопедическая обувь в качестве обуви на подбор, что позволяет значительно ускорить ортопедическое снабжение пациента.

Вероятность подбора готовой малосложной ортопедической обуви определяется рядом факторов, важнейшим из которых является соответствие параметров внутренней формы обуви антропометрическим данным стоп пациента с учетом специальных вкладных элементов.

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. На практике при дистанционном подборе и заказе обуви способ обеспечения пациента уточняется специалистами в процессе анализа полученных данных: делается предположение о возможности использования готовой малосложной обуви, что не всегда подтверждается по итогам примерки.

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.

На сегодняшний день при производстве индивидуальной ортопедической обуви значительный процент работ выполняется вручную, что увеличивает сроки изготовления и не позволяет обеспечить высокое качество при необходимости выпуска индивидуальных изделий в требуемом объеме.

В зависимости от выраженности патологии индивидуальное изготовление может осуществляться на основе конструктивно-технологического обеспечения 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.

Интенсивное развитие современных инфокоммуникационных технологий передачи и обработки данных различного типа, методов изготовления, основанных на применении цифровых технологий, компьютерного моделирования и проектирования, создают возможности реорганизовать устоявшийся подход к индивидуальному изготовлению ортопедической обуви.

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 и 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. [2-19]. 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. [20-31]. 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. [32-45].

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-X «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 систем автоматизированного проектирования (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»). Акт внедрения в учебный процесс представлен в приложении А.

Полученные в ходе диссертационной работы результаты прошли промышленную апробацию на предприятии по производству ортопедической обуви ООО «Аквелла», акт апробации представлен в приложении Б.

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.

1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОРТОПЕДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ КАСТОМИЗАЦИИ

1.1 Кастомизация изделий легкой промышленности

Развитие кастомизации (англ. *customer* — клиент, заказчик) относят к 80-м годам XX века, связывая его с появлением термина «массовая кастомизация». Исследованию и развитию данного направления посвящен целый ряд работ отечественных и зарубежных ученых. [46-62]. Многие компании в различных областях экономики используют кастомизацию как эффективную бизнес-стратегию взаимодействия с потребителями, вовлекая их в разработку продукта, повышения конкурентоспособности продукции, привлечения новой лояльной аудитории, расширения рынков сбыта и освоения новых каналов продаж. Кастомизация стала рассматриваться как инструмент привлечения новых потребителей путем предложения особого продукта, индивидуализированного под конкретные запросы узкой целевой аудитории.

Впервые термин «массовая кастомизация» введен Стэнли Дэвисом в 1987 году в работе «Future Perfect» [53]. Отмечается, что термин «массовая кастомизация» ранее в основном использовался за рубежом, тогда как в российских научных источниках прилагательное «массовая» не употреблялось. Существует несколько определений данного понятия. Одни исследователи называют данный подход эффективным в задачах дифференциации (индивидуализации) продукта для определенного заказчика в основном на завершающих стадиях производства и поставки, когда продукт, по сути, не изменяется. Кастомизация, в данном случае, сосредоточена на сервисном обслуживании, организации продаж и поставок. С другой стороны, массовая кастомизация рассматривается как инструмент повышения удовлетворённости потребителей путем производства индивидуализированных продуктов с

эффективностью массового производства. Имеет место точка зрения, при которой массовая кастомизация предполагает взаимодействие потребителя и производителя для совместного поиска решений, наиболее точно отвечающих запросам потребителя с учетом возможностей производства. В общеупотребительном смысле распространено определение кастомизации как «изготовление массовой продукции под конкретный заказ потребителя путем её комплектации дополнительными элементами или принадлежностями» [47].

Также кастомизация определяется как *процесс* адаптации товаров и услуг в соответствии с потребностями заказчика, их «подгонка» под индивидуальные особенности и запросы потребителя.

В 90-х годах XX века Б. Джозеф Пайн популяризировал данный термин и предложил следующее его определение: «Массовая кастомизация – это разработка, производство, продвижение и доставка доступных товаров и услуг с достаточно разнообразными ассортиментом и индивидуальными особенностями, которые удовлетворят спрос почти всех клиентов» [54,55].

Считается, что массовая кастомизация позволяет производить значительный объем продукции для сравнительно большого рынка (или ряда нишевых рынков) без компромиссов в стоимости, доставке и качестве. Таким образом, массовая кастомизация предполагает использование гибких автоматизированных производственных систем, которые позволяют выпускать продукцию с индивидуальными характеристиками, а также сочетать низкие издержки массового производства с преимуществами индивидуального подхода.

Для большего удовлетворения потребностей заказчиков при кастомизации такой продукции как одежда и обувь важна не только адаптация внешнего исполнения изделий, но также и соответствие их параметров форме и размерам тела человека.

Так, в настоящее время массовая кастомизация одежды предполагает использование технологий автоматизированного обмера тела человека, преобразование и интеграцию полученных данных в САПР одежды для

дальнейшей доработки базового чертежа и комплекта лекал изделия в соответствии с индивидуальными размерными параметрами заказчика [63-65].

Компании создают специальные интернет-сервисы, в которых с помощью 3D-конфигураторов в режиме онлайн заказчику предоставляется возможность модифицировать базовое изделие: от нанесения принта и замены стандартных материалов до изменения формы конструктивных деталей и размерных параметров (рис. 1.1) [66, 67].

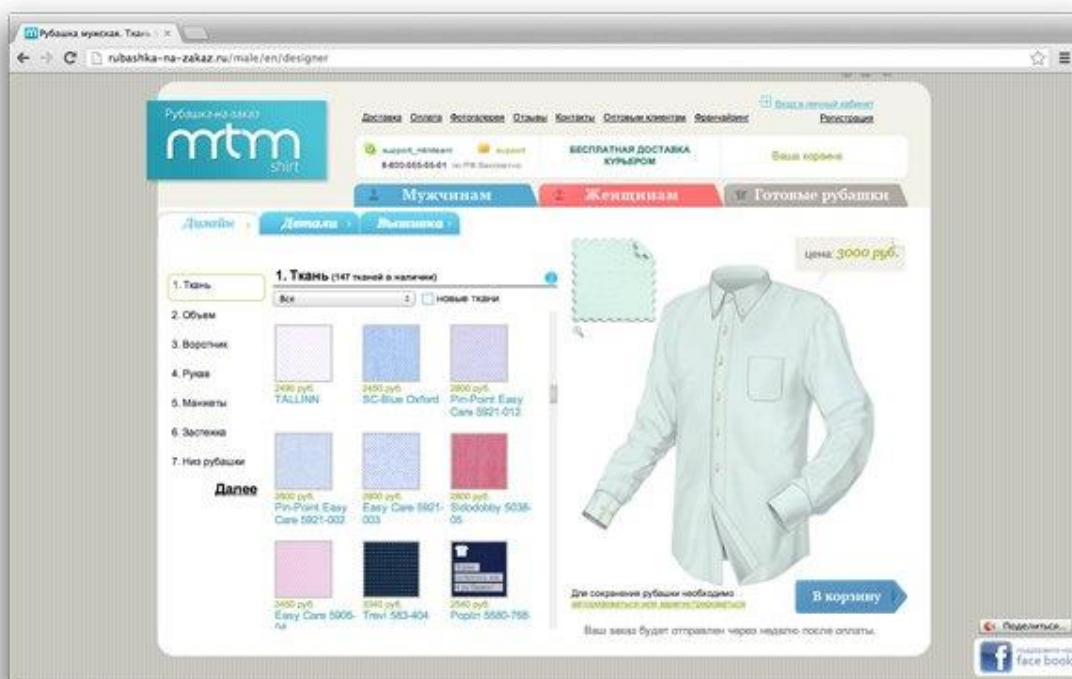


Рисунок 1.1 Пример приложения онлайн-конфигуратора для кастомизации одежды

Кастомизация обуви по антропометрическим параметрам стоп клиента несколько сложнее по сравнению со швейными изделиями.

Применительно к обуви массового или серийного производства кастомизация при определенных условиях может значительно повысить удовлетворенность потребителей при поиске наиболее подходящей пары.

Соответствие параметров обуви индивидуальным антропометрическим данным стоп потребителя является не только необходимым условием

эксплуатации, но и залогом успешной кастомизации. Исследованию вопросов кастомизации обуви посвящен целый ряд работ [58, 68-74]. Изготовление повседневной обуви бытового назначения по принципам кастомизации основано преимущественно на модульном подходе, когда стандартные элементы изделия могут быть заменены на другие готовые, либо изготовлены из альтернативных материалов, которые выбрал заказчик [69-71] (рис. 1.2).

Изменение технологической основы изделия – обувной колодки – усложняет процесс кастомизации по ряду причин. Для производителей трудность представляет, прежде всего, реализация массового автоматизированного обмера стоп и обработка полученных данных.

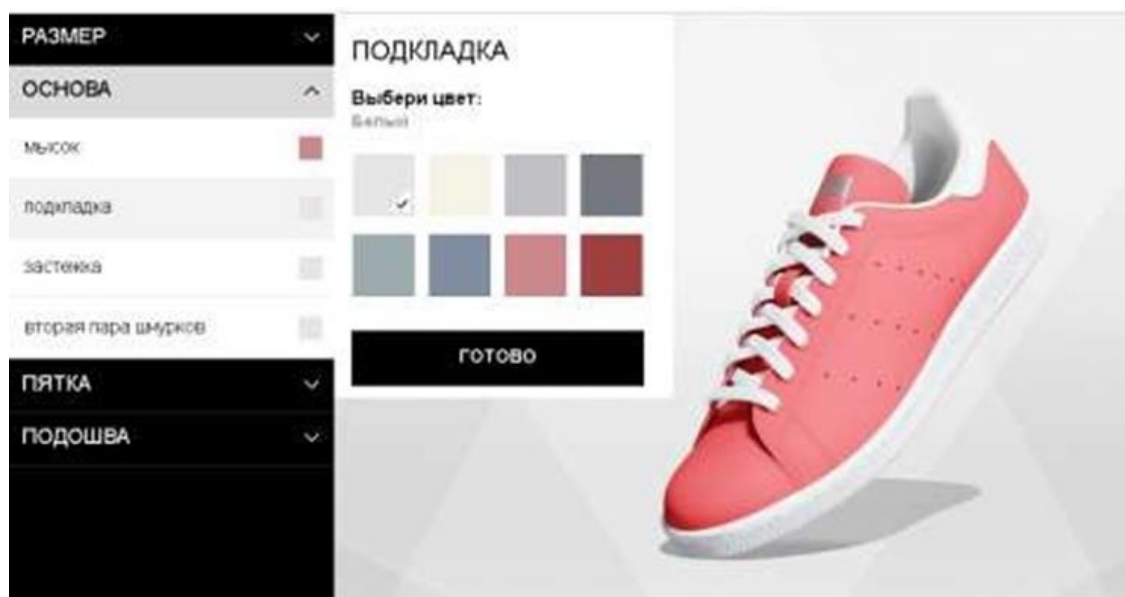


Рисунок 1.2 Приложение-конфигуратор для кастомизации кроссовок Adidas

Обычно при кастомизации обуви, как минимум, учитывается размер обуви, при этом такие показатели, как полнота, ширина следа в области пучков, высота носочной части не всегда могут быть приняты во внимание производителем. В то же время неправильно подобранный размер или полнота обуви не только снижают ценность кастомизации из-за потенциальной

неудовлетворенности потребителя уровнем комфортности, но также становится причиной развития деформаций стоп или прогрессирования уже имеющихся.

Решению проблем подбора впорной обуви, соответствующей данным стоп потребителей, посвящён ряд исследований, например [18, 19, 75-82]. В работе [75] приводятся данные масштабного анализа научных публикаций на тему распространенности неправильного подбора обуви и связанных с ним патологическими отклонениями стоп. Показана необходимость предоставления достаточно широкого полнотно-размерного ряда для выбора обуви, которая может учитывать различия в морфологии стоп различных половозрастных групп. Приводятся данные исследований по подбору и примерке обуви в различных фокусных группах. Показано, что правильная обувь имеет первостепенное значение для детей, так как детская стопа более подвержена внешним воздействиям, чем стопы взрослых. Исследованиями по подбору обуви для конкретных профессиональных видов деятельности выявлено, что используемая обувь в рассматриваемой фокусной группе (на примере обуви для шахтеров) была значительно уже, чем стопа, и существенно длиннее рекомендуемого размера. Однако результаты исследований трудно поддаются сопоставлению, так как использованы различные методические основания, в частности, методики измерений стоп и критерии оценки впорности обуви.

У потребителей возникают сложности при подборе лечебной ортопедической обуви. В исследовании [76] поднимается проблема отказа людей с патологиями нижних конечностей использовать специальную ортопедическую обувь из-за ее несоответствия их вкусовым предпочтениям. Для психологического комфорта потребителя специальная ортопедическая обувь должна не только соответствовать данным стоп, но и отвечать социальному статусу и образу его жизни. Предложен специальный онлайн-инструмент для выбора параметров и свойств ортопедической обуви заказчиком и врачом-ортопедом. Собственно такое взаимодействие, по сути, определяет кастомизацию.

Более широкое применение кастомизации становится возможным благодаря интенсивному развитию цифровых инфокоммуникационных, производственных технологий получения и обработки информации различного типа, современных методов компьютерного моделирования, проектирования и изготовления изделий, технологий 3D-печати. В частности, технологии «виртуальной примерки» создают предпосылки для кастомизации изделий [73, 83-85]. Такие технологии призваны обеспечить возможность осуществлять быстрый поиск товаров, соответствующих антропометрическим параметрам тела покупателя, в том числе дистанционно.

Пандемия Covid-19 обострила проблему подбора изделий, в частности, обуви, соответствующей по своим форме и размерам антропометрическим данным конкретного потребителя. В период пандемии, когда магазины вынуждены были исключить примерку, возникли серьезные проблемы и неудобства, связанные с возвратом товаров [86]. Особенно актуальным становится обеспечение качественного дистанционного подбора изделий при их приобретении через сеть Интернет для лиц ограниченной мобильности, связанной с состоянием здоровья или другими факторами [87, 88].

Для реализации виртуальной примерки автоматизированный обмер стоп производится в мобильном и стационарном режимах. Мобильные версии направлены на конечного потребителя и реализуются в виде приложений, позволяющих получать информацию о параметрах стоп с помощью камеры смартфона.

Стационарная виртуальная примерка основана на применении 3D-сканера непосредственно в офлайн-магазинах.

На сегодняшний день известен целый ряд методик и устройств, предлагаемых для определения размерных параметров стоп и сопоставления их с параметрами обуви. Например, технология компании Tryfit Technologies основана на сопоставлении трехмерных моделей колодок и стоп пользователей [89]. Компания создала собственный трехмерный сканер с программным

обеспечением Scan.Fit, позволяющим сканировать стопы клиента. Пользователь становится на сканер, и уже через несколько секунд трехмерные модели его стоп попадают в базу данных клиента, а следом и на устройство продавца. Система сопоставляет геометрию и параметры стопы покупателя с геометрией и параметрами колодок, выбирая из них наиболее соответствующие по шкале от 1 до 10 (рис. 1.3).

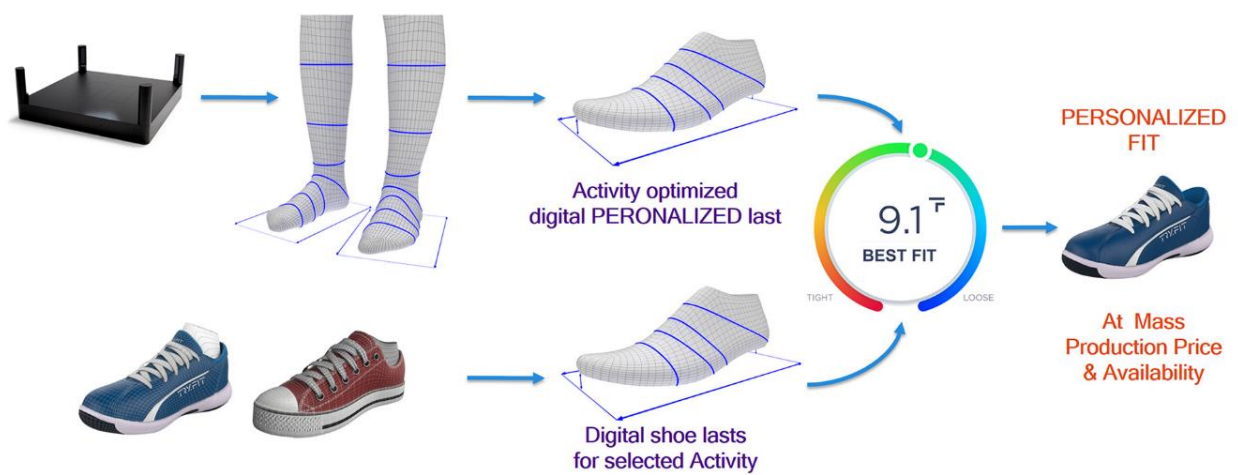


Рисунок. 1.3 Алгоритм реализации виртуальной примерки компании Tryfit Technologies [90]

Технология бесконтактной примерки российской компании Imigize основана на сопоставлении параметров стопы с внутренним объемом обуви [91]. Если совпадение точек трехмерной модели стопы и внутриобувного пространства достигает 80%, то модель рекомендуется к покупке; при совпадении от 50 до 80% конечный выбор остается за покупателем.

Немецкая компания Mifitto для определения размерных параметров просвечивает закрытые коробки с обувью. По полученным рентгеновским снимкам обуви определяются координаты порядка 20 точек, по которым строится упрощенная виртуальная модель внутриобувного пространства. Характеристики виртуальной модели заносятся в базу данных и в дальнейшем используются при подборе обуви на основе Foot-ID стопы клиента [92]. Российская компания FITTIN наряду со сканером стоп разработала устройство

для ручного сканирования внутренней поверхности обуви, с помощью которого в час обрабатывается до 35 пар обуви [93].

Компания Newlast – лидер в сфере оборудования и программных продуктов для проектирования и производства обувных колодок, также предлагает технологию виртуального подбора обуви по данным цифрового трехмерного сканирования. Компания разработала сканер стопы нового поколения RS-Shopfit, который позволяет сканировать обе стопы одновременно за несколько секунд. Технологическое решение реализуется с помощью мобильного приложения, либо с использованием стационарного сканера [94].

Стартап Spotsize предлагает решение для снижения возвратов обуви в розничной торговле через Интернет [95]. Компания предлагает систему виртуального подбора обуви по данным трехмерных моделей стоп пользователя. Технология основана на использовании искусственного интеллекта (AI), 3D-датчиков и технологий дополненной реальности (AR), интегрированных в процесс взаимодействия с покупателем в онлайн-магазине.

Компания Gucci в конце 2018 года представила новую технологию на основе AR, которая позволяет покупателям виртуально примерить кроссовки Ace[96]. Эта услуга, разработанная в партнерстве с белорусской технологической компанией Wannaby, доступна через мобильное приложение Gucci для iOS.

В 2019 году интернет-магазин Lamoda также запустил виртуальную примерочную на базе AR-стартапа Wannaby [97]. Для виртуальной примерки доступно около ста самых популярных женских и мужских моделей – Nike, Adidas, Reebok, Converse, Under Armour и других марок самой востребованной категории – кроссовок. Формально функцию виртуальной примерки запустили и в интернет-магазине обуви компании Ессо.

Вышеперечисленные решения, в основном, нацелены на оптимизацию интернет-торговли путем снижения процента возвратов покупок по показателю несоответствия размеров приобретаемых изделий параметрам стоп покупателя.

Таким образом, благодаря возможности массово получать антропометрические параметры стоп потребителей технологии бесконтактной «примерки» способствуют более широкому применению кастомизации обуви.

Кастомизация как физическая трансформация продукта зависит от объёма и характера изменений, гибкости производственного подхода и уровня взаимодействий между потребителем и производителем. В работах [47, 50, 56, 57] приводится анализ существующих подходов к кастомизации, выделяемых экспертами в различных областях, обобщённая классификация которых представлена на рисунке 1.4.

По характеру изменения продукта кастомизация подразделяется на *экспертную, модульную, внешнюю, смешанную*.

Экспертная кастомизация является наиболее сложным подходом, при котором степень изменения продукта зависит от мнения эксперта о том, каким образом данный продукт должен быть модифицирован, чтобы наилучшим образом соответствовать запросу потребителя. При использовании экспертного подхода изначально разрабатывается продукт, максимально адаптированный под типовые потребности определенной целевой группы потребителей.

При этом базовое изделие может модифицироваться вплоть до полного его изменения, что обуславливает более высокую итоговую стоимость.

Эффективность применения экспертного подхода повышается, когда потребности каждого целевого потребителя предсказуемы и кастомизация базового продукта может быть сведена к выбору стандартизированного способа доработки изделия на каждом требуемом технологическом этапе.

Модульная, или компонентная кастомизация предполагает широкие возможности индивидуализации на основе разделения продукта на компоненты (или модули), которые могут быть видоизменены. Кастомизация достигается за счет комбинирования различных вариантов модулей и стандартизированной основы изделия.



Рисунок 1.4 Обобщенная классификация подходов кастомизации

Как правило, в виде модулей представляются ключевые характеристики продукта, которые вызывают особую заинтересованность потребителя и по которым наблюдается дифференцированный спрос. Модульный принцип используется в работе различных веб-конфигураторов, что позволяет клиенту самостоятельно определять конечную спецификацию изделия на основе предлагаемых производителем вариантов. Преимуществом компонентного подхода при эффективной организации производства является возможность предлагать индивидуализированный продукт по цене, близкой к массовому.

Внешняя кастомизация основана на незначительных изменениях изделия без внесения каких-либо доработок в его основу. Основная идея и преимущество подхода заключается в адаптации внешнего вида продукта под запрос заказчика путем минимальных дизайнерских корректировок с небольшими затратами.

Смешанная кастомизация сочетает экспертный и модульный подходы: часть заказа основывается на рекомендациях производителя, часть – на основе предпочтений клиента. При таком подходе потребитель получает практически полностью адаптированный, индивидуализированный продукт.

По производственному подходу кастомизация может быть:

-горизонтальная – кастомизация на основе базовых комплектующих исходного изделия;

-вертикальная – кастомизация на основе нестандартных комплектующих и элементов, подобранных или созданных специально под конкретного заказчика.

По критерию взаимодействия потребителя и производителя кастомизация разделяется на *совместный, адаптивный, косметический и прозрачный* подходы.

Совместный подход применяется в тех случаях, когда имеются достаточно широкие возможности кастомизации, и для потребителя может быть затруднительно самостоятельно выбрать оптимальный вариант. Предполагается взаимодействие, в ходе которого производитель на основе предварительной оценки потребностей потребителя предлагает актуальные варианты кастомизации.

Адаптивный подход заключается в производстве такого продукта, внешние или функциональные характеристики которого могут быть адаптированы непосредственно самим потребителем под индивидуальные потребности. Потребитель вовлечен в процесс комплектации заказа и может принимать участие в финальной сборке изделия, что создает уникальную потребительскую ценность для клиента.

Косметический подход соответствует внешней кастомизации и актуален, когда продукт удовлетворяет запросы большинства потребителей, но может быть минимально видоизменен производителем под интересы заказчика.

Прозрачный, или транспарентный подход. Заказчик не информируется напрямую, что продуктивное предложение разработано лично для него с учетом его индивидуальных предпочтений. Данный подход кастомизации больше применим при предоставлении услуг, например, при индивидуальной интернет-рассылке на основе ранее совершенных онлайн-покупок, и в меньшей степени может характеризовать физическую модификацию продукта.

По степени изменения продукта Рулевой Ю. С. предложено выделять два подхода к кастомизации – так называемые «тюнинг» и «тейлоризм» [56].

«Тюнинг» (от англ. *Tuning* – настройка), по сути, является синонимом «кастомизации»; подход направлен на использование базовых стандартных комплектующих, материалов и решений, что в большей степени соответствует массовой кастомизации.

«Тейлоризм» (от англ. *Tailor-made* – сделанный на заказ) представляет собой подход, при котором исходное изделие может существенно меняться в процессе проектирования, становясь индивидуальным продуктом, разработанным практически «с нуля». Можно сказать, что базовое изделие является «исходным образцом», с использованием элементов дизайна которого создается уникальный продукт.

В то же время «тюнинг» может приводить к получению значительно модифицированного изделия, а «тейлоризм» так или иначе подразумевает использование стандартных элементов. Но принципиально, по мнению автора, эти подходы представляют одно и то же явление, а именно «кастомизацию».

Таким образом, степень изменения базового изделия может варьироваться от кастомизации в условиях массового производства до индивидуального изготовления.

На основе вышеизложенного выделим следующие принципы кастомизации:

- взаимодействие клиента и производителя – базовый принцип, который дает начало кастомизации, поскольку именно выявление потребностей клиента позволяет сформировать индивидуальные продуктовые предложения для их удовлетворения и разработать стратегию их реализации;
- использование цифровых и инфокоммуникационных технологий в сочетании с индивидуальным подходом позволяет находиться в балансе между индивидуальным и массовым производством;

- переход к стандартизации решений по модификации изделий – упорядочивает заказы по различным характеристикам и повышает эффективность управления производственными ресурсами;
- дифференциация заказов по уровню сложности выполнения на основе определения степени изменения стандартного изделия;
- принцип модульности и использование базовой основы изделия – позволяет оставаться в рамках доступных производственных ресурсов, сохранять возможность унификации решений по доработке.

С учетом вышеизложенного рассмотрим особенности процессов ортопедического обеспечения для определения возможности их совершенствования на основе указанных принципов и рассмотренных подходов кастомизации.

1.2 Анализ процессов ортопедического обеспечения пациентов при подборе и индивидуальном изготовлении обуви

Согласно ГОСТ Р 54407-2011 «Обувь ортопедическая. Общие технические условия» по способу изготовления ортопедическую обувь подразделяют на обувь с индивидуальными параметрами изготовления и обувь на подбор [98]. Ортопедические предприятия изготавливают малосложную ортопедическую обувь в качестве обуви на подбор с целью сокращения временных и производственных затрат на индивидуальное изготовление. Малосложная ортопедическая обувь предназначена для лиц с умеренно выраженными нарушениями статодинамической функции и может быть рекомендована пациенту по назначению врача-ортопеда. Внутренняя форма такой обуви разработана с учетом среднетипичных параметров, характера анатомических изменений и особенностей стоп однородной по диагнозу группы потребителей.

Сложная ортопедическая обувь назначается пациенту, когда подбор и использование малосложной ортопедической обуви становятся невозможными.

При этом анатомо-функциональное состояние стоп характеризуется значительной степенью деформации. Сложная ортопедическая обувь изготавливается только по индивидуальным параметрам.

Прием пациента начинается с диагностики морфофункционального состояния стоп и выявления особенностей деформации нижних конечностей. Исходя из степени нарушения статодинамической функции опорно-двигательного аппарата, принимается решение о способе обеспечения пациента ортопедической обувью.

Определить, подходит ли обувь на подбор при умеренной деформации возможно в ходе ее примерки под наблюдением специалиста.

Как правило, в однородном по диагнозу ассортименте преобладают модели определенных унифицированных конструкций, имеющих однотипные специальные детали, степень раскрываемости, способы фиксации обуви на стопе с учетом особенностей той или иной патологии. То есть, конструкции моделей максимально адаптированы по функциональным и медицинским требованиям для упрощения процесса подбора. В то же время, подбор малосложной ортопедической обуви предполагает особую аналитическую работу техника-ортопеда для учета всей исходной информации и предъявляемых к модели требований. Кроме этого, помимо медицинских показаний важным является учет личной оценки пациентом уровня комфортности и качества готовой обуви.

В ходе примерки пациент, опираясь на собственные субъективные ощущения, не всегда способен объективно оценить соответствие обуви стопе, что не позволяет получить полное представление об удобстве изделия. Неудобства могут быть выявлены позже, непосредственно в процессе носки обуви. Например, при таком заболевании как сахарный диабет из-за развивающейся периферийной нейропатии, вызывающей снижение чувствительности, пациенты физически не в состоянии самостоятельно оценить соответствие обуви стопам. Помощь в подборе со стороны специалиста ортопедического кабинета заключается в органолептической оценке

соответствия обуви стопе. Тактильно оцениваются носочно-пучковая и геленочная области для примерного определения соответствия внутреннего объема обуви стопам пациента. Путем визуального осмотра определяется надежность фиксации обуви на стопе. На практике впорность обуви по размеру определяется по визуальной оценке наличия функционального припуска в обуви по длине и соответствия стельки ширине стопы, особенно в области пучков при установке стоп на извлечённую вкладную стельку.

В случае несоответствия моделей, специально разработанных для конкретной патологии, потенциально могут быть рассмотрены модели, предназначенные для других деформаций, отвечающих предъявляемым медицинским и конструктивным требованиям. Это может быть связано с нестандартными размерами стопы, существенно отличающимися от принятых в качестве условно средних для данной половозрастной группы или патологии, сочетанием нескольких патологий, например, вальгусная деформация первого пальца при диабетической стопе и пр.

При необходимости модель может подгоняться под индивидуальные параметры заказчика за счет корректировки вкладных ортопедических стелек или элементов конструкции верха обуви для регулировки объема внутриобувного пространства.

Обувь дорабатывается как при избыточном, так и недостаточном внутреннем объеме с помощью:

- регулировки толщины вкладных ортопедических изделий;
- растяжки обуви в пучковой области в поперечном направлении при недостаточной полноте;
- вытяжки локальных областей верха обуви с применением специальных щипцов, при дискомфорте, ощущаемом преимущественно в носочно-пучковой части, например, при молоткообразных пальцах, отклонении первого пальца наружу, при вальгусной деформации стопы и др.

В таких конструкциях как сапоги и ботинки соответствие внутреннего объема обуви важно не только для стопы, но и голени. Ширина голенищ и берцов в области лодыжек и голени закладывается модельером-конструктором в процессе проектирования. При формовании этих деталей колодка не оказывает непосредственного воздействия, за исключением случаев использования специальных берцовых колодок.

Таким образом, внутренний объем таких конструкций можно разделить на получаемый в результате формования и неформуемый – на участках выше установочной площадки колодки. Готовая обувь таких видов дорабатывается и на формуемых, и неформуемых участках.

Обхватные параметры голенищ сапог корректируются путем растяжки на специальном оборудовании, вставки клинообразной детали по задней линии голенища или дополнительных резинок по верхнему канту, а для сокращения объема голенище может ушиваться. Корректировка обхватных параметров берцовой области ботинок может осуществляться, в основном, по передней линии. При избыточном объеме непосредственно на детали готовой обуви наносится отметка с помощью стержня со специальной (стираемой) пастой, применяемой при раскрое. В дальнейшем модельер наносит липкую ленту на деталь, предварительно замерив по отметке величину корректировки; прорисовывает новую линию берцов и переносит ленту на бумагу, выводя линии новой детали – надблочника. По полученному шаблону отмечается линия отреза лишней части детали с учетом припуска на сборку. По схожему принципу дорабатываются берцы при недостаточном объеме. Новые детали для коррекции объема берцов могут быть получены также путем доработки чертежа. Такие изменения в конструкции готовой обуви не должны ухудшать внешний вид изделия, что зависит также от первоначального дизайна модели. При планировании подобных доработок следует, по возможности, избегать излишнего наложения деталей. Чем проще конструкция верха и меньше наложения деталей верха в области доработки, тем выше вероятность

достижения эстетичного внешнего вида изделия. Решение о доработке готовой модели принимается исходя из рациональности внесения корректировок в каждом конкретном случае. Поэтому на практике значительная корректировка элементов конструкции верха готовой модели не всегда является эффективным подходом и чаще применяется в случаях необходимости ускоренного обеспечения пациента обувью, когда нет времени на индивидуальное изготовление. При этом важно согласовать с пациентом внешний вид обуви после корректировок и иметь в ассортименте такие модели, конструкции которых в готовой обуви могут быть адаптированы к параметрам голени.

Получение антропометрических данных

Модель для индивидуального изготовления, как правило, подбирается из ассортимента малосложной обуви. В бланке заказа помимо антропометрических данных фиксируется необходимая для изготовления информация: специальные ортопедические детали, их конфигурация и положение в обуви, раскрываемость конструкции, тип крепления, материалы наружных и внутренних деталей верха.

Исходными данными для изготовления ортопедической обуви по индивидуальному заказу являются антропометрические параметры, получаемые в ходе обмера стопы и голени способами, обеспечивающими различную точность, полноту измерений и скорость фиксации данных. Рассмотрим некоторые из них, нашедшие в настоящее время широкое применение при изготовлении индивидуальной ортопедической обуви [39,99].

На практике наиболее доступными способами получения антропометрической информации о форме и размерах стопы являются *контактные методы*, среди которых ручной обмер с помощью измерительной ленты и получение плантограммы наиболее распространены.

При ручном обмере лентой получают обхватные параметры наиболее характерных областей стопы — в пучках, прямом и косом взъеме и голени на уровнях над лодыжками, наибольшего развития икроножных мышц и др.

Плантография – метод получения абриса габаритной проекции стопы и отпечатка ее плантарной поверхности. Данный метод в составе комплексной диагностики позволяет определить состояние опорной поверхности стопы, степень уплощения продольного и поперечного сводов. Получаемые в процессе плантографии отпечаток и контур горизонтальной габаритной проекции стопы используются в дальнейшем при подгонке индивидуальных колодок. По плантограмме определяют все необходимые линейные размеры стопы – длиннотные и широтные.

Подометрия – измерение линейных, объемных и угловых показателей на стопе пациента, является одним из наиболее простых и доступных, но достаточно информативных методов исследования, который может быть использован для диагностики патологии стопы, а также при назначении ортопедической обуви или обувных ортопедических изделий.

Педография– метод обследования, позволяющий получить данные о распределении давления по плантарной поверхности стопы с использованием специальных устройств, содержащих барочувствительные датчики [99]. Обследование может проводиться при стоянии пациента обеими ногами на платформе (статический тест), при ходьбе по специальной дорожке (динамический тест) и с использованием стелек с датчиками давления (внутриобувная педография) [100].

Получаемая информация обрабатывается с помощью специальной программы и выводится на экране монитора компьютера в виде изображения, на котором цветом обозначен характер распределения давления по плантарной поверхности стоп пациента (рис. 1.5).

Широко применяется на практике метод получения объемного отпечатка стопы с помощью специальной пены Pedilen, которая при продавливании способна сохранять образовавшийся в ней отиск в течение длительного времени. Метод обеспечивает приемлемо точное получение объемных параметров плантарной поверхности стопы при опоре на мягкое основание в

положении равномерной нагрузки на две стопы или нагрузки всей массой тела на одну стопу.

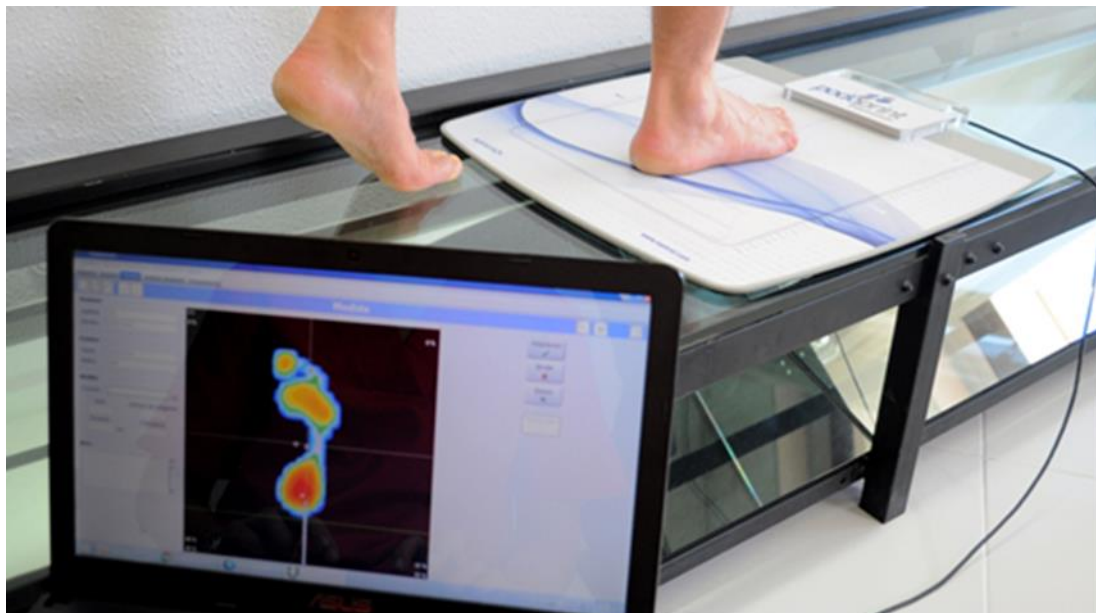


Рисунок 1.5 Применение педографического комплекса для анализа состояния плантарной поверхности стоп

Снятый отпечаток используется для изготовления индивидуальных ортопедических стелек методами гипсовой заливки и вакуумного формования [101], либо сканируется для дальнейшего компьютерного проектирования и автоматизированного изготовления.

Снятие мерок рекомендуется проводить в положении стоя при равномерной опоре на обе стопы, хотя в некоторых источниках [35] для взрослых допускается снятие мерок в положении сидя. Снятие мерок при равномерной нагрузке позволяет получить размеры стоп, мягкие ткани которых распластаны в продольном и поперечном направлениях, что необходимо учитывать при определении требуемых параметров колодки. В отдельных случаях, снятие мерок производится в положении сидя, например, когда пациент, не имеет физической возможности к самостоятельному передвижению.

Для более точного отображения формы стопы и голени делают профильный абрис, например при анкилозе или контрактуре голеностопного

сустава, выраженных полых, варусных, пяточных деформациях и фасный абрис стопы и голени, например при резко выступающих лодыжках, выраженном отеке, а также при назначении обуви с шинами, жесткими берцами и высокими боковыми поддержками. При заказе обуви с шинами проводят дополнительные измерения высоты от опорной поверхности до места расположения оси голеностопного шарнира и обхват на уровне расположения манжетки. При заказе обуви на аппарат мерки снимаются с аппарата, надетого на ногу, с измерением высоты от подошвы до голеностопного шарнира, обхвата на уровне голеностопного шарнира, а также делаются профильный и фасный абрисы.

В случае сложной деформации, когда данных об отдельных областях стопы, полученных при ручном обмере, недостаточно для передачи особенностей ее формы и размеров, применяют метод гипсовых слепков. Гипсовая модель стопы позволяет в большей степени отразить ее анатомические особенности, хотя метод не исключает погрешностей в процессе получения гипсовой формы.

В настоящее время все более широкое применение находят *цифровые бесконтактные* методы получения антропометрической информации. Это, прежде всего, технологии трехмерного сканирования стопы – одно из перспективных направлений развития методов автоматизированного получения антропометрических данных (рис. 1.6).

Наиболее полно возможности бесконтактного сканирования раскрываются в сочетании с последующим анализом антропометрических данных программными средствами, что дает возможность осуществить полноценный автоматизированный обмер. Наряду с высокой скоростью обмера цифровое трехмерное описание стопы позволяет существенно увеличить объём информации с минимальной погрешностью в сравнении с другими способами.

Получаемая с помощью рассмотренных методов антропометрическая информация используется для проектирования и изготовления индивидуальных обувных колодок и стелек.



Рисунок 1.6 Бесконтактный обмер стоп с помощью сканера ScanPod3D
[102]

Проектирование и изготовление ортопедических колодок

Обувная колодка – это основной вид оснастки в производстве обуви, используемый при ее проектировании, формовании, сборке и отделке. В отличие от колодки для бытовой обуви массового производства ортопедическая колодка должна учитывать анатомические особенности стопы в положении коррекции в соответствии с определенной деформацией. На основе источников [31, 33, 96] приведем основные характеристики ортопедических колодок.

Технологическое назначение

Для производства малосложной обуви и при индивидуальном изготовлении, прежде всего, применяются затяжные колодки. Для массового выпуска малосложной ортопедической обуви используются также прессовые, гладильные, отделочные колодки.

Конструктивные характеристики

В зависимости от особенностей и вида патологии применяются низкие и берцовые колодки, которые могут иметь профилированный или плоский рельеф следа.

Берцовая колодка по форме отражает область лодыжек и имеет в верхней части трубку, имитирующую нижнюю треть голени. Такие особенности формы и конструкции берцовой колодки обуславливаются необходимостью формирования промежуточных или вкладных высоких жестких элементов ортопедической обуви при ее изготовлении.

В зависимости от конструкции верха обуви и технологических требований могут использоваться колодки целые, с выпиленным клином, сочлененные.

В настоящее время колодки с выпиленным клином становятся все менее востребованными по сравнению с сочлененными конструкциями. Колодки с клином не только деформируют заготовку верха при извлечении, но также могут приводить к разрывам заготовки и изломам деталей низа обуви. Целые колодки, как правило, изготавливают на основе гипсовых слепков стоп.

Ортопедическая обувь, в основном, изготавливается со средней или широкой носочной частью, на низком и среднем каблуках, максимальная приподнятость пяточной части может достигать 40 мм. В отдельных случаях, как правило при индивидуальном изготовлении, высота каблука (приподнятость пяточной части колодки) определяется деформацией и подбирается индивидуально, например, при укорочении нижних конечностей, эквинусной деформации, анкилозе голеностопного сустава и др.

Степень индивидуализации

По способу хранения ортопедические колодки разделяются на подгоночные и индивидуальные, что определяется сложностью при их индивидуализации в соответствии с параметрами стоп заказчика. Парк подгоночных колодок, как правило, состоит из копий базовых колодок, предназначенных для изготовления малосложной ортопедической обуви, а также включает специальные колодки для сложных деформаций. Для оптимизации технологических процессов при подгонке обуви на базе отечественной протезной промышленности разработан ассортимент колодок максимальной готовности для различных деформаций и патологий. Производители также

осуществляют разработку новых фасонов, направленную на совершенствование и расширение колодочного парка предприятия.

Назначение по группам заболеваний и признакам конкретных патологий

В зависимости от анатомо-функционального состояния стоп назначение колодок определяется статической или динамической недостаточностью, а также степенью выраженности конкретных патологий или группы заболеваний.

Ассортиментное назначение

Обувь ортопедическая в соответствии с ГОСТ Р 54407-2011 изготавливается с 1-ой по 9-ю половозрастные группы [98].

В основном изготавливаются следующие типы обуви: закрытая, легкая, летняя открытая, утепленная обувь, сапоги.

Представление об ортопедической обуви трансформируется с развитием инклюзивной моды [103, 104]. В настоящее время конструктивно-функциональное назначение ортопедической обуви определяется не только требованиями медицинских назначений и технологическими особенностями, но также эстетическими предпочтениями потребителя, его имиджем и социальным статусом. Поэтому в качестве малосложной и индивидуальной ортопедической обуви могут быть изготовлены туфли на каблуке, предназначенные для недлительного использования, обувь для занятий спортом. Производители предлагают компромиссные решения в дизайне моделей с соблюдением медицинских требований, учетом анатомо-функционального состояния стоп и конкретных условий эксплуатации.

Материалы

Ранее колодки для ортопедических фабрик обычно изготавливались из древесины бука или граба. В настоящее время ортопедические колодки также изготавливаются из пластмасс, в основном из полиэтилена. Пластмассовые колодки обладают рядом преимуществ по сравнению с деревянными, среди которых можно выделить прочность, устойчивость к повышенным

температурам, влаге, механическим нагрузкам и химически активным веществам, доступность, низкая стоимость сырья и возможность переработки. Кроме этого, индивидуальные колодки также изготавливаются на основе гипсовых слепков стоп. Поэтому по виду материалов классификацию можно дополнить гипсовыми колодками.

Подгонка колодок

Из числа подгоночных колодок по виду деформации, размерам, полноте с учетом конструктивных особенностей выбранной модели подбираются колодки для индивидуальной доработки.

При подборе колодок вначале проверяют соответствие продольного направления следа, для чего колодку прикладывают к контуру стопы на плантограмме, при этом местоположение крайней задней точки контура и наиболее выпуклой точки пятки колодки, а также местоположение пучков должны совпадать. Дополнительно может проверяться профиль колодки по фасному абрису. Затем по полученным антропометрическим данным подгоночная (базовая) колодка дорабатывается до соответствия параметрам стопы пациента путем модификации ее формы с помощью специальных набивок. Их назначение разнообразно в зависимости от места модификации колодки. Набивки являются съемным приспособлением для локального увеличения объема колодки, что позволяет дольше сохранять их пригодность.

Традиционно, для изготовления набивок используются чепрачные кожи, стелечный картон. В настоящее время для этой цели стали использовать и композитные полимерные материалы, например, листовой этиленвинилацетат (ЭВА) или ПВХ, формуемый в разогретом виде. «Заготовка» набивки приклеивается к поверхности колодки, после чего обтачивается до нужной формы. Применение таких материалов предоставляет больше возможностей для моделирования индивидуальной формы благодаря их пластичности и легкости обработки. В то же время подгонка с использованием полимерных материалов является одноразовой: после изготовления обуви колодка должна быть очищена

от приклеенных набивок для дальнейшего использования, а сами набивки утилизируются. В местах перехода набивки в поверхность тела колодки необходимо обеспечить плавный переход. Для достижения необходимых параметров может требоваться локальное уменьшение объема, для чего тело колодки стачивается. Изменение формы колодки путем стачивания ее поверхности ведет к быстрому износу и более длительной доработке для последующих заказов. Исключение составляют специальные колодки с профилированным следом.

Доработанная колодка должна быть проверена по контуру абриса стопы и по всем размерам. Окончательная подгонка колодок заключается в придании правой и левой колодке максимально одинакового внешнего вида, в основном, в носочно-пучковой области. В случае сложности получаемой формы и трудоемкости доработки колодка может быть закреплена за заказчиком как *индивидуальная* для последующих заказов (рис. 1.7). Также к индивидуальным относят гипсовые колодки, получаемые на основе *слепка* стопы в случае особо сложной деформации, когда доработка базовой колодки крайне затруднительна и не представляется рациональной.



Рисунок 1.7 Индивидуально доработанные и изготовленные колодки

Слепок дорабатывается с учетом необходимой коррекции, моделируется носочная часть, определяется форма следа. Гипсовая колодка в большей степени позволяет отразить анатомические особенности формы стопы, однако, требует больших временных и материальных затрат.

В настоящее время все большее распространение получает компьютерное моделирование индивидуальной оснастки на основе цифровой модели стопы.

При подгонке и моделировании индивидуальных колодок в САПР можно прибегнуть к тем же принципам, что и при ручной доработке. С использованием специальных программ для трёхмерного проектирования разработка индивидуальной колодки может осуществляться двумя путями: доработкой оцифрованной базовой колодки или с помощью непосредственной модификации 3D-модели стопы (рис. 1.8).

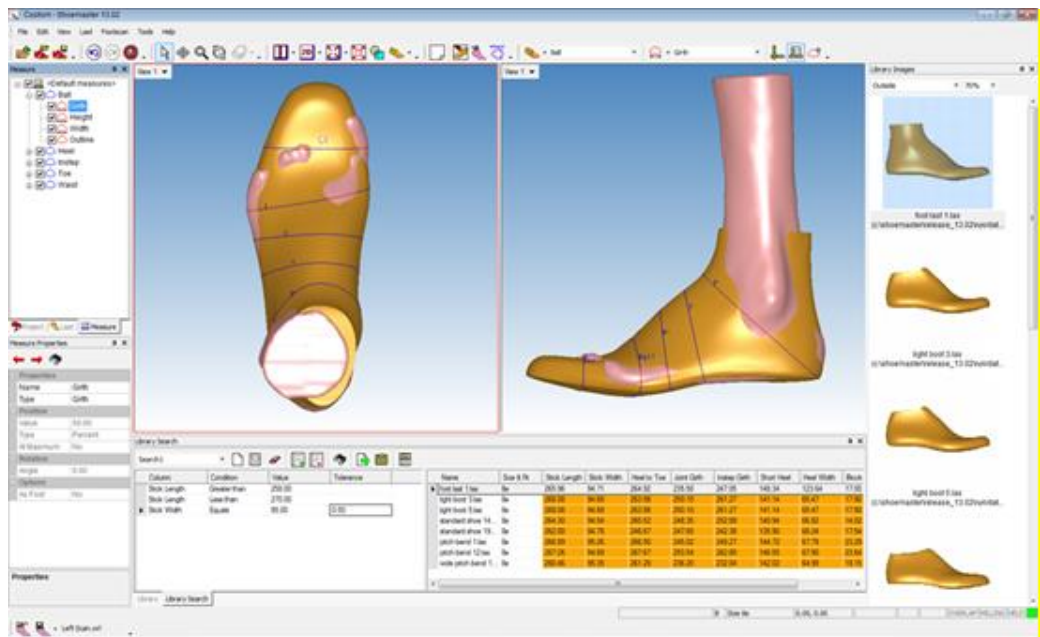


Рисунок 1.8 Доработка базовой колодки в 3D-САПР с использованием цифровой модели стопы

Вкладные ортопедические изделия и методы их изготовления

Функциональные свойства и реабилитационный эффект ортопедической обуви во многом зависят от вкладных ортопедических изделий, конструкция которых определяется видом и степенью деформации. Кастомизация готовой

малосложной ортопедической обуви в большинстве случаев включает их корректировку или замену.

Основными вкладными изделиями являются ортопедические стельки. Это приспособления, которые в зависимости от применяемых материалов и включения в их конструкцию различных конструктивных элементов обеспечивают разгрузку болезненных участков стопы (например, при мозолях), уменьшение давления в локальных областях плантарной поверхности, коррекцию положения стопы в обуви и другие лечебные эффекты.

Конструкция ортопедической стельки, как правило, включает основной нижний слой, межстелечный и верхний покрывной слои.

По назначению специалиста-ортопеда при подборе малосложной ортопедической обуви в межстелечный слой стельки могут быть добавлены такие детали как [33]:

- выкладка свода – внутренняя деталь верха ортопедической обуви, применяемая для поддержания продольных сводов стопы, которая в то же время выравнивает профилированный след колодки в пяточно-геленочной части;
- метатарзальный валик (валик Зейца) – деталь ортопедической стельки для поддержки поперечного свода стопы на уровне диафизов плюсневых костей;
- ортопедические вкладыши различного назначения, например, для разгрузки натоптышей, при пяточной шпоре и др.;
- полустелька – вкладное ортопедическое изделие, по форме и размерам соответствующее пяточно-геленочной части ортопедической стельки.

Толщина межстелечного слоя по внутреннему и наружному краям стельки может различаться за счет включения в конструкцию пронатора или супинатора, являющихся, по сути, отдельными элементами межстелечного слоя. Пронатор обеспечивает приподнятость наружного края межстелечного слоя, а супинатор – внутреннего.

Пронация или супинация может производиться по всему следу, в переднем и/или заднем отделе стельки (комбинация пронации и супинации). Необходимая

высота приподнятости определяется индивидуально в зависимости от характера деформации.

В случае сложной патологии, например, при значительном укорочении нижней конечности, эквиноварусной деформации, при парезе стопы (конская стопа) и др. такие межстелечные слои, как косок, обратный косок, пробка используются в обуви с индивидуальными параметрами изготовления. Их применение в готовой обуви зачастую невозможно. Обувь должна быть изготовлена по специальным ортопедическим колодкам, конструкция которых учитывает включение этих деталей.

В частных случаях может назначаться индивидуальное использование в готовой обуви коска при укорочении стопы до 2 см.

Индивидуальные ортопедические стельки изготавливаются по различным технологиям, среди которых можно выделить следующие [101, 105].

1. *Изготовление стелек на основе гипсовых слепков стоп.* Полученные с помощью пены Pedilen или другого материала отпечатки заливают гипсовым раствором. По застывшим оттискам стоп формируют стельки на специальном вакуумном прессе (рис. 1.9).



Рисунок 1.9 Индивидуальная стелька, изготовленная по гипсовому отпечатку стопы

При необходимости внесения корректировок оттиски делают повторно и дорабатывают отпечатки. Метод позволяет получать изделия с высокой точностью соответствия. При этом, если в ходе получения оттиска стопы будет

неправильно расположена в форме, то корректирующий эффект от использования изделия не будет достигнут. Поэтому крайне важны внимательность и опыт специалиста.

2. Формование индивидуальных стелек с помощью разогретых термопластичных заготовок.

Стандартные термопластичные заготовки разогревают и подгоняют по стопе пациента с использованием дополнительных конструктивных элементов (валиков, межстелечных слоев и пр.). При необходимости внесения корректировок изделие разогревают повторно.

3. Изготовление индивидуальных стелек с помощью вакуумно-компрессорных подушек. На мембранных подушках со специальным наполнителем формируются отпечатки стоп, проводится моделирование сводов в корректирующем положении (рис. 1.10).



Рисунок 1.10 Формование отпечатков стоп на вакуумных подушках [105]

В застывший в подушке слепок помещается разогретая термопластичная заготовка будущей стельки. Далее проводится формование напрямую «по стопе», с включением требуемых межстелечных слоев (валика, пронатора, супинатора и др.). С прикреплением верхнего покрытия полученная застывшая заготовка окончательно дорабатывается.

4. *Изготовление стелек методом «блоковки».* Заготовки слоев стельки прикрепляются к следу колодки (возможно как для обычной, так и для гипсовой колодки), доработанного в соответствии с формой плантарной поверхности стопы и параметров межстелечных слоев. Затем закрепленные на следе и склеенные между собой «блоки» обтачиваются и выравниваются (уплощаются) со стороны ходовой поверхности для возможности вложения стельки в готовую обувь. Такой метод чаще применяют при изготовлении сложной индивидуальной обуви, когда межстелечный слой включает косок или пробку.

5. *Автоматизированное проектирование и изготовление стелек* реализуется на основе 3D-модели стопы или результатов компьютерной диагностики в цифровом виде (*например, педографии*), с использованием CAD/CAM-систем и CNC-оборудования для проектирования и изготовления стелек (рис. 1.11).

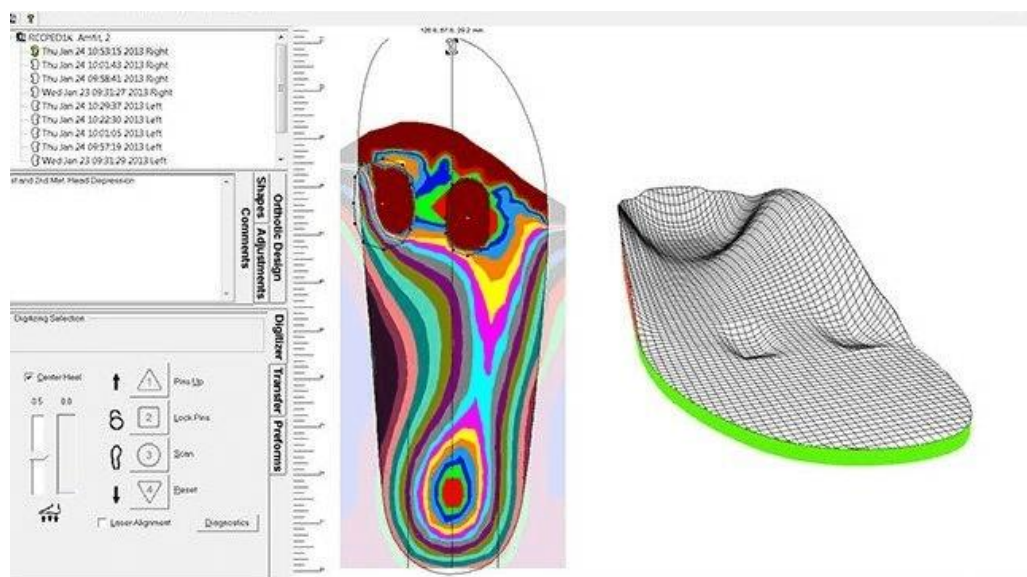


Рисунок 1.11 Пример компьютерного проектирования индивидуальной стельки

6. *Составные ортопедические стельки* получают путем прикрепления специальных вкладных деталей на стандартную стельку при подборе малосложной ортопедической обуви [43]. Такие детали изготавливаются серийно и могут крепиться непосредственно на верхнее покрытие или

использоваться в качестве элемента межстелечного слоя при изготовлении индивидуальных стелек.

Проектирование конструкций верха обуви

Как было сказано ранее, обувная колодка является основой для проектирования конструкции верха обуви. В зависимости от патологии и характера деформации левая и правая стопы и, соответственно, колодки, могут отличаться друг от друга по форме и размерам в различной степени. При значительной разнице по обхватным, линейным и высотным размерам стоп, например, при укорочении нижней конечности, колодки будут иметь значительную разницу в форме и параметрах. Следовательно, возникает необходимость создания конструкции верха отдельно для правой и левой полупар. При этом линии модели в левой и правой полупарах должны иметь схожую форму и динамику.

Для проектирования индивидуальной модели развертки боковых поверхностей колодки (БПК) при несущественных различиях по форме и площади усредняются, либо используется только одна наружная развертка.

В случае, если колодка асимметрична относительно линии гребня, необходимо получить развертки с обеих боковых сторон. При этом усреднение наружной и внутренней разверток, как правило, проводится либо частично, либо не проводится вовсе. В таком случае проектирование одноименных деталей осуществляется отдельно по наружной и внутренней разверткам. Также необходимость получения наружной и внутренней разверток обуславливается конструкцией модели обуви, в частности деталями, конфигурация которых требуют симметричного проектирования относительно линии гребня колодки. Например, к таким деталям относятся обсоюзки различной формы. При незначительной разнице в форме и размерах колодок для правой и левой стоп модельер-конструктор использует одну из колодок (правую или левую) для получения развертки БПК, а разность в параметрах при необходимости учитывает на дальнейших этапах проектирования. Таким образом, на одном

чертеже могут проектироваться одноименные детали для правой и левой полупар. Например, берцы для правой и левой полупар могут быть спроектированы на одном чертеже, тогда как союзка для обеих полупар является одинаковой.

Для разработки конструкции верха обуви в настоящее время широко применяется метод итальянской школы АРС-Сутория [106]. В основе метода лежит получение развертки боковой поверхности колодки с помощью бумажной липкой ленты (бумажного скотча) с предварительным нанесением вспомогательных линий и контуров деталей верха обуви, что позволяет визуализировать внешний вид модели сразу на колодке. Это особенно актуально при значительных различиях правой и левой полупар. Применяется и шаблонный способ получения боковой поверхности колодки [2]. Модельер получает абрис профиля колодки на бумаге, добавляет припуск по всему его периметру, вырезает полученный таким образом шаблон и прикладывает к боковой поверхности колодки по линиям пяточного закругления и гребня. Затем корректирует шаблон, приближая его к форме и размерам боковой поверхности колодки. После нанесения эскизных линий модели его вновь прикладывают к поверхности колодки для представления, как будет выглядеть будущая модель, и внесения корректировок при необходимости.

Похожий способ применяется для корректировки готовой базовой грунт-модели, созданной в системе автоматизированного проектирования обуви (рис. 1.12). Грунт-модель распечатывается в требуемом размере, а затем прикладывается к боковой поверхности колодки и корректируется: лишняя площадь грунт-модели обрезается; в местах, требующих прибавки объема, наклеивается бумажная липкая лента.



Рисунок 1.12. Положение грунт-модели, созданной в САПР, на колодке
[107]

В зависимости от внесённых корректировок основные линии грунт-модели оцифровываются и вписываются в исходный чертеж, либо правки вносят сразу в программе в копию исходного чертежа. Преимуществом такого подхода является автоматизированное корректирование линий грунт-модели при отсутствии необходимости повторного проектирования конструктивной основы верха и создания деталей с нуля.

Предварительная примерка индивидуальной обуви

При индивидуальном изготовлении обуви проводят предварительную примерку так называемого «полуфабриката»: отформованной на колодке заготовки верха обуви с временно прикрепленной подошвой или ее имитацией, с использованием вкладных ортопедических изделий. В случае сложных деформаций заготовку верха обуви сначала изготавливают в виде макета из низкосортных материалов для проверки впорности и посадки обуви на стопе. В ходе такой примерки выявляются возможные несоответствия ВФО параметрам и форме стоп, подгоняются специальные ортопедические элементы (коски, пробки, вкладные корсеты, конструкция подошвы, например, с выносами, и пр.), отмечаются области корректировки колодки и конструкции верха обуви. На

основе полученных данных вносят доработки либо в полуфабрикат, либо в чертеж конструкции, если был изготовлен макет. Примерка может быть проведена повторно с учетом внесенных доработок. Как показывает практика, в основном количество таких примерок напрямую зависит от корректности:

- полученных антропометрических и диагностических данных;
- выбора колодки для индивидуального изготовления.

Перспективные решения в производстве ортопедической обуви

Современный уровень развития цифровых технологий в обувном производстве создает все условия для более широкого внедрения методов автоматизированного проектирования и изготовления кастомизированной ортопедической обуви.

Использование комплексных систем автоматизированного проектирования обуви в 2D- и 3D-форматах, объединяющих процессы разработки изделия в цифровой среде, включая моделирование колодки, создание дизайна, проектирование конструкции и деталей модели, становится все более востребованным направлением оптимизации конструкторско-технологической подготовки производства ортопедической обуви и других технических средств реабилитации инвалидов [107-114].

Так, проектирование конструкции в 3D-формате основано на использовании трёхмерной модели колодки, которая одновременно имеет связь с плоским 2D чертежом конструкции верха. Это позволяет видеть вносимые в чертеж изменения непосредственно на поверхности колодки. Компании-поставщики программных продуктов для обувной промышленности адаптируют стандартные версии САПР под особенности проектирования индивидуальной ортопедической обуви. Например, система Shoemaster имеет специальные функции переноса конструкции и деталей с развёртки базовой модели на развёртку индивидуальной колодки, адаптированные инструменты для модификации поверхности базовой колодки по индивидуальным параметрам и моделирования на основе цифровой модели стопы [108]. Нами проведена

апробация функций системы Shoemaster при индивидуальной доработке модели ортопедической обуви, представленной на рисунке 1.13.

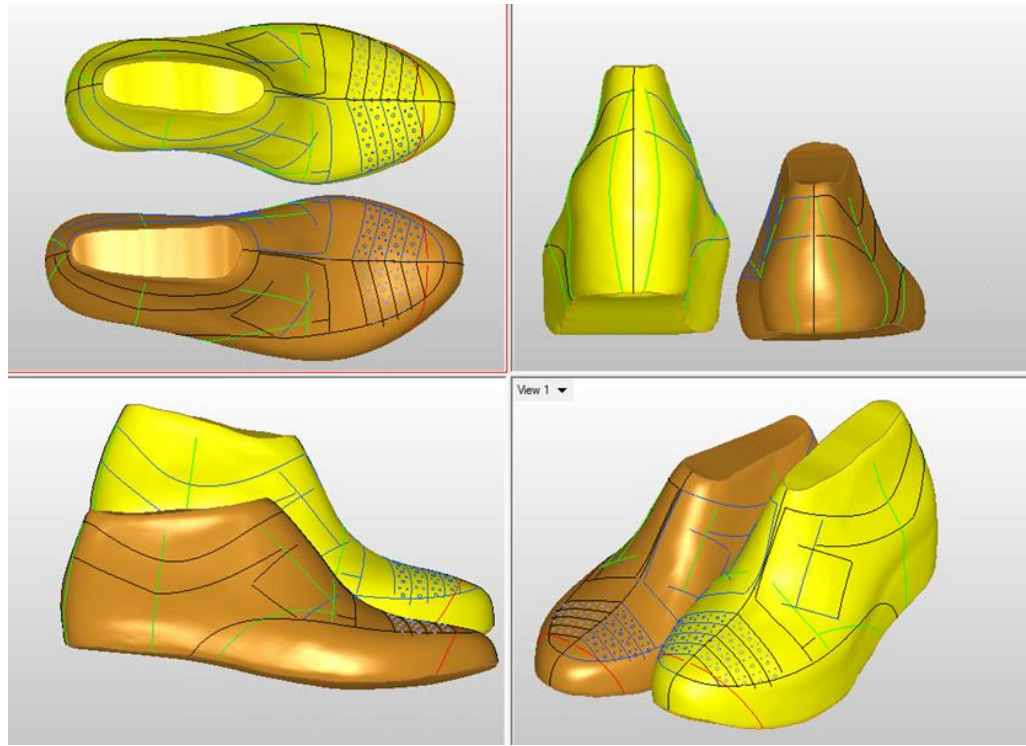


Рисунок 1.13 Конструкция ортопедической обуви, индивидуально доработанная с помощью специальных функций системы Shoemaster

Вывод результатов компьютерного проектирования осуществляется с использованием оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ): для раскроя деталей верха применяются автоматизированные раскройные комплексы; индивидуальные колодки изготавливаются на программно-управляемых фрезерных станках.

Нами в работе [108] предлагается комплексный подход к изготовлению индивидуальной ортопедической обуви с применением специализированных цифровых технологий проектирования индивидуальной ортопедической обуви.

Кроме этого, различными исследователями также предлагаются методики проектирования колодок и конструкции верха обуви, в том числе с применением САПР широкого назначения, например [107, 111.].

1.3 Перспективы кастомизации ортопедической обуви

Развитие новых условий взаимодействия пациента и производителя приводит к необходимости разработки комплексных мер по совершенствованию процессов ортопедического обеспечения пациентов с точки зрения производства: для сокращения сроков выполнения заказов, повышения качества продукции, увеличения количества принимаемых пациентов.

Так, на данный момент в рамках законопроекта [114] внедряется использование электронных сертификатов, предназначенных для покупки лицами с ОВЗ технических средств реабилитации. Согласно документу людям с ограниченными возможностями здоровья будут выдавать электронные сертификаты на определенную сумму для приобретения положенных им технических средств реабилитации (ТСР). Таким образом, помощь государства инвалидам станет более персонализированной. Такой механизм обеспечения лиц с ОВЗ техническими средствами реабилитации позволит пациенту самостоятельно выбирать организацию (предприятие) для приобретения тех или иных средств, что будет способствовать повышению качества жизни людей. В то же время такой подход повысит конкуренцию среди производителей и заставит их искать способы повышения качества производимой продукции и оказываемых услуг.

Из приведенного анализа особенностей подбора и индивидуального изготовления ортопедической обуви следует вывод, что степень индивидуализации и сложность выполнения заказа напрямую связаны с анатомо-функциональным состоянием стоп, выраженностью деформации и предпочтениями пациента. Особую роль при этом играет компетентность ведущих специалистов и исполнителей на всех технологических переходах.

Результат подбора готовой малосложной обуви зависит от таких факторов как:

- соответствие:

- внутренней формы обуви параметрам стопы с учетом анатомических изменений на фоне патологии;
- предлагаемых моделей длинотным и обхватным параметрам стоп;
- возможность:
 - регулирования внутреннего объема обуви;
 - подгонки обуви за счет коррекции элементов вкладных ортопедических изделий;
- адаптируемость элементов конструкции верха готовой модели;
- наличие требуемого размера;
- компетентность специалиста, оказывающего помощь при подборе;
- согласие пациента на внесение доработок в готовую модель;
- удовлетворенность пациента качеством и внешним исполнением модели;
- формат взаимодействия пациента и специалиста – офф- или онлайн взаимодействие;

Некоторый процент из числа пациентов может быть обеспечен унифицированной в соответствии с патологией обувью с возможными доработками. При этом, большая часть приведенных факторов может контролироваться, если обеспечить специалиста специальным инструментом для оценки соответствия параметров внутренней формы обуви данным стоп пациента.

При индивидуальном изготовлении желателен подбор колодки, доработка которой займет меньшее время. Поэтому оценка соответствия параметров ВФО данным стоп имеет важное практическое значение для целей индивидуального изготовления.

Обувная колодка является технологической основой обуви. Изменение конфигурации и параметров колодки влечет необходимость модификации других структурных компонентов обуви: конструкции верха и ее специальных деталей, деталей низа, в том числе готовых комплектующих, вкладных

ортопедических изделий. Одно из основных различий малосложной и сложной обуви заключается в параметрах ее внутренней формы: унифицированной для малосложной и индивидуализированной для сложной ортопедической обуви. Лапиной Т. С. [107] предложены определения: для малосложной ортопедической обуви – «масс-кастомизированная» и «ультра-кастомизированная» для сложной ортопедической обуви, что укладывается в рамки подхода кастомизации, классифицируемого по степени изменения изделий в п. 1.2. При этом внутри данных категорий, соответствующих предложенным определениям, могут быть еще некоторые распределения ортопедической обуви по степени ее изменения.

На основе анализа различных определений понятия «кастомизация» как физической модификации изделия, с учетом предложенных ранее определений применительно к ортопедической обуви и специфике ортопедического обеспечения пациентов под кастомизацией ортопедической обуви в рамках настоящей работы будем понимать модификацию компонентов конструкции базового изделия в процессе адаптации (подгонки) в соответствии с антропометрическими параметрами стоп и голени, медицинскими назначениями и эстетическими предпочтениями пациента.

Учитывая вышеизложенное, снабжение пациентов ортопедической обувью различной степени индивидуализации может быть усовершенствовано на основе таких принципов кастомизации, как использование базовой конструктивно-технологической основы изделия и стандартных решений по ее модификации, дифференциация заказов по степени сложности выполнения.

Сложность выполнения определяет гибкость производственного подхода кастомизации с учетом возможностей производителя удовлетворить дополнительные потребности заказчика. Это может касаться обязательных необходимых элементов изделия, например, индивидуальной подошвы, изготавливаемой в соответствии с медицинскими назначениями; либо дополнительных опций, предусматриваемых изготовителем, например, замены фурнитуры или материалов стандартной модели на индивидуально закупаемые.

Сложность выполнения заказа также определяется характером модификации изделий, который конкретизируется в ходе взаимодействия пациента и специалиста. Рассмотрим возможность применения подходов кастомизации к готовой малосложной ортопедической обуви как исходного изделия, а также ее конструктивно-технологической основы на этапе проектирования при индивидуальном заказе на изготовление.

Ввиду необходимости первичной диагностики состояния стоп определить способ ортопедического обеспечения возможно только при участии специалиста, поэтому *экспертная* кастомизация является базовым подходом к индивидуализации стандартной модели. Кроме этого, малосложная ортопедическая обувь отвечает принципу экспертного подхода, при котором базовый продукт изначально адаптирован под типовые потребности потребителя конкретной целевой группы. Экспертная кастомизация применима как при индивидуальном изготовлении, так и при подборе готовой обуви.

Кастомизация может быть *смешанной* в зависимости от возможностей производителя и желания заказчика дополнительно адаптировать модель под собственные предпочтения, касающиеся преимущественно внешнего исполнения изделия. При этом специалистом также формулируются необходимые доработки основы модели или ее элементов. Путь определения конечной спецификации изделия отвечает *совместному подходу* к кастомизации.

Модульная кастомизация применима, если внутренняя форма обуви оптимально соответствует данным стоп заказчика. Индивидуальная модель изготавливается без изменения стандартизированной основы изделия. В этом случае кастомизация приобретает массовый характер. Готовая обувь также может быть индивидуализирована по принципу *внешней кастомизации*, например, путем добавления декоративных съемных элементов, нанесения тиснения, надписей, принтов и пр.

Таким образом, для кастомизации ортопедической обуви наиболее применимы подходы по характеру изменения продукта: экспертный, модульный и смешанный подходы.

По результатам анализа особенностей процессов ортопедического обеспечения пациентов, подходов и принципов кастомизации изделий легкой промышленности и ортопедической обуви, в частности, перспективных цифровых технологий сформулирована концептуальная модель кастомизации ортопедической обуви (рис. 1.14), [115].

Модель показывает, с включением каких этапов ортопедическое обеспечение пациентов осуществляется по принципам кастомизации.



Рисунок 1.14 Концептуальная модель кастомизации ортопедической обуви

Реализуемая на основе предложенной модели концепция в большей степени ориентирована на пациентов с умеренно-выраженными деформациями стоп. Кастомизация ортопедической обуви согласно разработанной модели выполняется следующим образом. Начальным этапом является диагностика

состояния стоп, в процессе которой специалистом предварительно определяется способ ортопедического снабжения пациента на основе подбора готовой малосложной обуви.

Далее осуществляется получение антропометрических данных, определяются требования к конструкции обуви в соответствии с патологией. Затем по заданным требованиям по определенному алгоритму подбираются модели обуви, параметры которых оцениваются на соответствие данным стоп пациента.

При потенциально успешном подборе малосложной ортопедической обуви в ходе примерки может оказаться, что рекомендуемая модель требует локальной доработки, либо отобранные для оценки модели не полностью соответствуют параметрам стоп. Поэтому далее специалистом в процессе взаимодействия с пациентом уточняется способ ортопедического обеспечения пациента – доработка готовой обуви, либо индивидуальное изготовление на основе стандартной модели, и определяется типовой вариант кастомизации.

Типовые варианты кастомизации разрабатываются на основе стандартизации решений по модификации изделий и дифференциации заказов по сложности выполнения с помощью оценки степени соответствия параметров базовой модели (ВФО) антропометрическим данным стоп пациента.

Типовые варианты кастомизации содержат информацию о характере и объеме вносимых в изделие изменений с учетом медицинских назначений, технологических возможностей производства и личных пожеланий пациента относительно внешнего исполнения изделия.

В результате ортопедическое обеспечение пациента осуществляется в соответствии с выбранным типовым вариантом кастомизации.

Для эффективной реализации предлагаемой модели необходимо, прежде всего, решить задачу оценки соответствия внутриобувных параметров базовых моделей обуви исходным антропометрическим данным стоп пациента. Внутренняя форма обуви в значительной степени определяется параметрами

колодки, но не является ее точным отражением. Окончательные параметры ВФО зависят от целого ряда разноплановых факторов, к числу которых относятся состояние стоп, назначение и особенности конструкции обуви, параметры вкладных ортопедических изделий, свойства используемых материалов, применяемые технология и оборудование и др.

Оценить степень соответствия параметров ВФО данным стопы возможно опосредованно путем сравнения параметров рациональной колодки, рассчитанных по антропометрическим данным, с параметрами колодки, на которой изготовлена модель. При этом переход от формы и размеров стопы к параметрам рациональной колодки должен осуществляться с учетом критериев рациональности, обусловленных рядом факторов (эргономических, технологических, эстетических и др.) [116, 117]. Такая оценка может быть проведена по определенному набору сопоставимых параметров, которые в достаточной степени характеризуют форму и размеры обувной колодки.

Таким образом, следующая глава диссертации будет посвящена разработке решений по оценке степени соответствия ВФО параметрам стоп.

ВЫВОДЫ ПО ПЕРВОЙ ГЛАВЕ

1. Изучены и обобщены определения понятия «кастомизация», применение подходов кастомизации для индивидуализации изделий легкой промышленности с использованием интернет-технологий. Выделены основные принципы кастомизации как физической модификации изделий.

2. Проанализированы особенности ортопедического обеспечения пациентов: рассмотрены характеристики ортопедической обуви, применяемые методы и подходы при ее подборе, доработке и индивидуальном изготовлении. Показана целесообразность оценки соответствия параметров внутренней формы обуви антропометрическим данным стоп как при подборе готовой обуви, так и при индивидуальном изготовлении. Сформулированы факторы, влияющие на

подбор готовой ортопедической обуви и конкретизацию способа ортопедического обеспечения пациента.

3. Предложено следующее 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.

4. Выявлены такие направления совершенствования ортопедического обеспечения пациентов на основе принципов кастомизации, как:

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

5. Предложена концептуальная модель кастомизации ортопедической обуви, включающая этапы ортопедического обеспечения пациентов по предлагаемым принципам кастомизации. В основу данной модели положен расчет оценки степени соответствия параметров ВФО параметрам стоп пациента.

6. Для реализации разработанной модели выдвинута гипотеза, заключающаяся в следующем: задача оценки степени соответствия ВФО данным стоп может быть решена опосредованно путем сравнения параметров рациональной колодки, рассчитанных по антропометрическим данным, с параметрами колодки, на которой изготовлена модель. Разработке решений данной задачи будет посвящена следующая глава диссертации.

2. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ СООТВЕТСТВИЯ ПАРАМЕТРОВ ВНУТРЕННЕЙ ФОРМЫ ОБУВИ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ СТОПЫ

2.1 Принципы преобразования антропометрической информации в параметры обувных ортопедических колодок

Форма и размерные параметры обувной колодки должны удовлетворять ряду функциональных, конструктивно-технологических и эстетических требований. Одной из задач при проектировании колодки является преобразование антропометрических данных (стопы и голени) в параметры колодки для ее последующего геометрического моделирования.

Исследованиями в области проектирования внутренней формы обуви занимались Б. П. Хохлов, Ю. П. Зыбин, Х. Х. Лиокумович, К. И. Ченцова, А. А. Рындич, О. В. Фарниеева, В. А. Фукин, Т. С. Кочеткова, В. К. Макаричева, В. П. Лыба, В. В. Костылева, Н. В. Бекк, С. Ю. Киселев, Б. В. Хуан и ряд других ученых. Как отмечает в своей работе Фукин В. А. [4] на настоящий момент отсутствует общепринятая методика проектирования обувных колодок. Несмотря на это полученные научные результаты предшествующих исследований позволили сформировать базовые принципы перехода от параметров стопы к параметрам рациональной обувной колодки, часть из которых закреплены в государственной нормативной документации.

ГОСТ Р 54407-2011 «Обувь ортопедическая. Общие технические условия» [98] и ГОСТ Р 53800-2010 «Колодки обувные ортопедические. Общие технические условия» [118] ссылаются на ГОСТ 3927-88 «Колодки обувные. Общие технические условия» (с Изменением N 1) [119], согласно которому к основным параметрам колодок относятся:

- длина стопы L ;
- длина следа колодки L_1 ;

-обхват в середине пучков, характеризующий полноту, в сечении 0,68/0,72L;

-обхват прямого взъема в сечении 0,55L.

-ширина следа в пучках в сечении 0,68L;

-ширина следа в пятке пятки в сечении 0,18L;

а также приводятся формулы определения минимальной высоты носочной части в сечениях 0,9L и 1L.

С учетом этого рассмотрим принципы преобразования антропометрической информации в параметры обувной колодки.

Длина и форма следа

Основой для проектирования следа колодки является плантограмма. Контур следа проектируется по данным отпечатка и горизонтальной габаритной проекции стопы в зависимости от типа обуви, высоты каблука и половозрастной группы. Длина развертки следа колодки L_1 должна учитывать удлинение стопы при изгибе в процессе ходьбы. В связи с этим в носочной части следа задается функциональный припуск, минимальная величина которого зависит от вида и типа обуви и половозрастной группы. Если длина следа колодки меньше длины стопы в положении максимальной приподнятости пятки, то такая обувь в процессе эксплуатации приведет к деформированию стопы, особенно пальцевого отдела.

По ГОСТ 3927-88 длина развертки следа колодки определяется по формуле:

$$L_1 = L - C_{\text{п}} + P_1 + P_2 \quad (1),$$

где: L – длина стопы, мм;

$C_{\text{п}}$ – сдвиг в пятке, мм;

P_1 – минимальный функциональный припуск, мм;

P_2 – декоративный припуск, мм.

В ГОСТ 3927-88 установлена величина минимального функционального припуска $P_1 = 10$ мм для половозрастных групп 0, 1, 2, 3, 6, 7, 9 и 5 мм для половозрастных групп 4, 5, 8, а также типов обуви: летней, бесподкладочной и типа «мокасин» для всех групп. В предыдущей редакции (ГОСТ 3927-75) [120] была принята единая величина минимального функционального припуска P_1 (10 мм) для всех половозрастных групп. Уменьшение минимального припуска до 5 мм для групп 4, 5 и 8 может негативно сказаться на состоянии стоп вследствие недостаточного пространства в носочной части при удлинении стопы в процессе движения, особенно для 4-ой группы («для школьников-девочек»), поскольку их стопы находятся в стадии активного роста. Поэтому при подборе ортопедической обуви предлагается минимальный функциональный припуск установить равным не менее 10 мм для всех половозрастных групп, за исключением упомянутых типов конструкций.

Для расчета длины следа колодки в работе Фарниевой О. В. предложена формула [121]:

$$L_{\text{сл}} = D_{\text{ст}} + P_1 + P_2 + P_3 - S \quad (2),$$

где: $L_{\text{сл}}$ – длина следа колодки, мм;

$D_{\text{ст}}$ – длина стопы, мм;

P_1 – функциональный припуск, связанный с увеличением длины стопы во время ходьбы, мм;

P_2 – припуск, равный среднему приросту длины стопы детей в соответствующей половозрастной группе за полугодие, мм;

P_3 – декоративный припуск, зависящий от формы носочной части колодки и необходимый для ее построения, мм;

S – сдвиг начала следа колодки в пятке, мм.

Предложение Фарниевой О. В. закладывать дополнительный припуск по следу для детской обуви с учетом полугодового прироста стопы также подтверждает необходимость установления минимального припуска равным не

менее 10 мм для всех половозрастных групп. Таким образом, для взрослых такой припуск будет являться минимально необходимым, а для детей учитывать полугодовой прирост стопы.

А.А. Рындичем предложена формула для расчета минимального функционального припуска в носке P_0 [122]:

$$P_0 = 0,045Д_{ст} \quad (3)$$

Приведем значения минимального функционального припуска по формуле А. А Рындича для средних размеров колодок, соответствующих длине стопы, для половозрастных групп со 2 по 9 (таблица 2.1).

Таблица 2.1 Средние значения минимального функционального припуска по А. А. Рындичу для исходных номеров колодок

Половозрастная группа	Исходный размер	Минимальный припуск P_0
2 Малодетская	155	6,98
3 Дошкольная	185	8,33
4 Для школьников-девочек	225	10,13
5 Девичья	235	10,58
6 Для школьников-мальчиков	230	10,35
7 Мальчиковая	265	11,93
8 Женская	240	10,81
9 Мужская	270	12,15

Из таблицы следует, что минимального функционального припуска, равного 10мм, может быть недостаточно для групп 4-9. Для определения длины развертки следа рациональной колодки воспользуемся рекомендациями ГОСТ 3927-75, где длина следа колодки определяется как :

$$L_1 = Д + 10 \quad (4)$$

Таким образом, значения длины следа, рассчитанные по формуле (1) с учетом минимального функционального припуска, равного 10мм, отсутствия декоративного припуска и заданной величины сдвига в пятке по следу могут быть приняты в качестве минимальной длины развертки следа.

Максимально допустимая длина развертки следа может превышать значение, рассчитанное по формуле (4), на величину дополнительного припуска, не ухудшающего функциональные свойства обуви, и зависящего от типа обуви и фасона ее носочной части.

А. А. Рындичем для расчета сдвига следа колодки в пяточной части C_{Π} от проекции наиболее выступающей точки пятки (т. *pternion*) предложена формула:

$$C_{\Pi} = 0,02D_{\text{ст}} + 0,05B_{\text{пп}} \quad (5),$$

где: $D_{\text{ст}}$ – длина стопы, мм;

$B_{\text{пп}}$ – приподнятость пяточной части колодки, мм.

Длина стопы имеет различные обозначения в нормативных документах и литературных источниках. В данной работе примем единое обозначение длины стопы как D .

Расчет сдвига в пятке по следу зависит от назначения и вида обуви, а также высоты приподнятости пяточной части. Для практических целей и упрощения расчета длины следа колодки в данной работе предлагается использовать усредненные значения сдвига в пятке по следу обуви на низком каблуке: 4,5 мм –детской, 5-6мм –женской, 6-7мм – мужской.

Как показывают исследования, большое значение имеет правильное распределение давления обуви на стопу [123]. Установлено, что распределение давления зависит от соответствия формы следа форме плантарной поверхности стопы. След обуви должен учитывать форму плантарной поверхности стопы и обеспечивать оптимальное распределение давления при опоре. При уплощенной форме следа обуви давление концентрируется на отдельных участках опорной

поверхности, что приводит к быстрому утомлению человека и нарушениям функций стопы.

По ГОСТ Р 53800-2010 [118] затяжные ортопедические колодки изготавливают с плоским и профилированным следом. В колодке с профилированным рельефом следа должны быть предусмотрены выборки под выкладки продольных и (или) поперечного сводов, а также округлая пяточная часть, отражающая форму пятки, для более равномерного распределения давления. В связи с этим по следу в соответствующей области должна быть предусмотрена выемка (стрела прогиба) определенной глубины.

Распределение давления под головками плюсневых костей у разных людей различно, поэтому закладывать соответствующие выпуклости в носочно-пучковой области следа колодки нецелесообразно [123].

Неотъемлемой частью ортопедической обуви является вкладная стелька. Большая опорная комфортность достигается за счет использования профилированной стельки, а также свойств приформовываемости материалов, позволяющих получить в процессе эксплуатации обуви индивидуальное комфортное ложе. Поэтому обхват колодки с плоским следом должен быть увеличен с учетом толщины вкладываемой индивидуальной ортопедической стельки.

Контур следа в сечении 0,18Д проектируется между габаритной проекцией и отпечатком стопы. В ортопедической обуви при использовании жестких промежуточных или вкладных деталей в пяточной части, а также смягчающих прокладок контур следа колодки целесообразно располагать ближе к габаритной проекции стопы.

Ширина следа в геленочной (перейменной) области варьируется достаточно широко и зависит от типа обуви и высоты каблука. При ходьбе наружный продольный свод стопы является опорным и берет на себя основную часть нагрузки, в то время как внутренний продольный свод выполняет амортизирующую функцию. При отсутствии деформаций (патологических

нарушений) мышцы внутреннего продольного свода растягиваются под нагрузкой и свод плавно опускается, не соприкасаясь полностью с опорной поверхностью. Для обуви на низком и среднем каблуках внутриобувное пространство в геленочной области не должно препятствовать экскурсии (движению) свода, поэтому линия следа со стороны внутреннего продольного свода должна занимать промежуточное положение между отпечатком и габаритом стопы. С увеличением высоты каблука амортизирующая функция свода снижается, и необходимость в дополнительном пространстве отпадает: напротив, требуется обеспечение более плотного облегания стопы верхом обуви. Поэтому линия стельки в этой области будет приближаться к отпечатку стопы.

При наличии таких патологических отклонений как плоско-вальгусная деформация, продольно-поперечное плоскостопие I-III степени, когда мышцы свода ослаблены и рессорная функция не обеспечивается в достаточной степени, необходимо обращать особое внимание на ширину следа в геленочной области как при доработке колодки, так и при подборе уже готовой обуви. Недостаточная ширина следа в данной области при уплощенном внутреннем своде приведет к нависанию стопы над гранью следа обуви и снижению эффективности вкладных ортопедических элементов. Кроме этого, верх обуви будет деформироваться из-за несоответствия внутренней формы обуви и формы стопы. Например, в полуботинках на шнурках такое несоответствие приведет к неплотному прилеганию линии канта к стопе и расхождению берцов в прямом взъеме.

В сечениях 0,73Д и 0,62Д, соответствующих центрам головок первой и пятой плюсневых костей, для бытовой закрытой обуви с верхом из натуральной кожи контур следа проектируется по отпечатку стопы. Для утепленной обуви контур следа в этой области может занимать промежуточное положение между отпечатком и габаритом стопы, либо приближаться к линии габаритной проекции. С увеличением высоты каблука ширина следа в этой области уменьшается для обеспечения более плотного облегания стопы верхом обуви. Так, в сечении 0,68Д для 5 и 8 групп ширина следа при высоте каблука 30-40мм

уменьшается на 2мм, а от 50мм и выше – на 4мм. По ГОСТ [118] для производства ортопедической обуви исключаются подгруппы колодок с высокими и особо высокими каблуками. Однако при укорочении нижней конечности колодки для ортопедической обуви должны быть изготовлены с эквинусом от 3 до 9 см. Таким образом, обувь на высоком каблуке (с высокой приподнятостью пятки) изготавливается из медико-ортопедических требований. В таком случае, логично предположить, что параметры ортопедической колодки должны рассчитываться по принципам, применимым к высококаблучной обуви.

При расчете параметров колодок для стоп со сложными деформациями ширина следа в пучках должна быть увеличена на 3 мм колодок исходных полнот для обуви при начальных стадиях деформаций.

Обеспечение впорности обуви по полноте связано с соотношением значений обхватов поперечных сечений стопы и колодки, что в свою очередь зависит от назначения и конструкции обуви, применяемых материалов и технологии изготовления. Основным параметром, характеризующим полноту, является значение обхвата колодки в сечении 0,68/0,72Д, соответствующего середине пучков стопы.

В работе Зыбина Ю. П., Фарниевой О. В. [121] предложен метод расчета обхвата колодки через наружный и внутренний пучки по формуле:

$$O_k = O_{ст} \cdot K \quad (6),$$

где: $O_{ст}$ – обхват стопы в плюснефаланговом сочленении, мм;

K – коэффициент, определяемый по формуле:

$$K = 1 + \frac{O_1 + \Delta O_2 - q}{O_{ст}} \quad (7),$$

где: ΔO_1 – среднее изменение обхвата $O_{ст}$ при ходьбе;

ΔO_2 – средний прирост обхвата $O_{ст}$ за полугодие (для детской обуви);

q – допустимое уменьшение обхвата $O_{ст}$ при сжатии.

При определении параметров обувной колодки по данному методу учитывается величина изменения обхвата стопы при ходьбе, полугодовой прирост обхвата стопы и величина допустимого давления обуви на стопу. Однако указанный метод определения обхватных параметров обувной колодки не учитывает усадки верха обуви после снятия ее с колодки, а также его деформации при хранении и эксплуатации растяжение верха под воздействием стопы.

В работах В. П. Лыбы и В. А. Фукина [4, 124] впервые приводится расчетный метод преобразования данных стопы в параметры обувной колодки, основанный на их силовом взаимодействии. Критерием оценки рациональности внутренней формы обуви является ее допустимое давление на стопу. Установлены теоретическое распределение давления обуви на плантарную и тыльную поверхности стопы, а также допустимое давление и относительная деформация стопы обувью. Авторами приводится уравнение для перехода от формы и размеров стопы к параметрам колодки с учетом деформационных свойств материалов верха (ε , K_y) обуви, а также допустимого воздействия верха обуви на стопу (φ).

$$O_k = \frac{O_{ст}(1 - 0,01\varphi)}{K_y(1 + 0,01\varepsilon)} \quad (8),$$

где: O_k – периметр сечения колодки;

$O_{ст}$ – периметр одноименного сечения стопы;

K_y – коэффициент, характеризующий уменьшение периметра поперечного сечения обуви в результате усадки ее верха;

φ – относительная деформация стопы обувью;

ε – относительная деформация верха обуви от силового воздействия стопы, %.

По мнению В.П. Лыбы, величина относительной деформации стопы φ должна соответствовать величине давления на стопу, обеспечивающей уровень максимального удобства, которая составляет среднее значение между «верхней» и «нижней» границами давления обуви на стопу. Относительная деформация стопы обувью φ , %, под действием обуви определяется как:

$$\varphi = \frac{O_{\text{ст}} - O_{\text{вфо}}}{O_{\text{ст}}} \cdot 100 = \frac{\Delta O_{\text{ст}}}{O_{\text{ст}}} \cdot 100 \quad (9),$$

где: $O_{\text{вфо}}$ – периметр сечения внутренней формы обуви;

$\Delta O_{\text{ст}}$ – абсолютная деформация стопы под воздействием обуви.

$$O_{\text{вфо}} = K_y \cdot O_k \quad (10)$$

Относительная деформация материалов верха обуви ε , %, от внешнего силового воздействия может быть определена:

$$\varepsilon = \frac{\Delta O_p}{O_{\text{вфо}}} \cdot 100 \quad (11)$$

и

$$\varepsilon = A Q^n \quad (3),$$

где: ΔO_p – абсолютная деформация верха обуви от силового воздействия стопы;

A – коэффициент удлинения материала при нагрузке 10 даН;

$Q = 0,1 \cdot P$ – нагрузка, даН;

$n = (\lg \varepsilon - \lg A) / \lg Q$ – показатель степени;

В. П. Лыбой было предложено деформационные свойства стопы задать зависимостью, аналогичной той, которая характеризует деформационные свойства обувных материалов:

$$\varphi = B \cdot Q^m \quad (4),$$

где: B и m – эмпирические коэффициенты, зависящие от положения сечения.

Предложенный метод позволяет при определении параметров обувной колодки учитывать усадку верха обуви, предел допустимого сжатия стопы обувью и относительную деформацию материалов верха обуви от внешнего силового воздействия. Однако широкое применение указанного метода, в частности для решения задачи расчета параметров индивидуальных колодок, достаточно проблематично ввиду отсутствия базы данных деформационных свойств материалов.

В работе [125] С. Ю. Киселевым и Т. А. Смирновой предложен другой способ расчета периметра сечения рациональной колодки O_k по периметру стопы O_c испытуемого, находящегося в положении равномерной опоры на плоское основание:

$$O_k = O_c \cdot K_{\pi} + 2 \cdot t_{ст} \cdot K_{упр} \quad (5),$$

где: $t_{ст}$ – толщина вкладной стельки в области пучков;

$K_{упр}$ – коэффициент упрессовки материала стельки;

K_{π} – коэффициент перехода:

$$K_{\pi} = 1 - (\nu + \varphi - \omega)/100 \quad (15),$$

где: ν – уменьшение периметра сечения стопы при переходе из положения равномерной опоры в безопорное положение, %;

φ – величина сжатия стопы обувью, %;

ω – усадка обуви при снятии с колодки, %.

Используемый в формуле коэффициент K_{π} для расчета периметра сечения колодки учитывает уменьшение периметра сечения стопы при переходе из положения равномерной опоры в безопорное положение, величину допустимого

сжатия стопы обувью, усадку верха обуви при снятии с колодки, но не учитывает деформацию верха обуви от внешнего силового воздействия стопы.

При этом авторы исходили из утверждения Б. П. Хохлова о том, что периметр сечения колодки должен определяться по периметру соответствующего сечения стопы в безопорном положении.

При ходьбе в фазе полной опоры всей массой тела на одну стопу периметр ее сечения увеличивается, и верх обуви деформируется. Стопа при этом испытывает дополнительное сжатие со стороны верха обуви, которое частично компенсируется за счет его растяжения.

Поскольку, необходимая при расчете по формуле В.П. Лыбы и В.А. Фукина объективная оценка деформационных свойств пакета материалов верха обуви без проведения лабораторных испытаний представляется затруднительной, а также из соображений снижения трудоемкости расчета предлагается принять рассмотренный метод для вычисления значений обхватов колодки.

Кроме этого, авторами предложено принимать толщину вкладной стельки с учетом упрессовки используемых материалов при эксплуатации обуви, что актуально при расчете периметра колодки для ортопедической обуви.

По данным В. И. Макухи [126] величина уменьшения периметра сечения стопы в области пучков v при переходе из положения равномерной опоры в безопорное положение составляет 2%. Данную величину предлагается принять и для расчета периметра колодки в области прямого взъема в сечении 0,55Д.

Для обеспечения надежной фиксации обуви на стопе периметр сечения внутренней формы обуви уменьшается на величину сжатия стопы обувью φ . Ввиду подвижности плюснефалангового сочленения допустимо некоторое сжатие стопы обувью с верхом из эластичных материалов (натуральная кожа) за счет уменьшения периметра сечения 0,68Д. В ходе многократного изгиба верх обуви из натуральной кожи деформируется и при правильном соотношении поперечных сечений стопы и колодки приформируется к стопе. Это обеспечит

плотное, но эластичное облегание стопы верхом обуви. Отклонение параметров внутреннего объема в середине пучков в меньшую сторону относительно допустимых значений приведет к травмированию стопы из-за излишнего давления. При недостаточной фиксации вследствие избыточного внутреннего объема стопа будет «съезжать» к носочной части, что может привести к травмированию и деформации пальцев, натиранию стопы обувью, а возникающее усилие в плюснефаланговом сочленении, препятствующее движению стопы внутри обуви, приведет к общей утомляемости мышц.

Согласно результатам исследований В. П. Лыбы в пучковой части максимальное значение допустимого сжатия стопы обувью φ в среднем составляет 3%. В то же время, для надежной фиксации обуви на стопе может быть достаточно и меньшего сжатия.

При таких патологиях как синдром диабетической стопы, артриты, контрактуры в плюснефаланговом сочленении, бурситы и др. необходимо обеспечить мягкое облегание без сдавливания стопы верхом обуви. Неконтролируемое сжатие не допускается, поэтому зачастую конструкции верха проектируются с широкой или полной раскрываемостью и имеют крепления, позволяющие регулировать внутренний объём обуви и плотность ее фиксации на стопе.

Кроме этого, в конструкции колодки или подошвы может закладываться искусственный пережат, облегчающий естественный пережат стопы в процессе ходьбы. Например, в обуви для пациентов с сахарным диабетом применяется ригидная (негнувшаяся, негибкая) подошва, которая имеет увеличенный пережат в носочной части. Благодаря такой конструкции снижается горизонтальное трение плантарной поверхности стопы в процессе ходьбы, перераспределяется нагрузка на стопы, что важно соблюдать при данной патологии во избежание провоцирования язвенных образований [127].

В таком случае и изгибная нагрузка на верх обуви в области пучков будет меньше, что также допускает уменьшение величины сжатия стопы верхом обуви.

Поэтому предлагается заложить величину сжатия стопы обувью $\varphi=2\%$, а при таких патологиях как сахарный диабет, ревматоидный артрит, слоновость, лимфостаз и прочих заболеваниях, снижающих или повышающих чувствительность стоп, φ может быть уменьшен до 1%.

При расчете значения периметра 0,55Д предполагается использование формулы, аналогичной для расчета значения периметра в середине пучков. Но в отличие от плюснефалангового сочленения, при работе которого верх обуви испытывает многократный изгиб, данная область не отличается особой подвижностью. Сдавливание тонкого кожного покрова может привести к нарушению кровотока в близкорасположенных к тыльной поверхности стопы капиллярах и венах. Величина сдавливания должна быть меньше, чем в других областях. С другой стороны, если конструкция верха предполагает хорошую регулируемость объёма, то незначительные отклонения величины данного параметра не окажут существенного влияния на ощущение впороности обуви в области прямого взъема. Исключение составляют некоторые конструкции. Например, шнурки позволяют регулировать объем, в то время как сапоги с застежкой-молнией требуют более точного соответствия параметров стопы и внутриобувного пространства.

В ГОСТ 3927-88 для различных половозрастных групп приводятся величины изменений периметра сечения 0,55Д для разных типов обуви в зависимости от сезона носки. Поэтому к рассчитываемому по формуле значению обхвата данного сечения необходимо сделать соответствующую прибавку (таблица 2.2).

В соответствии с ГОСТ Р 54407-2011 [98] обувь ортопедическая изготавливается по параметрам обуви бытовой массового производства, указанным в ГОСТ 3927-88. Для групп 1-3 интервал между полнотами составляет 6 мм, для групп 4-9 – 6 и 8 мм для обуви повседневной.

Таблица. 2.2 Увеличение периметра сечения 0,55Д в зависимости от типа обуви и сезона носки.

№	Группа (ы)	Тип обуви	Увеличение периметра сечения 0,55Д, мм
1.	2-7	Утепленные ботинки	+10
		Утепленные сапожки	+18
2.	8	Утепленные ботинки, сапожки осенне-весеннего сезона носки	+10
		Утепленные сапожки	+18
3.	9	Утепленные ботинки	+5
		Утепленные сапожки	+13

Кроме этого, при расчете обхватов колодки в середине пучков и середине стопы необходимо учитывать толщину пакета применяемых материалов верха.

Для учета толщины пакета материалов верха утепленная обувь должна быть большей полноты, чем неутепленная. В ГОСТ 3927-75 приводятся изменения исходных полнот для разных типов обуви с учетом сезона носки (табл. 2.3).

Таблица 2.3 Полноты по ГОСТ 3927-75 для различных половозрастных групп, типов обуви с учетом сезона носки.

№	Тип обуви	Половозрастная группа	Исходная полнота колодки
1.	Все типы, кроме утепленной	2-5	3
		6-9	4
2.	Утепленные ботинки	2,3, 6-9	5
		4,5	4
3.	Утепленные сапожки	2,3, 6-9	5 – для следа обуви 6 – для обхвата сечения 0,68/0,72Д
		4,5	4 – для следа обуви 5 – для обхвата сечения 0,68/0,72Д

Для утепленных ботинок полнота для обхвата сечения 0,68/0,72Д относительно неутепленной обуви увеличивается на один номер для групп 4-9, и на два номера для групп 2 и 3.

Для утепленных сапожек полнота для обхвата сечения 0,68/0,72Д относительно неутепленной обуви увеличивается на два номера для групп 4-9, и на три номера для групп 2 и 3. По ширине следа исходная полнота относительно неутепленной обуви увеличивается на два номера для групп 4-ой и 5-ой, и на один номер для групп 2,3 и 6-9.

По ГОСТ 3927-75 [120] отдельные параметры полнот приняты для лиц с начальными и значительными деформациями стоп. Так при начальных стадиях деформаций для всех типов обуви, кроме утепленной принимают 6 полноту в качестве исходной, для утепленных ботинок – 7-ю, для утепленных сапожек – 8-ю со следом, соответствующим параметрам 7-ой полноты. Однако не указывается разделение по полнотам в зависимости от половозрастной группы. При этом увеличение полноты обуви с учетом ее вида и сезона носки соответствует ГОСТ 3927-88.

Таким образом, для утепленных ботинок и сапог, а также при использовании подкладочных материалов повышенных толщин параметры индивидуальной колодки предлагается устанавливать по формулам серийного градирования.

Используемые при градировании колодок формулы имеют вид [21]:

$$L_{иск} = L_{исх} \cdot (1 \pm n\gamma) = L_{исх} \cdot K_d \quad (16)$$

$$Y_{иск} = Y_{исх} \cdot (1 \pm n\beta) \cdot (1 \pm m\theta) = Y_{исх} \cdot K_y \quad (17)$$

$$Z_{иск} = Z_{исх} \cdot (1 \pm n\beta) \cdot (1 \pm m\theta) = Z_{исх} \cdot K_z \quad (18),$$

где: $L_{иск}$ и $L_{исх}$ – искомый и исходный размерные параметры, измеряемые по длине развертки следа;

$Y_{иск}$ и $Y_{исх}$ – искомый и исходный размерные параметры, измеряемые по ширине;

$Z_{иск}$ и $Z_{исх}$ – искомый и исходный размерные параметры, измеряемые по высоте;

n – число номеров между искомым и исходным размерами;

m – число полнот (полуполнот) между искомой и исходной;

Относительные приращения по длине γ и ширине β при переходе к смежному размеру и относительное приращение по ширине θ при переходе к смежной полноте определяются по формулам:

$$\gamma = \frac{\Delta N}{N_{исх}} \quad (19)$$

$$\beta = \frac{\Delta O_{0,68/0,72}}{O_{исх\ 0,68/0,72}} \quad (20)$$

$$\theta = \frac{\Delta O'_{0,68/0,72}}{O_{исх\ 0,68/0,72}} \quad (21),$$

где: ΔN – интервал между смежными размерами (абсолютное приращение по длине);

$\Delta O_{0,68/0,72}$ – абсолютное приращение по обхвату в пучках при переходе к смежному размеру;

$\Delta O'_{0,68/0,72}$ – абсолютное приращение по обхвату в пучках при переходе к смежной полноте;

$N_{исх}$ – исходная длина следа;

$O_{исх\ 0,68/0,72}$ – обхват в пучках в сечении 0,68/0,72Д для колодки исходных размера и полноты;

При градировании следа по ширине и деталей низа обуви удобнее использовать формулы:

$$\beta = \frac{\Delta \Pi_{0,68}}{\Pi_{\text{исх } 0,68}} \quad (6)$$

$$\theta = \frac{\Delta \Pi'_{0,68}}{\Pi_{\text{исх } 0,68}} \quad (23),$$

где: $\Pi_{\text{исх } 0,68}$ – ширина следа в пучках для исходного размера

$\Delta \Pi_{0,68}$ – абсолютное приращение по ширине следа в пучках при переходе к смежному размеру;

$\Delta \Pi'_{0,68}$ – абсолютное приращение по ширине следа в пучках при переходе к смежной полноте.

В зависимости от применяемой системы нумерации обуви значения приращений будут отличаться (табл. 2.4). В настоящее время в России наиболее распространена штихмассовая система нумерации обуви, однако на ортопедических фабриках применяется и метрическая нумерация.

Таблица 2.4 Значения абсолютных приращений параметров колодок при градировании

Приращения	Система нумерации обуви	
	Метрическая	Штихмассовая
ΔN	5мм	6,67мм
$\Delta O_{0,68/0,72}$	3мм	4мм
$\Delta O'_{0,68/0,72}$	3мм – для интервала 6мм; 4мм – для интервала 8мм;	3мм – для интервала 6мм; 4мм – для интервала 8мм;
$\Delta \Pi_{0,68}$	1мм	1,3мм
$\Delta \Pi'_{0,68}$	1мм – для интервала 6мм; 1,3мм – для интервала 8мм;	1мм – для интервала 6мм; 1,3мм – для интервала 8мм;

Практическую значимость представляет расчет параметров колодок с увеличением полноты на толщину подкладочных материалов. Предлагается использовать правую часть уравнений (формулы 17, 18) с приращением по полноте θ при расчете параметров индивидуальных колодок.

Например, расчет обхвата индивидуальной колодки в сечении 0,68/0,72Д (без учета толщины стельки) будет иметь вид:

$$O_k = O_{\text{ст}} \cdot (1 - (\nu + \varphi - \omega)/100) \cdot (1 + m\theta) \quad (24),$$

где m в зависимости от вида обуви и материала подкладки, может принимать значения:

- $m=0$, если материал подкладки натуральная кожа;
- $m=1$, если вид обуви ботинки и материал подкладки, например, шерстяная байка;
- $m=2$, если вид обуви сапоги на молнии и материал подкладки, например, натуральный или искусственный мех.

Учитывать приращение по полноте в зависимости от сезона носки и применяемых подкладочных материалов предлагается и для рассмотренных параметров ширины следа.

Соотношение габаритных параметров стопы и колодки

В разных зонах величина давления обуви на стопу меняется от предельно-допустимого до нуля. Локальная концентрация давления, вызванная несоответствием формы и параметров стопы и колодки, приводит к патологическим изменениям стопы, снижению формоустойчивости и преждевременному износу обуви. Характер давления во многом определяется параметрами габаритных зон, особенно в пяточном и пальцевом участках. Из-за наличия жестких промежуточных деталей давление в этих зонах не должно оказывать травмирующего действия на стопу и быть ниже минимальных значений.

По результатам исследований [123] на примере обуви с верхом из эластичных кож установлено, что габаритные размеры колодки в области жесткого задника следует принять такие, при которых будет обеспечиваться плотное облегание стопы верхом обуви с давлением, близким к нулю. Предложено принять габариты в области пятки по размерам стопы в ненагруженном состоянии. При длительном сжатии боковых поверхностей пятки пережимаются кровеносные сосуды и нарушается циркуляция крови, что

может привести к патологическим изменениям тканей нижних конечностей. Это обуславливается воздействием циклического (переменного) давления обуви на стопу в различных фазах ходьбы/бега: под нагрузкой размеры стопы увеличиваются с одновременным увеличением давления со стороны верха обуви, при отрыве стопы от опоры в состоянии на весу давление, соответственно, становится нулевым. При таком переменном действии нагрузки на боковые поверхности пятки возникает «массажный эффект», что улучшает кровообращение и снижает вероятность морфологических изменений в тканях нижних конечностей.

При проектировании ортопедической колодки размеры габаритов необходимо принимать такими, чтобы учитывалась повышенная толщина пакетов материалов в областях расположения специальных деталей, если таковые применяются в обуви. Для обуви тяжелого типа, которая предполагает использование толстой внутренней обуви, принимаются габаритные размеры нагруженной стопы. Такой подход справедлив и для обуви с высокими промежуточными жесткими деталями, при которых применяются дополнительные смягчающие элементы, а также при использовании мягких подкладочных материалов повышенных толщин, например, в обуви при сахарном диабете. В целом, в ортопедической обуви довольно часто применяются смягчающие прокладки в области задника для предотвращения травмирования пятки в процессе приформовывания обуви к стопе с учетом возможных расхождений формы стопы и колодки в пяточной области. Поэтому минимальные размеры габарита пяточной части можно принять равными габаритам пятки стопы в нагруженном состоянии, если в области пятки есть смягчающие детали.

Габаритные параметры колодки в области середины пучков в сечении 0,68/0,72Д для закрытой обуви с верхом из натуральной кожи на низком и среднем каблуках проектируется примерно посередине между отпечатком и габаритной проекцией стопы. Некоторое уменьшение габаритных размеров

колодки по ширине необходимо во избежание распластывания стопы, а также для надежной фиксации обуви.

Для определения габаритных размеров колодки удобно воспользоваться коэффициентами перехода Кш, рассчитанными В. А. Фукиным для мужской закрытой обуви из натуральной кожи (табл. 2.5) [21]. Им же выдвинуто предположение о том, что данные коэффициенты можно использовать при конструировании однотипных колодок для обуви других родовых групп. Таким образом можно рассчитывать габаритные размеры по ширине в области середины пятки и середины пучков.

Таблица 2.5 Значения коэффициентов Кш для расчета широтных параметров по линии габарита колодок для мужской закрытой обуви.

Габарит	Значения Кш по сечениям									
	0,07Д	0,18Д	0,3Д	0,4Д	0,5Д	0,62Д	0,68Д	0,73Д	0,8Д	0,9Д
Внутренний	0,1	0,05	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,04	0,01
Наружный	0,2	0,05	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,04	0,02

Минимальная высота колодки в носочной части регламентируется ГОСТ 3927-88 и определяется в сечениях 0,9Д и 1Д коэффициентами 0,09 и 0,11 соответственно от обхвата в сечении 0,68/0,72Д. Однако, если речь идет о вычислении параметров высоты носочной части индивидуальной колодки, то рациональным будет принять высоту носочной части колодки не меньше фактической высоты пальцев конкретного пациента.

При нахождении габаритных параметров колодок по ширине в области пятки и середины пучков, высоты носочной части колодки также предлагается учитывать приращение по полноте в зависимости от сезона носки и применяемых подкладочных материалов.

Параметры ортопедических вкладных стелек в зависимости от медицинского назначения

Как было рассмотрено ранее, на форму и размеры ортопедической колодки влияют специальные детали (промежуточные или вкладные), которые должны учитываться при расчете параметров индивидуальной колодки.

Согласно ГОСТ [98] малосложная ортопедическая обувь может быть использована при начальных стадиях плоскостопия (I и II степень), в том числе в сочетании с распластанностью переднего отдела стопы (поперечном плоскостопии), при паралитической стопе, диабетической стопе, при использовании протеза (при искусственной стопе) или аппарата.

Для обеспечения массового выпуска такой обуви применяются колодки с уплощенным следом, учитывающие объем вкладной профилированной стельки.

При подборе колодки для индивидуального изготовления должна учитываться форма следа – уплощенная или профилированная, что также зависит от выраженности и сочетанности деформаций.

Для изготовления обуви и вкладных элементов при различных видах плоскостопия (плоская стопа, плоско-вальгусная деформация), полой стопе, укорочении нижней конечности, эквиноварусной деформации используются ортопедические колодки, которые имеют специальный рельеф следа, характеризующийся выборкой под выкладку наружного и внутреннего сводов. Ортопедическая стелька при использовании колодки с профилированным следом изготавливается методом блокирования. Это позволяет добиться более точного соответствия формы и параметров выкладок сводам стопы во внутриобувном пространстве с учетом медицинских показаний.

Для индивидуального изготовления при подборе колодки с профилированным следом параметры вкладных элементов необходимо исключить из расчета, так как изначально они не заложены в параметры искомой колодки.

Как при подборе готовой обуви, так и колодки (с уплощенным следом) для индивидуальной доработки важным является учет высотных параметров межстелечных слоев. При этом точка максимальной высоты (точка экстремума) той или иной ортопедической детали должна соответствовать положению точки стопы, на которую направлено корригирующее воздействие [33].

По результатам биомеханических исследований выявлено, что в фазу одноопорного стояния внутренний свод стопы опускается примерно на 3,5-3,6мм. Поэтому недопустимо использовать в обуви вкладные изделия, высота которых будет соответствовать высоте сводов при равномерной нагрузке на обе стопы. При I-ой степени плоскостопия размеры выкладки по высоте и ширине уменьшаются на $1/3$ по сравнению с нормативами свода стопы, при II-ой степени – на $2/3$. Таким образом, между выкладкой и сводом стопы должен обеспечиваться зазор по высоте, позволяющий своду выполнять рессорную функцию. То есть, при расчете обхватных параметров ортопедической колодки необходимо учесть фактическую высоту свода в состоянии равномерной опоры на обе стопы.

При (продольном) плоскостопии выборка под выкладку внутреннего свода начинается на расстоянии 0,20Д и заканчивается в сечении 0,62Д параллельно линии пучков колодки, что на стопе будет соответствовать условной линии, проходящей кзади от головок плюсневых костей примерно на 20мм [33, 35]. Наибольшая глубина выборки наружного свода находится на расстоянии 0,43Д, внутреннего свода – 0,37-0,42Д.

При распластанности переднего отдела стопы выкладка сводов начинается на расстоянии 0,2Д и заканчивается на расстоянии 0,68Д по внутреннему краю и 0,58Д – по наружному. Максимальная высота выборки продольного свода располагается по осевой линии в сечении 0,55Д.

Наибольшая глубина выборки в малодетских и детских колодках должна быть в сечении 0,36Д, а на остальных 0,33Д, что соответствует пяточно-кубовидному сочленению стоп у детей дошкольного и школьного возраста.

Рельеф следа колодки для сводоподдерживающей стельки (полустельки) отличается большей глубиной выборки под выкладку внутреннего свода, которая достигает максимальной глубины в сечении 0,36Д, что совпадает с таранно-ладьевидным суставом.

Конструкция ортопедической колодки при плоско-вальгусной деформации стоп по следу имеет выборку под выкладку продольных сводов, которая начинается на расстоянии 0,20Д и заканчивается на расстоянии 0,64Д. Максимальная глубина выборки для выкладки внутреннего продольного свода расположена на расстоянии 0,41Д.

Форма и размеры выкладок могут различаться в каждом конкретном случае и учесть их точное местоположение в обуви при расчете параметров индивидуальной колодки представляется затруднительным. Поэтому для расчетов предлагается принимать примерное положение таких межстелечных слоев как выкладки продольных сводов. В основном, положение выкладок начинается примерно на расстоянии 0,2Д и заканчивается на расстоянии примерно 0,6Д. При этом максимальная высота выкладок находится на расстоянии от 0,36Д до 0,55Д. Измерение обхвата прямого взъема на колодке в сечении 0,55Д проходит под некоторым углом к продольной оси колодки и со стороны следа находится примерно в сечении 0,4Д (рис. 2.1). Следовательно, учесть высоту выборок сводов в обхвате колодки в сечении 0,55Д можно, если принять усредненное положение точек их максимальной высоты в сечении 0,4Д.

При назначении врачом метатарзального валика его положение (предпучковое, подпальцевое и др.), форма и размеры могут быть достаточно вариативны. Учитывать параметры метатарзального валика не представляется рациональным при расчете параметров индивидуальной колодки для подбора обуви.

Однако, адаптированность конструкции верха, как правило, имеющей широкую или полную раскрываемость и разведенные относительно центральной

линии берцы, позволяющие корректировать внутриобувной объем, снижает важность учета данного параметра.

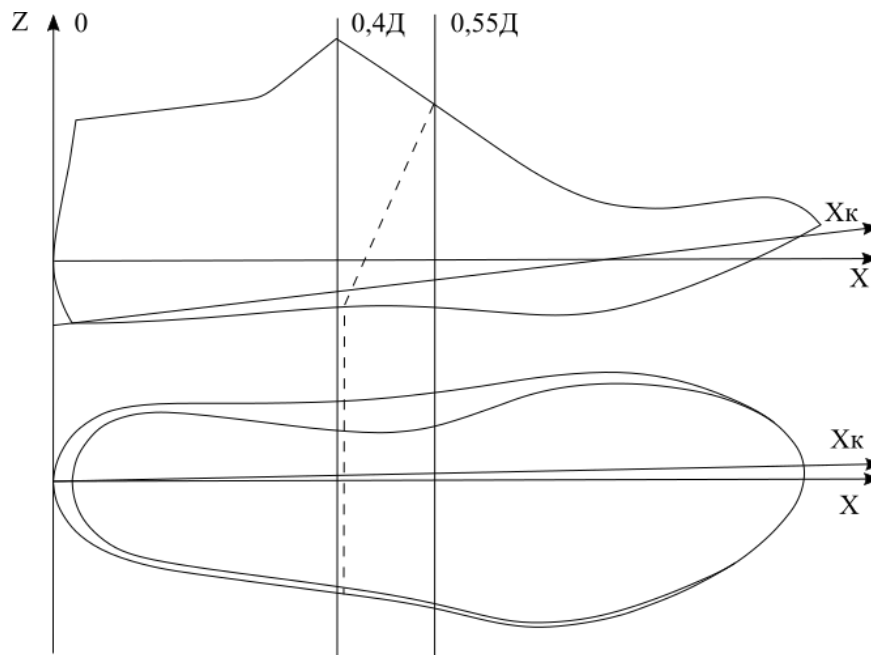


Рисунок 2.1 Схема измерения обхвата прямого взъема на колодке в сечении 0,55Д

В любом случае, вкладные ортопедические изделия при выдаче пациенту должны проверяться и при необходимости корректироваться. Дискомфортные ощущения или локальное избыточное давление устраняются уменьшением высоты межстелечного слоя.

При статических деформациях для коррекции установки (положения) стоп используются корригирующие межстелечные слои – пронатор и супинатор. Толщину приподнятости межстелечного слоя относительно наружного или внутреннего края стельки в зависимости от расположения в обуви также необходимо учитывать во внутриобувном пространстве. Необходимая высота приподнятости определяется индивидуально в зависимости от характера деформации.

При использовании пронатора или супинатора для выравнивания положения переднего отдела стопы необходимо закладывать дополнительную высоту детали в носочной части.

Применение общего пронатора или супинатора по всему следу стельки требует учета толщины в обхватах колодки в сечениях 0,55Д и 0,68/0,72Д, а также при расчете высоты носочной части в сечениях 0,9Д и 1Д.

Пронатор или супинатор в пяточной области требует использования таких конструкций, которые компенсировали бы высоту приподнятости края пятки: это могут быть ботинки, сапоги, полуботинки или туфли с высоким мягким кантом.

2.2 Методика расчета параметров индивидуальных ортопедических колодок

С учетом проведенного анализа принципов перехода от параметров стопы к параметрам рациональной обувной колодки с учетом применения вкладных ортопедических изделий (стелек) для оценки степени соответствия параметров ВФО данным стоп с помощью разрабатываемой методики предлагается использовать следующий набор параметров и формулы для их расчета:

1. Длину следа колодки предлагается рассчитывать по формуле (1).

2. Обхват колодки в середине пучков в сечении 0,68/0,72Д:

$$O_{к\ 0,68/0,72} = O_{с\ 0,68/0,72Д} \cdot (1 - (\nu + \varphi - \omega)/100) \cdot (1 + m\theta) + dO_{ст\ 0,68/0,72} \quad (25),$$

где $dO_{ст\ 0,68/0,72}$ – величина коррекции обхвата на толщину вкладной стельки:

$$dO_{ст\ 0,68/0,72} = 2 \cdot (t_{ст_осн} + t_{ст_верх}) \cdot K_{упр} + h_{ст_прон_полн} + h_{ст_суп_полн} \quad (26),$$

где: $t_{ст_осн}$ – толщина основы стельки;

$t_{ст_верх}$ – толщина верхнего покрывного слоя стельки;

$h_{\text{ст_прон_полн}}$ – высота пронатора (пронация выполняется по всей стельке);

$t_{\text{ст_суп_полн}}$ – высота супинатора по всему следу (супинация выполняется по всей стельке).

Так как в действительности полная пронация и супинация по следу не назначается одновременно, при расчете будет учитываться высота только одного из элементов межстелечного слоя. Значения высот и пронатора, и супинатора объединены в одной формуле для практических целей работы.

Коэффициент упрессовывания материалов стельки $K_{\text{упр}}$ варьируется условно от 0,2 до 0,6 в зависимости от применяемых материалов основного и покрывного (верхнего) слоев стельки.

3. Обхват колодки в области середины стопы в точке на гребне в сечении 0,55Д:

$$O_{\text{к } 0,55} = O_{\text{с } 0,55} \cdot (1 - (\nu + \varphi - \omega)/100) \cdot (1 + m\theta) + P_k + dO_{\text{ст } 0,55} \quad (27),$$

где: P_k – припуск, определяемый конструкцией верха обуви и видом подкладочного материала.

При этом толщина стельки $dO_{\text{ст } 0,55}$ в области прямого взъема колодки рассчитывается как:

$$dO_{\text{ст } 0,55} = 2 \cdot (t_{\text{ст_осн}} + t_{\text{ст_верх}}) \cdot K_{\text{упр}} + h_{\text{ст_прон_полн}} + h_{\text{ст_суп_полн}} + h_{\text{свод_вн}} \quad (28),$$

где: $h_{\text{свод_вн}}$ – величина зазора на экскурсию внутреннего свода, определяемая его высотой.

4. Значение оптимальной высоты носочной части в области основной фаланги первого пальца в сечении 0,9Д предлагается рассчитывать следующим образом:

$$H_{к 0,9} = H_{с 0,9} \cdot (1 + m\theta) + P_h + \Delta H_{ст 0,9} \quad (29),$$

где: $H_{с 0,9}$ – высота основной фаланги первого пальца стопы;

P_h – припуск на свободное положение пальцевого отдела стопы по высоте в носочной части колодки; примем условное значение $P_h=3\text{мм}$;

$\Delta H_{ст 0,9}$ – величина коррекции высоты на толщину вкладной стельки:

$$\Delta H_{ст 0,9} = 2 \cdot (t_{ст_осн} + t_{ст_верх}) \cdot K_{упр} + h_{ст_прон_полн} + h_{ст_суп_полн} \quad (30),$$

$$+ h_{ст_прон_0,9} + h_{ст_суп_0,9}$$

где: $h_{ст_прон_0,9}$ – высота пронатора пронатора (выполняется в носочной части стельки);

$h_{ст_суп_0,9}$ – высота супинатора (выполняется в носочной части стельки).

5. Значение оптимальной высоты носочной части в области ногтевой фаланги первого пальца в сечении 1Д вычисляется по аналогии с формулой (29):

$$H_{к 1} = H_{с 1} \cdot (1 + m\theta) + P_h + \Delta H_{ст 1} \quad (31),$$

где: $H_{с 1}$ – высота ногтевой фаланги первого пальца стопы;

$\Delta H_{ст 1}$ – величина коррекции высоты на толщину вкладной стельки, вычисляется по аналогии с формулой (30):

6. Значение ширины следа колодки в середине пучков в сечении 0,68Д для закрытой обуви с низкой и средней высотой приподнятости пяточной части, с верхом из натуральной кожи предлагается рассчитывать как:

$$W_{\text{след}_k 0,68} = ((W_{\text{габ}_c 0,68} + W_{\text{отп}_c 0,68}) \cdot 0,5) \cdot (1 + m\theta) \quad (32),$$

где: $W_{\text{габ}_c 0,68}$ – ширина габаритной проекции стопы в сечении 0,68Д;

$W_{\text{отп}_c 0,68}$ – ширина отпечатка стопы в сечении 0,68Д;

Обычно контур следа в этой области с учетом указанных особенностей конструкции обуви проектируется по ширине отпечатка стопы. Для повышения комфортности ортопедической обуви предлагается ширину следа принять как среднее между значениями ширины отпечатка и габаритной проекции стопы для повышения комфортности.

7. Значение ширины следа колодки в середине пятки в сечении 0,18Д для закрытой обуви с низкой и средней высотой приподнятости пяточной части, с верхом из натуральной кожи предлагается рассчитывать, как среднее между значениями ширины отпечатка и габаритной проекции стопы:

$$W_{\text{след}_k 0,18} = ((W_{\text{габ}_c 0,18} + W_{\text{отп}_c 0,18}) \cdot 0,5) \cdot (1 + m\theta) \quad (33),$$

где: $W_{\text{габ}_c 0,18}$ – ширина габаритной проекции стопы в сечении 0,18Д;

$W_{\text{отп}_c 0,18}$ – ширина отпечатка стопы в сечении 0,18Д.

8. Значение ширины следа колодки в геленочной области в сечении 0,4Д для закрытой обуви с низкой высотой приподнятости пяточной части, с верхом из натуральной кожи предлагается рассчитывать, как среднее между значениями ширины отпечатка и габаритной проекции стопы:

$$W_{\text{след}_k 0,4} = ((W_{\text{габ}_c 0,4} + W_{\text{отп}_c 0,4}) \cdot 0,5) \cdot (1 + m\theta) \quad (34),$$

где: $W_{\text{габ}_c 0,4}$ – ширина габаритной проекции стопы в сечении 0,4Д;

$W_{\text{отп}_c 0,4}$ – ширина отпечатка стопы в сечении 0,4Д.

9. Ширина габарита колодки в области середины пучков в сечении 0,68Д:

$$W_{\text{габ}_k 0,68} = W_{\text{габ}_c 0,68} \cdot (1 - K_{\text{ш}0,68}) \cdot (1 + m\theta) \quad (35),$$

где: $W_{\text{габ}_c 0,68}$ – ширина габаритной проекции стопы в сечении 0,68Д;

$K_{\text{ш}0,68}$ – коэффициент перехода для расчета широтных параметров по линии габарита колодок.

10. Ширина габарита колодки в области пятки в сечении 0,18Д:

$$W_{\text{габ}_k 0,18} = W_{\text{габ}_c 0,18} \cdot (1 - K_{\text{ш}0,18}) \cdot (1 + m\theta) \quad (36),$$

где: $W_{\text{габ}_c 0,18}$ – ширина габаритной проекции стопы в сечении 0,18Д;

$K_{\text{ш}0,18}$ – коэффициент перехода для расчета широтных параметров по линии габарита колодок.

Для расчета степени соответствия параметров берцовой области ботинок или голенищ сапог также дополнительно могут быть введены параметры голени, обмеренные с некоторым интервалом (на уровнях над лодыжками, наибольшего развития икроножных мышц и др.). Однако первостепенное значение имеет определение степени соответствия той части внутренней формы обуви, которая получается с помощью формования на колодке.

На основе сформулированной гипотезы о реализации оценки соответствия данных ВФО форме и размерам стопы путем сравнения параметров

индивидуальной и базовой колодок следует, что их параметры могут отличаться в различной степени.

На практике достижение идеального соответствия параметров ВФО форме и размерам стопы является маловероятным. Поэтому логичным будет предположить допустимость отклонения параметров фактической базовой колодки от рациональных в различных пределах, или *диапазонах*.

Для выявления таких диапазонов проанализируем возможные результаты практического подбора малосложной ортопедической обуви в ходе реальной примерки.

Стоит отметить, что обеспечение пациентов малосложной обувью в некоторых случаях возможно и при более сложных патологиях, например при плоскостопии третьей степени. Подбор готовой ортопедической обуви оправдан с точки зрения временных и производственных затрат. Поэтому специалист может предположить возможность обеспечения пациента готовой обувью, опираясь на положительный практический опыт подбора изделий для пациентов со схожими деформациями.

Возможны следующие результаты подбора готовой малосложной ортопедической обуви.

1. У пациента отсутствуют дискомфортные ощущения в момент примерки. По органолептической оценке специалиста, контролирующего процесс, обувь соответствует форме и размерам стоп пациента и является рациональной. При этом допускается внесение корректировок в конструкцию стандартной вкладной стельки или ее замена на индивидуально изготовленную в соответствии с медицинскими назначениями. Возможны также незначительные доработки в конструкции верха, например, подгонка длины ремней, выступающих в качестве фиксаторов обуви на стопе, и др.

2. По заключению специалиста имеются устранимые несоответствия обуви стопам пациента. В частности, обхватные параметры могут быть адаптированы

с помощью доработки вкладных стелек, элементов верха обуви, в основном, в области голени способами, рассмотренными в п. 1.2.

3. Обувь не соответствует большинству параметров или отдельным участкам стоп пациента. У пациента возникают дискомфортные ощущения в процессе примерки. Готовая обувь является неподходящей. Устранить несоответствия локальной доработкой крайне затруднительно и не представляется рациональным. Требуется индивидуальное изготовление.

В рассмотренных случаях разное соответствие параметров внутренней формы готовой обуви данным стоп при реальной примерке можно условно разделить на три категории и оценить как рациональное соответствие, устранимое несоответствие, неустранимое несоответствие.

С учетом сформулированных категорий при опосредованной оценке соответствия параметров ВФО данным стоп величины отклонений фактических параметров колодки от рассчитанных индивидуальных в большую и меньшую сторону в каждом отдельном случае будут разными.

Так, для *первой категории* параметры фактической колодки близки к рациональным рассчитанным. Границы диапазонов соответствуют допустимым с точки зрения нормального функционирования стопы отклонениям параметров фактической колодки в большую и меньшую сторону от расчетных.

Для *второй категории* при устранимом несоответствии тех параметров, которые могут быть доработаны, верхняя и нижняя границы диапазонов допустимых значений будут несколько шире, чем в первом случае. При этом возможные варианты доработки определяются рациональностью их внесения как с точки зрения комфортности и соблюдения медицинских требований, так и внешнего вида модели.

Третья категория предполагает индивидуальное изготовление обуви. Это тот случай, когда оценка соответствия ВФО данным стоп имеет значение при подборе оптимальной колодки для доработки. Значения допустимых отклонений

параметров должны быть обоснованы рациональностью вносимых в колодку изменений и их объемом.

С учетом вышеизложенного приведем обоснование величин допустимых отклонений параметров базовой колодки от расчетных параметров индивидуальной для трех диапазонов.

Преобразуем формулы (1) и (4) для нахождения значения отклонений для трех диапазонов в меньшую сторону для параметра длины следа:

$$D_{(\min 1,2,3)Д} = (Д + 10) - (Д - C_{п} + P_1) = 10 + C_{п} - P_1 \quad (37)$$

Отклонения в большую сторону от оптимального значения длины следа, определяемого по формуле (1), предлагается принять равным примерно половине штихмассового размера: 3-3,5мм.

Результаты исследований, проведенных А. В. Павлиным, показали разность восприятия степени давления покупателями, участвовавшими в эксперименте в ходе массового подбора обуви [123]. Уменьшение периметра сечения внутренней формы обуви на 3,6мм, вызывающее давление $P=5,3 \cdot 10^5 \text{Па}$, большинством испытуемых не ощущалось. При уменьшении периметра на 6,2мм давление $P=8,6 \cdot 10^5 \text{Па}$ становилось более ощутимым и характеризовалось некоторыми носчиками как допустимое, а другими – как нежелательное. При уменьшении обхвата сечения ВФО на 8,8мм и достижении давления $P=1,3 \cdot 10^6 \text{Па}$ всеми отмечалось как неприемлемое.

Рекомендуется изготавливать обувь минимум в трех полнотах – узкой, средней и широкой, что, например, для закрытой обуви бытового назначения 6-9 половозрастных групп соответствует 2, 4 и 6 полнотам в метрической системе нумерации [121]. Таким образом, потребитель, параметры стоп которого соответствуют промежуточной полуполноте между, например, узкой (2-я полуполнота) и средней (4-я полуполнота), сможет подобрать себе обувь с отклонением на одну полуполноту, то есть на 3-4мм в большую или меньшую стороны, что соответствует интервалу безразличия, установленного А. В.

Павлиным. Поэтому, для обхвата в середине пучков 0,68/0,72Д и обхвата прямого взъема 0,55Д для первого диапазона значений отклонения в большую и меньшую сторону предлагается принять равными 3-4мм.

Для второго диапазона значений отклонение в меньшую сторону может быть принято до 6,2мм с учётом возможности доработки готовой обуви путем растяжения верха на специальном оборудовании. В большую сторону – на 2 полуполноты до 6-8мм с учетом возможности коррекции внутриобувного объёма с помощью вкладной стельки.

Величины отклонений для третьего диапазона для всех параметров могут варьироваться по усмотрению специалиста (колодочника) на основе его практического опыта.

Значения отклонений обуславливаются определенной толщиной применяемых набивок, либо величиной уменьшения объема колодки. Целесообразно проводить локальную доработку колодки указанными способами при необходимости более существенного изменения ее формы и размеров в соответствии с индивидуальной морфологией стоп пациента. При сужении значений допустимых отклонений для третьего диапазона вероятность подбора колодки для доработки снизится. Поэтому, для практических целей экспериментально предлагается принимать расширенные значения отклонений параметров для третьего диапазона. При этом рационально задавать более широкие диапазоны значений параметров для увеличения объема тела колодки и более узкие для уменьшения.

Предлагается установить следующие условные значения отклонений третьего диапазона для обхвата в середине пучков 0,68/0,72Д и обхвата прямого взъема 0,55Д:

- в меньшую сторону – условно до 10-20мм (на прибавление объёма колодки)
- в большую сторону – условно 10-15мм (на уменьшение объёма колодки);

Отклонения для габаритных параметров по ширине в сечении 0,68Д справедливо будет принять по принципу определения значений отклонений для области середины пучков в сечении 0,68/0,72Д:

- для первого диапазона на одну полуполноту в большую и меньшую стороны;
- для второго диапазона – на две полуполноты в меньшую сторону с учетом возможности растяжения верха обуви в области пучков; в большую сторону рациональным будет принять значения отклонений равным одной полуполноте во избежание снижения надежности фиксации обуви на стопе из-за избыточного объёма ВФО;

Для третьего диапазона значения отклонений предлагается принять условно равными:

- в меньшую сторону – до 10-15мм (на прибавление объема);
- в большую сторону – до 7-10мм (на уменьшение объема).

Для габаритных параметров в области пятки в сечении 0,18Д отклонения следует принять одинаковыми для первого и второго диапазонов. Из-за жестких каркасных деталей пяточная область имеет низкие свойства приформовываемости, а лишний объём не может быть скомпенсирован за счет вкладных элементов. Следовательно, данная область в готовой обуви не может быть доработана. Поэтому отклонения в большую и меньшую стороны должны быть минимальными. Предлагается принять отклонения равными одной-двум полуполнотам в меньшую сторону и двум-трем в большую.

Для третьего диапазона значения отклонений примем условно равными:

- в меньшую сторону – 5-7мм (на прибавление объема);
- в большую сторону – 4-5мм (на уменьшение объема).

ГОСТ 3927-88 определяет два параметра ширины следа в сечениях 0,18Д и 0,68Д. Значение ширины следа в разных зонах зависит от типа обуви, высоты каблука и половозрастной группы. Колодки трех смежных полнот (например, 3, 4 и 5) могут изготавливаться с одним унифицированным следом по ширине. Это

означает, что для стопы ширина следа обуви в сечениях 0,18Д и 0,68Д может варьироваться в пределах одной полноты в большую или меньшую сторону. Это, в первую очередь, обуславливается необходимостью унификации формованных деталей низа и оснастки для их изготовления для обуви смежных полнот.

Таким образом, допустимо было бы принять одну и ту же ширину следа при отклонении параметров в большую и меньшую сторону. Однако, учитывая, что подбор обуви будет вестись для стоп, как минимум, с начальными стадиями деформаций, для повышения комфортности рационально будет заложить отклонение в большую сторону на две полуполноты для первого диапазона, а также для второго, так как доработка готовой обуви по ширине следа невозможна.

Минимальные допустимые значения параметров предлагается принять равными ширине отпечатка стопы с учетом приращений по полноте в зависимости от сезона носки и применяемых подкладочных материалов.

Также следует учесть возможные погрешности при получении плантограммы и заложить дополнительно примерно 1мм в большую и меньшую стороны. Тогда величина минимальных отклонений для первого и второго диапазонов определяется как разница между оптимальным и минимально допустимым значениями ширины следа в сечение 0,68Д:

$$D_{(\min 1,2) \text{ сл_к } 0,68} = ((W_{\text{габ_с } 0,68} - W_{\text{отп_с } 0,68}) \cdot 0,5 - 1) \cdot (1 + m\theta) \quad (38)$$

Для третьего диапазона отклонения также могут быть установлены по усмотрению специалиста. Экспериментально предлагается принять значения отклонений параметров колодки для индивидуальной доработки:

- в меньшую сторону – 5-10мм (на прибавление объёма);
- в большую сторону – 5-7мм (на уменьшение объёма);

Значения отклонений параметров для первого и второго диапазонов для ширины следа в сечении 0,18Д в большую сторону также предлагается принять

равными двум полуполнотам, в меньшую сторону – рассчитывать аналогичным по формуле (38) с подстановкой соответствующих обозначений.

Значения отклонений параметров для третьего диапазона могут быть установлены условно равными:

- в меньшую сторону – 4-7мм (на прибавление объёма);
- в большую сторону – 3-4мм (на уменьшение объёма);

В области внутреннего свода в сечении 0,4Д разница между шириной отпечатка и габаритной проекции стопы может быть достаточно вариативной в зависимости от степени деформации. На основе эмпирического опыта модификации ортопедических колодок предлагается принять отклонение в большую и меньшую стороны относительно предполагаемого контура следа индивидуальной колодки условно равным 25% от разницы между шириной отпечатка и шириной габаритной проекции стопы. Тогда расчет отклонения значения ширины следа в сечении 0,4Д для закрытой обуви на низком каблуке будет иметь вид:

$$D_{(max1,2),(min1,2)сл_к\ 0,4} = ((W_{габ_с\ 0,4} - W_{отп_с\ 0,4}) \cdot 0,25 \quad (39)$$

Данный расчет отклонений предлагается принять для первого и второго диапазонов в большую и меньшую стороны. Для третьего диапазона могут быть приняты большие значения отклонений, например, до 50% от разницы между шириной отпечатка и шириной габаритной проекции стопы:

$$D_{(max3),(min3)сл_к\ 0,4} = ((W_{габ_с\ 0,4} - W_{отп_с\ 0,4}) \cdot 0,5 \quad (40)$$

Для параметров высоты в носочной части в сечениях 0,9Д и 1Д минимальные значения отклонений для первого и второго диапазонов предлагается принять равными не более 2мм от оптимального расчетного значения.

Отклонение параметров колодки в носочной части в большую сторону не окажет существенного влияния на ощущения впороности обуви с точки зрения нормального функционирования стопы, поэтому для возможности проведения анализа значения могут быть приняты условно равными 5мм.

Для третьего диапазона отклонения устанавливаются также экспериментально с учетом рациональности вносимых изменений. Например, могут быть приняты отклонения в меньшую и большую стороны до 7-10 мм на увеличение или уменьшение объема колодки.

Так как предложенные значения отклонений для третьего диапазона являются условными, то они могут быть скорректированы по усмотрению специалиста в ходе практического применения разрабатываемых решений.

В таблице 2.6 представлены значения отклонений параметров для трех диапазонов, где:

- $D_{\min 1}$, $D_{\min 2}$, $D_{\min 3}$ – значения отклонений параметров в меньшую сторону по первому, второму и третьему диапазонам;

- $D_{\max 1}$, $D_{\max 2}$, $D_{\max 3}$ – значения отклонений параметров в большую сторону по первому, второму и третьему диапазонам.

Таблица 2.6 Значения отклонений параметров колодок для трех диапазонов

№	Параметр колодки	Значения отклонений параметров колодок в большую и меньшую стороны для трех диапазонов (в полуполнотах (пп), мм, расчет по формулам)					
		Диапазон 1		Диапазон 2		Диапазон 3	
		$D_{\min 1}$	$D_{\max 1}$	$D_{\min 2}$	$D_{\max 2}$	$D_{\min 3}$	$D_{\max 3}$
1.	Длина следа	Формула (37)	3-3,5мм	Формула (37)	3-3,5мм	Формула (37)	3-3,5мм
2.	Обхват в середине пучков в сечении 0,68/0,72Д	1пп 3-4мм	1пп 3-4мм	1,5пп 6,2мм	1,5-2пп 6-8мм	10-20мм	10-15мм
3.	Обхват в прямом взъеме в сечении 0,55Д	1пп 3-4мм	1пп 3-4мм	1,5пп 6,2мм	1,5-2пп 6-8мм	10-20мм	10-15мм
4.	Высота носочной части в сечении 0,9Д	2мм	5мм	2мм	5мм	5-10мм	7-10мм

Продолжение таблицы 2.6

№	Параметр колодки	Значения отклонений параметров колодок в большую и меньшую стороны для трех диапазонов (в полуполнотах (пп), мм, расчет по формулам)					
		Диапазон 1		Диапазон 2		Диапазон 3	
		D _{min1}	D _{max1}	D _{min2}	D _{max2}	D _{min3}	D _{max3}
5.	Высота носочной части в сечении 1Д	2мм	5мм	2мм	5мм	5-10мм	7-10мм
6.	Ширина следа колодки в середине пучков в сечении 0,68Д	Формула (38)	2п+1мм 3,3мм	Формула (38)	2п+1мм 3,3мм	5-10мм	5-7мм
7.	Ширина следа колодки в середине пятки в сечении 0,18Д	Формула (38)	2п+1мм 2,6мм	Формула (38)	2п+1мм 2,6мм	4-7мм	3-4мм
8.	Ширина следа колодки в геленочной области в сечении 0,4Д	Формула (39)	Формула (39)	Формула (39)	Формула (39)	Формула (40)	Формула (40)
9.	Ширина габарита колодки в области середины пучков в сечении 0,68Д	1пп 1,5мм	1пп 1,5мм	2пп 3мм	1пп 1,5мм	5-6пп 10-15мм	5пп 7-10 мм
10.	Ширина габарита колодки в области пятки в сечении 0,18Д	1-2пп 1-2мм	2-3пп 2-3мм	1-2пп 1-2мм	2-3пп 2-3мм	5-7пп 5-7мм	4-5пп 4-5мм

2.3 Расчет комплексного показателя соответствия параметров колодок

Для обоснования способа оценки степени соответствия внутренней формы обуви антропометрическим параметрам стопы обратимся к теоретическим основам квалиметрии.

Квалиметрия как самостоятельная наука об оценивании качества любых объектов сформировалась в конце 60-х гг. XX в. Ее появление было обусловлено насущной необходимостью более эффективного и научно обоснованного управления качеством производимой продукции [128,129].

Квалиметрия – научная область и учебная дисциплина о методах количественного оценивания качеств различных объектов. Численные оценки качеств и отдельных свойств объектов используются при обосновании и

принятии управленческих решений для последующего обеспечения и улучшения сущности предметов, явлений и иных процессов, а также для управления видами деятельности, связанными с менеджментом качества.

Объектом квалиметрии может быть все, что представляет собой нечто цельное, что может быть вычленено для изучения, исследовано и познано. *Предметом* квалиметрии является оценка качества в количественном его выражении.

В настоящее время квалиметрия начинает объединять не только методы оценки качества различных видов продукции, но и методы оценки качества предметов, не являющихся продукцией, и различных процессов.

Так как качество объекта проявляется в первую очередь через его свойства, т. е. через объективные особенности объекта, то считается, что для оценки качества необходимо:

- 1) определить перечень (номенклатуру) тех свойств, совокупность которых в достаточно полной мере характеризует качество объекта;
- 2) измерить свойства, т. е. определить их численные значения;
- 3) аналитически сопоставить полученные данные с подобными характеристиками другого объекта, принимаемого за образец или эталон качества.

Если за исходный объект, который не является конечной продукцией, но качество которого необходимо оценить, принять обувную колодку, то ее отдельные параметры будут выступать в качестве единичных базовых показателей, характеризующих то или иное свойство. Перечень таких параметров определен ранее в п. 2.2.

На этапе измерений получаем объективные сведения о параметрах фактической колодки в виде численных значений и рассчитываем параметры «эталона», «или базового образца» – индивидуальной колодки.

На этапе анализа различной продукции, т. е. сопоставления данных, исследование качества во многом носит субъективный характер.

Субъективность заключается в самом выборе «базового образца», или эталона качества, с параметрами которого сопоставляются параметры исследуемого объекта.

При оценивании качества иногда рекомендуется принимать для сравнения «идеальный» образ необходимого качества, которому редко когда отвечает выбранный эталон.

Даже идеальный эталон не может удовлетворить всех, так как потребности, интересы, взгляды на ценности объектов у всех людей разные.

Для оценки соответствия ВФО параметры так называемой «эталонной» индивидуальной колодки рассчитываются на основе антропометрических данных стоп конкретного пациента, и, можно сказать, идеализируются для него лично, что отвечает рекомендациям при выборе образца для сравнения. Такой подход позволяет максимально удовлетворить требования вполноты обуви для конкретного пациента.

Для обоснования подхода к аналитическому сопоставлению рассчитанных параметров индивидуальной колодки с параметрами базовых колодок проведен анализ существующих методов оценки уровня качества продукции, в результате которого выбран комплексный метод оценки уровня качества, предусматривающий использование комплексных показателей совокупностей свойств. Этот метод применяют в тех случаях, когда необходимо наиболее точно оценить качество сложного изделия.

Комплексный показатель совокупности свойств K зависит от «взвешенных» параметров учитываемых свойств k_i , т. е. от показателей отдельных свойств с учетом их весомости, значимости для K . Следовательно,

$$K = f(k_i) \quad (39),$$

где: k_i – величина, характеризующая размер i -го свойства с учетом его значимости;

$i = 1, 2, 3, \dots, n$; n – общее число учитываемых свойств.

Уровень качества продукции при использовании комплексного метода – это отношение комплексного показателя совокупности свойств оцениваемого объекта $K_{\text{оц}}$ к соответствующему показателю базового образца $K_{\text{баз}}$, т. е.:

$$y_k = \frac{K_{\text{оц}}}{K_{\text{баз}}} \quad (40)$$

В комплексном показателе совокупности различных свойств K должна быть учтена значимость (весомость) каждого из них, т. е. степень влияния величин отдельных свойств на итоговый показатель (уровень) качества.

Количественная характеристика значимости данного показателя среди других показателей является коэффициентом весомости.

При нахождении значения комплексного показателя совокупности характеристик свойств необходимо величину параметра каждого из множества свойств «взвесить», т. е. умножить на соответствующий коэффициент весомости.

При комплексном методе оценивания качества определяют так называемые средневзвешенные значения совокупностей всех учитываемых свойств.

При условии ограничений на предельные значения показателей свойств и с учетом их значимости рекомендуется рассчитывать взвешенные арифметические значения таких свойств по формуле:

$$k_i = 1 + \left(\frac{P_{i \text{ оц}} - P_{i \text{ баз}}}{P_{i \text{ баз}} - P_{i \text{ пр}}} \right) \cdot a_i \quad (41)$$

или:

$$k_i = 1 + \left(\frac{P_{i \text{ баз}} - P_{i \text{ оц}}}{P_{i \text{ пр}} - P_{i \text{ баз}}} \right) \cdot a_i \quad (42),$$

где: $P_{i_{\text{оц}}}$ – значения i -го единичного показателя свойств оцениваемой продукции;

$P_{i_{\text{баз}}}$ – значения i -го единичного показателя свойств базового образца;

$P_{i_{\text{пр}}}$ – предельное значение параметра i -го свойства;

a_i – коэффициент весомости i -го свойства.

В приведенных формулах для отдельных параметров сразу рассчитывается их соответствие с учетом их весомости.

Для целей настоящей работы предлагается сначала рассчитывать значение отклонения $O(i)$ оцениваемого фактического значения параметра $P_{\phi}(i)$ от рекомендованного расчетного $P_p(i)$ по формуле:

$$O(i) = \frac{|\Delta P(i)|}{D(i)} = \frac{|P_{\phi}(i) - P_p(i)|}{D(i)} \quad (43)$$

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

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

При этом, 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).

Оценка параметра $K(i)$ выражается как:

$$K(i) = 1 - O(i) \quad (44)$$

Полученная величина $K(i)$ является частным коэффициентом соответствия по i -му параметру.

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

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

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

Для оценки колодок по совокупности параметров нами предлагается рассчитывать *комплексный показатель соответствия* K_0 (45). При расчете комплексного показателя необходимо учесть влияние каждого отдельного параметра на итоговую оценку, поэтому для каждого параметра определяется весовой коэффициент.

$$K_0 = \sum_{i=1}^k (K(i) * V(i)) \quad (45),$$

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

$$\sum_{i=1}^k V(i) = 1 \quad (46)$$

Для нахождения весовых коэффициентов параметров с помощью метода ранжирования проведен онлайн-опрос экспертов в области проектирования обуви и ортопедического обеспечения [130], (приложение В).

В экспертную группу были включены высококвалифицированные специалисты в соответствующей опросу области: конструкторы, технологи, модельеры-колодочники, ортопеды.

Всего в опросе принял участие 31 эксперт.

Итоговые численные оценки значимости предложенных для ранжирования параметров определяются следующим образом:

- 1) все объекты оценивания (параметры) нумеруются произвольно;

- 2) эксперты ранжируют объекты по шкале порядка;
- 3) ранжированные ряды параметров, составленные экспертами, сопоставляются (таблица 2.6);
- 4) определяются суммы рангов каждого из параметров (таблица 2.7);
- 5) на основании полученных сумм рангов строят обобщенный ранжированный ряд;
- 6) обобщенные экспертные оценки значимости рассматриваемых объектов экспертизы, т. е. коэффициенты весомости параметров колодок, рассчитываются по формуле:

$$g_i = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{i,j}}{\sum_{i=1, j=1}^{n,m} Q_{i,j}} (g_j) \quad (47)$$

где: n – количество экспертов;

m – число оцениваемых показателей;

$Q_{i,j}$ – коэффициент весомости j -го показателя рангах (баллах), который дал i -й эксперт.

Таблица 2.7 Ряды рангов параметров колодок

№ эксперта	Ряды рангов параметров								
	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5	Q_6	Q_7	Q_8	Q_9
1	9	8	5	6	4	3	7	2	1
2	9	5	4	8	1	3	6	2	7
3	6	9	4	5	1	3	7	2	8
4	9	8	6	7	5	4	3	2	1
5	9	7	6	5	4	3	8	2	1
6	9	4	7	5	1	3	8	6	2
7	9	5	4	7	1	3	8	2	6
8	9	8	6	5	4	3	2	1	7
9	9	8	7	4	1	2	6	5	3
10	9	8	6	7	3	4	2	1	5
11	9	7	2	6	5	4	8	3	1
12	9	8	4	6	3	2	7	1	5
13	9	8	4	7	3	2	6	1	5
14	9	8	4	7	3	2	6	1	5
15	8	7	4	9	1	3	5	2	6
16	9	6	3	7	4	2	8	1	5
17	9	7	5	4	3	1	8	2	6

Продолжение таблицы 2.7

№ эксперта	Ряды рангов параметров								
	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆	Q ₇	Q ₈	Q ₉
18	9	8	7	6	5	4	3	2	1
19	7	9	8	5	1	2	3	4	6
20	9	8	7	6	3	2	4	1	5
21	9	8	5	7	3	2	4	1	6
22	9	8	5	6	4	1	3	2	7
23	8	5	4	6	3	2	7	1	9
24	9	6	3	2	1	4	7	8	5
25	6	9	2	7	1	4	5	3	8
26	9	8	7	5	4	3	6	2	1
27	9	7	6	4	3	6	8	5	1
28	4	8	6	3	1	2	7	5	9
29	9	5	7	4	6	3	8	2	1
30	9	8	6	7	5	3	4	2	1
31	8	9	7	6	3	2	5	1	4
Суммы рангов:	263	227	161	179	90	87	179	75	138

Q₁ – длина следа колодки Д;

Q₂ – обхват колодки в середине пучков в сечении 0,68/0,72Д;

Q₃ – обхват прямого взъема в сечении 0,55Д;

Q₄ – ширина следа колодки в середине пучков в сечении 0,68Д;

Q₅ – ширина следа колодки в геленочной области в сечении 0,4Д;

Q₆ – ширина следа колодки в середине пятки в сечении 0,18Д;

Q₇ – высота носочной части колодки в сечениях 0,9Д и 1Д;

Q₈ – ширина габарита колодки в области пятки в сечении 0,18Д;

Q₉ – ширина габарита колодки в области середины пучков в сечении 0,68Д.

Обобщённый ранжированный ряд, полученный на основе обработки результатов опроса мнений экспертной группы, имеет вид:

$$Q_1 < Q_2 < Q_4 < Q_7 < Q_3 < Q_9 < Q_5 < Q_6 < Q_8$$

Рассчитанные по формуле (47) коэффициенты весомости для каждого параметра представлены на диаграмме (рис. 2.2)

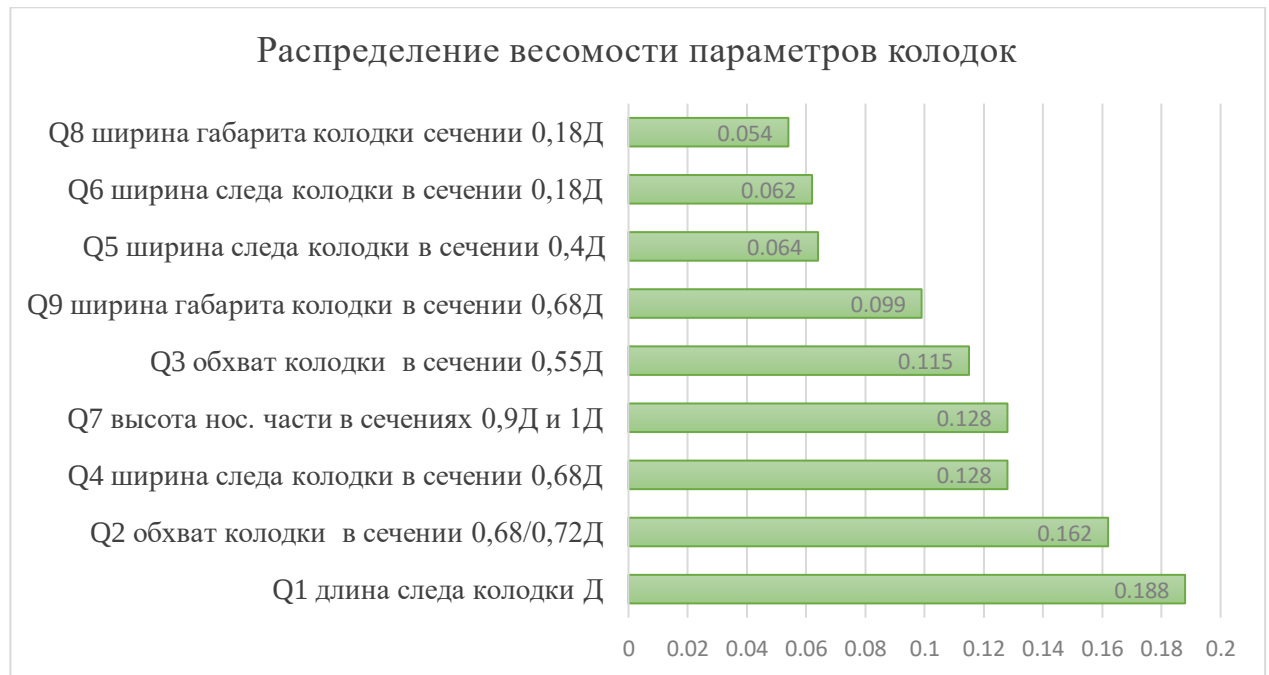


Рисунок 2.2 Диаграмма распределения весовости параметров колодок

Точность экспертных оценок определяют по согласованности мнений экспертов. Степень совпадения оценок экспертов, входящих в группу, характеризует качество экспертизы и выражается коэффициентом конкордации [129]:

$$W = \frac{12S}{n^2 (m^3 - m)} , \quad (48)$$

где: S – сумма квадратов отклонений рангов каждого параметра от среднего арифметического значения;

n – количество экспертов;

m – количество оцениваемых параметров.

При $W = 0$ фиксируется абсолютная несогласованность, а при $W = 1,0$ – полное совпадение мнений (оценок). По результатам расчета по формуле (43) согласованность мнений экспертов $W = 0,8$, что говорит о высокой точности экспертных оценок. Следовательно, полученные значения весовых коэффициентов могут быть приняты для расчета комплексного показателя (45).

Таким образом, с помощью предлагаемого способа расчета комплексно оценивается соответствие параметров ВФО параметрам стопы [131-133]. Кроме этого, учитывается влияние каждого отдельного параметра на итоговую оценку.

ВЫВОДЫ ПО ВТОРОЙ ГЛАВЕ

1. Разработана методика оценки степени соответствия параметров внутренней формы обуви антропометрическим параметрам стопы.

2. На основе анализа процессов ортопедического обеспечения пациентов определены три категории соответствия готовой ортопедической обуви при ее подборе. С учетом выделенных категорий предложено использовать три диапазона значений при расчете оценки соответствия параметров индивидуальной колодки и базовой.

2. Определены параметры колодки, по которым можно провести оценку на соответствие ВФО данным стоп. Обоснованы величины отклонений параметров колодки в рамках каждого диапазона в большую и меньшую стороны. На основе анализа принципов преобразования антропометрических данных в параметры рациональной обувной колодки предложена методика расчета параметров индивидуальных ортопедических колодок.

3. Предложена формула расчета комплексного показателя соответствия параметров рациональной и базовой колодок, учитывающая допустимые значения отклонений параметров для трех диапазонов и их значимость.

4. Предложено оценивать значимость параметров колодок при расчете соответствия параметров ВФО данным стоп с помощью весовых коэффициентов, установленных в ходе обработки результатов экспертного опроса. Высокая согласованность мнений респондентов позволяет принять полученные значения коэффициентов весомости для расчета комплексного показателя.

3. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КАСТОМИЗАЦИИ ОРТОПЕДИЧЕСКОЙ ОБУВИ

3.1 Структурно-функциональное представление системы кастомизации ортопедической обуви

Как было рассмотрено ранее массовая кастомизация предусматривает стандартизацию способов модификации изделия в условиях массового или серийного производства с использованием готовых сценариев и алгоритмов доработки. При этом, в целом, как подход кастомизация допускает значительное изменение исходных элементов базового изделия.

Доработка готовой обуви или индивидуализация конструктивно-технологической основы (КТО) стандартной модели по принципам кастомизации может осуществляться разными способами, которые при этом должны быть стандартизированы. Совокупность взаимосвязанных факторов и условий, задаваемых свойствами конкретных материальных объектов и влиянием абстрактных понятий (комфорт, эстетика, эргономика, степень соответствия изделия и др.) может быть представлена в виде системы, определяющей способ кастомизации.

Функционирование системы кастомизации ортопедической обуви обуславливает дифференциация заказов по типовым вариантам их выполнения. Варианты кастомизации формализуются на основе структурно-функциональной организации этой системы, представленной на схеме (рис. 3.1).

Структурно-функциональная организация системы кастомизации реализуется следующим образом. В результате подбора обуви и оценки ее параметров на соответствие данным стоп происходит распределение моделей по трем категориям соответствия.

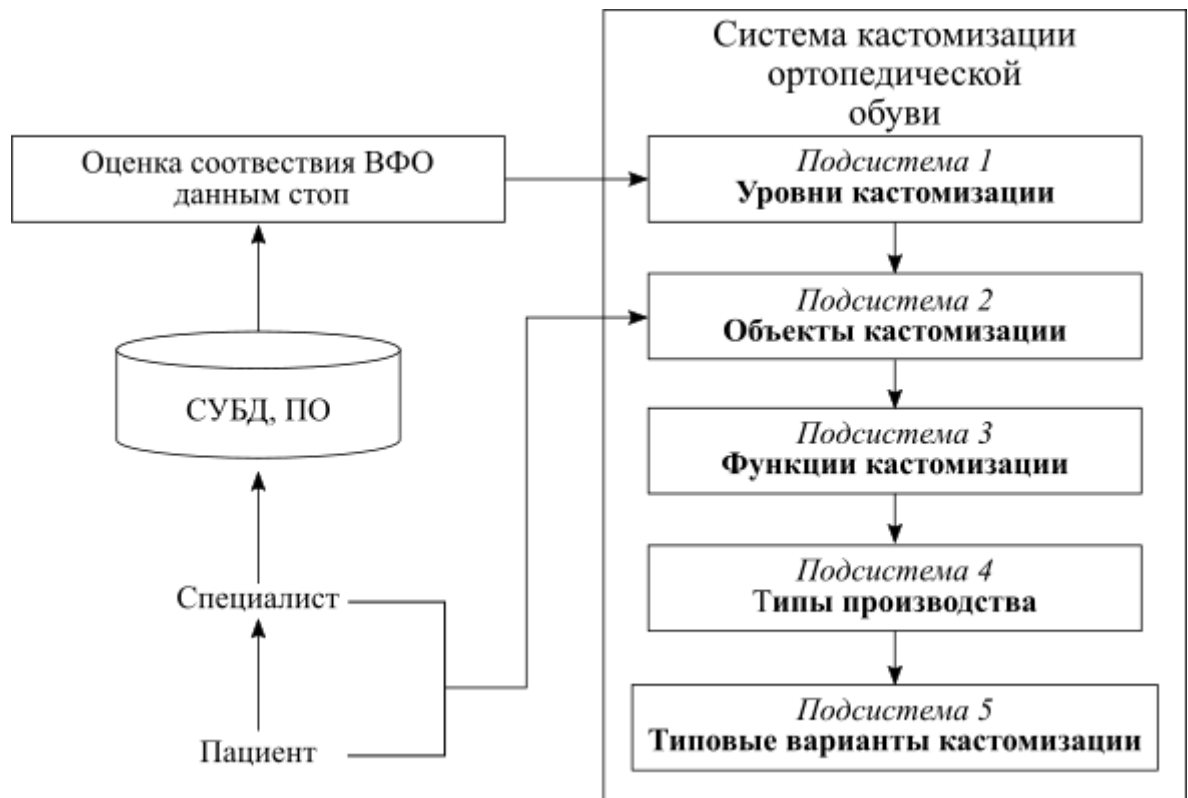


Рисунок 3.1 Структурно-функциональное представление системы кастомизации ортопедической обуви

Предложенные три категории соответствия предполагают три уровня сложности, выбор одного из которых происходит в подсистеме №1 «Уровень кастомизации». Таким образом, модели распределяются по уровням сложности их доработки.

Предлагаемая методика оценки предусматривает сопоставление наиболее значимых параметров ВФО и соответствующих им данных стопы. На основе значения коэффициента соответствия, найденного в результате проведенной оценки, модели обуви относятся к одному из уровней кастомизации в соответствии с категорией. При отнесении модели к первому и второму уровням не исключается фактическое локальное несоответствие, выявленное в результате непосредственной примерки, из-за возможных специфичных областей стопы, обусловленных патологией. На рисунке 3.2 приведен пример таких деформаций, которые могут требовать локальной доработки колодки в носочной части.



Рисунок 3.2 Пример деформаций переднего отдела стопы

При умеренно-выраженной деформации вероятность такого несоответствия сводится к минимуму, так как обувь подбирается из ассортимента, отвечающего особенностям патологии. На более сложные деформации или при сочетании нескольких патологий вероятность подбора готовой обуви снижается. Поэтому модель, отнесенная в результате анализа, например, первому уровню, в действительности может не всегда полностью соответствовать специфическому состоянию стопы.

Результаты оценки степени соответствия ВФО параметрам стоп с учетом всех необходимых требований к изделию носят прогностический характер. Это означает, что рекомендованные модели в рамках каждой категории могут требовать дополнительной проверки специалистом.

Кроме этого, вне зависимости от того, насколько отобранные модели отвечают антропометрическим параметрам и медицинским назначениям, пациент может субъективно оценивать уровень комфортности и внешнее исполнение модели. Даже при удовлетворительных значениях внутриобувных параметров не исключается возможность кастомизации модели по запросу пациента для улучшения ее эстетических и функциональных свойств, определяющих его индивидуальное восприятие комфортности.

В соответствии со способами ортопедического обеспечения объектом кастомизации может быть готовая малосложная ортопедическая обувь при ее подборе, либо конструктивно-технологическая основа базовой модели при ее индивидуальной доработке. В свою очередь, компоненты объектов, требующие модификаций, например, элементы конструкции готовой обуви, вкладные ортопедические детали, обувная колодка, материалы и др. определяются как специалистом, так и пациентом при поиске моделей и их оценке и/или в процессе непосредственной примерки.

Например, в процессе примерки рекомендуемой модели специалист уточняет, требуется ли доработка вкладных изделий; имеются ли локальные несоответствия формы стопы и ВФО и возможность их устранения в готовой обуви.

Таким образом, объекты кастомизации, включающие различные компоненты, выделяются в отдельную подсистему №2.

Для выбранных компонентов объектов в зависимости от характера предполагаемых изменений определяется функция кастомизации.

В основном, модификация изделия осуществляется в двух направлениях – для повышения эргономичности конструкции и улучшения внешнего исполнения модели. В этой связи выделены функции кастомизации, объединённые в подсистему №3.

Адаптационная функция – реализуется для повышения эргономичных свойств модели в соответствии с формой и размерами стоп и медицинскими показаниями.

Эстетическая функция – обеспечивается соответствующими возможностями производства на основе пожеланий пациента для улучшения внешнего вида базовой модели путем замены материалов, комплектующих, фурнитуры, способа отделки.

Адаптационно-эстетическая функция – включает одновременное улучшение эргономических и эстетических свойств модели.

Функции кастомизации конкретизируют содержание заказа. Выделенные функции соотносятся с видами кастомизации по характеру изменения продукта: *экспертная, модульная, смешанная*.

Экспертная кастомизация определяет набор доработок, направленных на улучшение функциональных свойств модели, поскольку именно специалист рекомендует возможные преобразования изделия, предназначенного, прежде всего, для поддержания или восполнения функций стопы и/или всей опорно-двигательной системы. При выполнении заказа окончательная конструкция изделия определяется локальными изменениями конструкторско-технологической основы базовой модели.

Модульная кастомизация ортопедической обуви может реализовываться на основе компонентного подхода к изготовлению элементов базовой модели из альтернативных материалов, с определенными видами отделки, набором комплектующих, с применением дополнительных декоративных деталей. То есть в целом данный подход отвечает задачам улучшения внешнего вида изделия и направлен на реализацию эстетической функции. Спецификация заказа учитывает изменения материалов, фурнитуры и комплектующих, отделки и деталей конструкции в виде декоративных элементов. По принципу модульной кастомизации конструкция базовой модели остается большей частью без изменений. В частных случаях форма основных деталей модели может быть изменена, если процесс их доработки стандартизирован и не требует значительных трудозатрат. Примером является изменение высоты берцев в модели ботинок, что может рассматриваться не только в контексте функциональных свойств модели, но и декоративных.

Смешанная кастомизация объединяет экспертный и модульный виды и реализует адаптационно-эстетическую функцию.

Определение уровня сложности доработки, компонентов объекта и функции кастомизации позволяет на основе характера вносимых изменений уточнить тип производства – индивидуальное или массовое/серийное.

В свою очередь это конкретизирует уровень вовлеченности специалистов и гибкость производственных процессов, то есть в какой степени необходимо отклониться от установленного технологического маршрута, который определяет последовательность операций и состав технологического оборудования.

Подсистема №5 «Типовые варианты кастомизации» включает стандартные решения по выполнению заказов, определяемые подсистемами 1-4.

Типовой вариант кастомизации содержит информацию об уровне сложности доработок и их назначении (функции), конкретных компонентов для выбранного объекта, на которые эти доработки будут направлены, необходимых производственных ресурсах. Корректное определение типового варианта кастомизации является залогом обоснованного подхода к изготовлению изделий в соответствии с имеющимися ресурсами без нарушения производственного плана и сроков изготовления.

3.2 Разработка типовых вариантов кастомизации ортопедической обуви

Дифференциация заказов основывается на различной степени изменения компонентов исходного изделия. Поэтому приведение способов доработки моделей к определенному типу кастомизации должно осуществляться с постепенным увеличением количества модифицируемых компонентов.

Количество компонентов, характер и объем вносимых изменений при кастомизации в разных ситуациях при подборе обуви будет зависеть не только от степени соответствия изделия, но и от других факторов, влияющих на принятие решения об ортопедическом обеспечении пациента.

Сформулируем возможные типовые варианты кастомизации при подборе обуви, обусловленные факторами, возникающими в процессе взаимодействия пациента и специалиста.

Первый уровень кастомизации. На первом уровне кастомизации в рамках характерного для него диапазона значений модели рекомендуются к

использованию без доработок, основные параметры ВФО максимально соответствуют данным стоп. Однако, в действительности по результатам фактической примерки и оценки специалистом впорности изделия, в том числе с учетом отзывов пациента, минимальная доработка готовой модели может потребоваться по причине частичного несоответствия внутренней формы обуви отдельно взятым специфическим областям стопы и голени, не входящие в число выбранных для сравнения параметров. Такая ситуация может привести к необходимости индивидуальной модификации с внесением локальных корректировок в конструктивно-технологическую основу модели.

Простейший *вариант кастомизации №1*: подбор готовой обуви с возможными минимальными корректировками верха и вкладных ортопедических изделий по принципу экспертного подхода.

В случае локального несоответствия модели по заключению специалиста внутренняя форма обуви дорабатывается корректировкой вкладной ортопедической стельки, частичной модификацией деталей верха обуви (голенища, берцы, ремни и др.).

При подборе моделей заранее могут быть заданы элементы, которыми необходимо дополнить вкладные ортопедические изделия согласно медицинским назначениям. Например, это может быть включение дополнительного межстелечного слоя – пронатора или супинатора в конструкцию стельки, либо замена стандартной стельки на подобранную готовую или индивидуально изготовленную.

Возможны незначительные корректировки конструкции верха обуви для повышения функциональности модели. В большинстве случаев предполагается доработка, не оказывающая существенного влияния на внешний вид изделия. Как правило, на практике такими деталями часто являются ремни, выполняющие функцию крепления.

Кастомизация носит массовый характер, так как дорабатывается уже готовое изделие, изготовленное в условиях массового/серийного производства.

В качестве кастомизируемых компонентов объекта принимаются детали конструкции верха готовой обуви, вкладные ортопедические изделия и их элементы.

Для однозначного определения типовых вариантов кастомизации ортопедической обуви включим в название вариантов объект и вид кастомизации, преобладающий тип производства, в рамках которого заказ выполняется. В таблице 3.1 представлен типовой вариант кастомизации ортопедической обуви №1 первого уровня.

Таблица. 3.1 Типовой вариант кастомизации на уровне 1

Уровень 1			
Вариант кастомизации №1			
Кастомизация	<i>по объекту:</i>	<i>по виду кастомизации:</i>	<i>по типу производства:</i>
	готовой обуви	экспертная	массовая
Функция	Адаптационная		
Компоненты	1. Вкладные ортопедические изделия		
	2. Детали верха обуви		

Вариант кастомизации №2: выполнение базовой модели из альтернативных материалов и готовых комплектующих, с возможной заменой отделки по запросу пациента.

При максимальном соответствии внутриобувных параметров для улучшения внешнего вида изделия по запросу заказчика модель может быть изготовлена по принципу модульной кастомизации: с заменой материалов верха, готовых деталей низа (подошвы), вида и способа отделки без внесения изменений в конструктивную основу.

Для повышения эффективности модульного подхода желательно заранее определять стандартные опции кастомизации.

Например, должно проводиться конфекционирование материалов для кастомизации конкретных моделей.

Таблица 3.2 Типовой вариант кастомизации №2

Уровень 1			
Вариант кастомизации №2			
Кастомизация	<i>по объекту:</i>	<i>по виду кастомизации:</i>	<i>по типу производства:</i>
	КТО стандартной модели	модульная	массовая
Функция	Эстетическая		
Компоненты	1. Наружные, внутренние детали верха обуви		
	2. Детали низа обуви (подошва)		
	3. Материалы, отделка		

Так как заказчик не может учесть всех нюансов, обусловленных технологическими и конструктивными аспектами, предложения по рациональной и обоснованной замене материалов, а также применению различных видов отделки и фурнитуры должны быть заранее сформулированы специалистами.

Для модульного подхода могут применяться каталоги моделей с указанными опциями кастомизации, либо онлайн-конфигураторы, позволяющие отражать модификации на реалистичных виртуальных моделях.

Вариант кастомизации №3: выполнение базовой модели из альтернативных материалов и готовых комплектующих, с возможной заменой отделки по запросу пациента с учетом рекомендаций специалиста по доработке или замене вкладного изделия, с локальной (минимальной) модификацией КТО при необходимости.

Данный типовой вариант кастомизации предусматривает изготовление стандартной модели по принципам модульной кастомизации на основе базовой конструкции по аналогии с предыдущим вариантом, включая при этом частичную доработку или замену вкладной ортопедической стельки. Применяется смешанная кастомизация, объединяющая экспертный и модульный подходы (табл.3.3).

Таблица 3.3 Типовой вариант кастомизации №3

Уровень 1			
Вариант кастомизации №3			
Кастомизация	<i>по объекту:</i>	<i>по виду кастомизации:</i>	<i>по типу производства:</i>
	КТО стандартной модели	смешанная	массовая
Функция	Адаптационно-эстетическая		
Компоненты	1. Наружные, внутренние детали верха обуви		
	2. Вкладные ортопедические изделия		
	3. Промежуточные ортопедические детали		
	4. Детали низа обуви (подошва)		
	5. Материалы, отделка		

Следует отметить, что ортопедическая стелька является отдельным съемным ортопедическим изделием, поэтому его подгонка или замена не всегда требует доработки других элементов готовой обуви. Несмотря на то, что обувь и вкладная стелька находятся в конструктивной взаимосвязи, имеется возможность разделить их доработку и производство. Например, в то время как обувь для конкретного пациента изготавливается в условиях массового/серийного производства, стелька в то же время может изготавливаться индивидуально по параметрам стопы. Поэтому доработка вкладного изделия может производиться при любом варианте кастомизации.

Если доработка элементов верха готовой обуви предположительно ухудшит внешний вид изделия, то в конструкцию могут быть внесены частичные изменения в соответствии с требуемыми параметрами на этапе конструкторской подготовки модели при индивидуальной модификации.

Допустимы дополнительные корректировки специальных промежуточных ортопедических деталей. Например, если необходимо видоизменить форму жесткого берца (удлинить крыло и др.), изменить форму передней линии подноски, либо добавить детали (смягчающие, жесткий бочок и др.).

Таким образом, в данном случае повысить эргономичность и улучшить внешнее стилистическое решение можно преимущественно с использованием ресурсов массового/серийного производства.

Разделение вариантов кастомизации в зависимости от опции замены материалов, отделки и комплектующих (подошвы, фурнитуры) имеет важное практическое значение. Для каждого заказа с такой опцией необходимо дополнительно затратить время на подбор требуемых материалов на складе сырья; переналадку швейного оборудования в случае применения ниток другого цвета, отличающегося от базовой модели, и пр. При сборке заготовки верха исполнителю нужно проявить особое внимание на измененную спецификацию модели, которая может включать дополнительные декоративные детали и др. Поэтому можно говорить о добавленной сложности заказа при замене стандартных материалов и комплектующих.

Вариант кастомизации №4: выполнение базовой модели по назначению специалиста, с внесением минимально необходимых корректировок в КТО.

Как упоминалось ранее, локальное несоответствие ВФО может возникнуть из-за специфического состояния стопы, параметры которой не могут быть в полной мере учтены при анализе моделей. Так, при отклонении первого пальца наружу, молоткообразных пальцах носочно-пучковая область базовой модели может быть адаптирована ручной доработкой колодки с использованием набивок.

Поэтому по результатам примерки рекомендуемой к подбору модели в рамках первого уровня специалистом может быть принято решение назначить изготовление базовой модели с локальной индивидуальной доработкой стандартной колодки.

Неустранимое несоответствие готовой обуви отвечает третьей условной категории, которая предполагает внесение значительных корректировок в основу модели при индивидуальной модификации изготовлении. Однако, если анализируемые параметры колодок (рассчитанные и фактические) соотносятся в

пределах первого диапазона значений, то несоответствие ВФО специфическим областям стопы, не учтенных при анализе, не говорит о необходимости резкого увеличения объема вносимых корректировок. Третий диапазон значений основных параметров значительно шире, чем первый, и, соответственно, подразумевает более существенные изменения основы модели.

Также как и в предыдущем варианте кастомизации дополнительно могут быть адаптированы детали верха обуви, включая промежуточные, элементы конструкции низа для повышения функциональности, вкладные ортопедические изделия. Сложность этого типа кастомизации определяется необходимостью локальной ручной доработки колодки. При этом объем вносимых изменений остается на минимальном уровне. (табл. 3.4).

Таблица 3.4 Типовой вариант кастомизации №4

Уровень 1			
Вариант кастомизации №4			
Кастомизация	<i>по объекту:</i>	<i>по виду кастомизации:</i>	<i>по типу производства:</i>
	КТО стандартной модели	экспертная	индивидуальная
Функция	Адаптационная		
Компоненты	1. Колодка		
	2. Наружные, внутренние детали верха обуви		
	3. Промежуточные ортопедические детали		
	4. Вкладные ортопедические изделия		
	5. Детали низа		

Вариант кастомизации №5: выполнение базовой модели из альтернативных материалов и готовых комплектующих, с возможной заменой отделки по запросу пациента, с внесением минимально необходимых корректировок в КТО.

Данный вариант кастомизации основан на предыдущем и включает доработку всех компонентов конструктивно-технологической основы базовой модели, реализуя одновременно эстетическую и адаптационную функции.

Объем вносимых изменений в каждый компонент объекта остаётся на уровне рассмотренных ранее вариантов кастомизации (табл.3.5).

Таблица 3.5. Типовой вариант кастомизации №5

Уровень 1			
Вариант кастомизации №5			
Кастомизация	<i>по объекту:</i>	<i>по виду кастомизации:</i>	<i>по типу производства:</i>
	КТО стандартной модели	смешанная	индивидуальная
Функция	Адаптационно-эстетическая		
Компоненты	1. Колодка		
	2. Наружные, внутренние детали верха обуви		
	3. Промежуточные ортопедические детали		
	4. Вкладные ортопедические изделия		
	5. Детали низа		
	6. Материалы, отделка		

Второй уровень кастомизации. На втором уровне кастомизации в рамках соответствующего диапазона рекомендуются модели, внутриобувные параметры которых по результатам анализа не полностью отвечают данным стоп, но могут быть доработаны в готовой обуви. Модели также рекомендуются к подбору с учетом заранее известного условия адаптации параметров внутренней формы готовой обуви, если необходимо изменить вкладные ортопедические элементы. Как и на первом уровне по итогам примерки готовой обуви не исключается необходимость индивидуальной модификации конструктивно-технологической основы модели.

Вариант кастомизации №6: подбор готовой ортопедической обуви для доработки.

Данный вариант кастомизации схож с вариантом №1, однако объем вносимых корректировок более существенный.

Для моделей, соответствующих первому уровню кастомизации, доработки потенциально могут потребоваться, что выясняется в результате непосредственной примерки.

На рассматриваемом уровне при подборе моделей по второму диапазону значений параметров необходимость доработок известна заранее еще до примерки. Нередки случаи, когда модели имеющегося в наличии ассортимента, не соответствует параметрам стоп пациента по полноте. Адаптация внутренней формы готовой обуви по полноте основана на возможности регулирования обхватных параметров в области пучков и подъема стопы. В этом случае могут быть доработаны вкладные ортопедические изделия, элементы конструкции верха обуви, например, путем заужения берцов или голенищ и др.(табл.3.6).

Таблица 3.6 Типовой вариант кастомизации №6

Уровень 2			
Вариант кастомизации №6			
Кастомизация	<i>по объекту:</i>	<i>по виду кастомизации:</i>	<i>по типу производства:</i>
	готовой обуви	экспертная	массовая
Функция	Адаптационная		
Компоненты	1. Вкладные ортопедические изделия		
	2. Детали верха обуви		

Вариант кастомизации №7. При соответствующих возможностях производства еще одной ситуацией при необходимости доработать обувь по полноте может быть решение о выполнении модели с индивидуальной модификацией конструктивно-технологической основы в условиях массового производства.

Обычно, в случае если необходимо уменьшить обхватные значения, то параметры колодки могут быть доработаны путем снятия лишнего объёма, что является нежелательной модификацией. Это сокращает срок службы колодки и с каждым разом усложняет ее доработку. Либо требуемые значения обхватов достигаются путем наращивания объёма колодки.

Предлагается альтернативный способ обеспечения соответствия ВФО индивидуальным параметрам стоп пациента по полноте с использованием принципов градирования. При отсутствии колодки требуемой полноты или

размера индивидуальная колодка может быть получена путем градирования имеющейся базовой. Для данного варианта кастомизации необходим предварительный расчет параметров базовых колодок в дополнительных полнотах и/или размерах для сравнения с параметрами рациональной колодки, рассчитанной по данным стоп пациента. В случае примерки реальной модели подходящего размера, но несоответствующей полноты вероятность применения предлагаемого варианта кастомизации дополнительно подтверждается или опровергается специалистом. Рациональность использования такого варианта кастомизации на данном уровне определяется оптимальным соответствием параметров ВФО стопам пациента при умеренно выраженной деформации и отсутствии специфических областей, которые потенциально могут требовать дополнительной локальной доработки (табл.3.7).

Таблица 3.7 Типовой вариант кастомизации №7

Уровень 2			
Вариант кастомизации №7			
Кастомизация	<i>по объекту:</i>	<i>по виду кастомизации:</i>	<i>по типу производства:</i>
	КТО стандартной модели	экспертная	массовая
Функция	Адаптационная		
Компоненты	1. Колодка		
	2. Наружные, внутренние детали верха обуви		
	3. Промежуточные ортопедические детали		
	4. Вкладные ортопедические изделия		
	5. Детали низа		

Поэтому подбор модели и колодки по параметрам, рассчитанным с использованием формул градирования, должен производиться по первому диапазону значений, чтобы соответствовать рассчитанным параметрам оптимальной колодки. Также предполагается градация конструктивной основы верха обуви. В частных случаях решение о необходимости градации конструкции верха обуви принимается модельером-конструктором.

Типовой вариант кастомизации №8. В качестве дополнения к предлагаемому варианту кастомизации № 7 может выступать эстетическая функция с заменой материалов, отделки, стандартных комплектующих базовой отградированной модели (табл.3.8).

Таблица 3.8 Типовой вариант кастомизации №8

Уровень 2			
Вариант кастомизации №8			
Кастомизация	<i>по объекту:</i>	<i>по виду кастомизации:</i>	<i>по типу производства:</i>
	КТО стандартной модели	экспертная	массовая
Функция	Адаптационно-эстетическая		
Компоненты	1. Колодка		
	2. Детали конструкции верха		
	3. Промежуточные ортопедические детали		
	4. Вкладные ортопедические изделия		
	5. Детали низа		
	6. Материалы, отделка		

Следующий *типовой вариант кастомизации №9:* неучтенные при анализе области стопы затрудняют внесение доработок в конструкцию готовой обуви, необходима индивидуальная доработка КТО базовой модели.

Для доработки полнотных параметров вручную потребуется использовать набивки, меняющие существенную область колодки. Либо индивидуальная колодка требуемой полноты градируется как в варианте кастомизации №7. При этом ее полная доработка может быть реализована также с использованием ручных локальных набивок в специфических областях, либо при цифровом моделировании, что позволит сразу получить полностью модифицированную форму при фрезеровании. Детали конструкции верха могут корректироваться не только в процессе градирования, но также с помощью частичных индивидуальных доработок (табл.3.9).

Таблица 3.9 Типовой вариант кастомизации №9

Уровень 2			
Вариант кастомизации №9			
Кастомизация	<i>по объекту:</i>	<i>по виду кастомизации:</i>	<i>по типу производства:</i>
	КТО стандартной модели	экспертная	индивидуальная
Функция	Адаптационная		
Компоненты	1. Колодка		
	2. Детали конструкции верха		
	3. Промежуточные ортопедические детали		
	4. Вкладные ортопедические изделия		
	5. Детали низа		

Типовой вариант кастомизации №10 основан на предыдущем с включением эстетической функции (табл. 3.10).

Таблица 3.10 Типовой вариант кастомизации №10

Уровень 2			
Вариант кастомизации №10			
Кастомизация	<i>по объекту:</i>	<i>по виду кастомизации:</i>	<i>по типу производства:</i>
	КТО стандартной модели	смешанная	индивидуальная
Функция	Адаптационно-эстетическая		
Компоненты	1. Колодка		
	2. Наружные, внутренние детали верха обуви		
	3. Промежуточные ортопедические детали		
	4. Вкладные ортопедические изделия		
	5. Детали низа		
	6. Материалы, отделка		

Третий уровень кастомизации. К третьему уровню кастомизации относятся модели, параметры внутренней формы которых не удовлетворяют данным стоп пациента, использование и доработка готовой обуви изначально невозможны. Анализ моделей на соответствие с помощью расширенных диапазонов значений позволяет подобрать колодки для индивидуального изготовления, параметры которых наиболее приближены к рассчитанным

параметрам рациональной индивидуальной колодки. В том числе в качестве основы могут быть рекомендованы параметры базовой колодки, полученные в результате градирования, которые также могут быть локально модифицированы. Для доработки колодки применяются набивки существенной площади и объема, большой объем изменений вносится в чертеж и детали конструкции верха по сравнению с двумя предыдущими уровнями.

Подбор моделей для индивидуального изготовления может производиться как при умеренно выраженных патологических изменениях стоп, если на предыдущих уровнях модели не найдены, так и при более сложных деформациях. Варианты кастомизации в этом случае более приближены к индивидуальному типу производства, так как компоненты конструктивно-технологической базовой основы изменяются в значительной степени. В частности, доработанная базовая колодка может быть закреплена за заказчиком в случае существенных изменений. На данном уровне возможно два варианта кастомизации обуви при индивидуальном изготовлении.

Вариант кастомизации №11: Вариант кастомизации №11: подбор модели для индивидуальной доработки конструктивно-технологической основы с использованием стандартных материалов, отделки и комплектующих, за исключением деталей низа, которые могут быть изготовлены индивидуально (табл. 3.11).

Таблица 3.11 Типовой вариант кастомизации №11

Уровень 3			
Вариант кастомизации №11			
Кастомизация	<i>объекта:</i>	<i>по виду кастомизации:</i>	<i>по типу производства:</i>
	КТО стандартной модели	экспертная	индивидуальная
Функция	Адаптационная		
Компоненты	1. Колодка		
	2. Наружные, внутренние детали верха обуви		
	3. Промежуточные ортопедические детали		
	4. Вкладные ортопедические изделия		
	5. Детали низа		

Вариант кастомизации №12: подбор модели для индивидуальной доработки конструктивно-технологической основы с заменой стандартных материалов, отделки, комплектующих (табл.3.12).

Таблица 3.12 Типовой вариант кастомизации №12

Уровень 3			
Вариант кастомизации №12			
Кастомизация	<i>объекта:</i>	<i>по виду кастомизации:</i>	<i>по типу производства:</i>
	КТО стандартной модели	смешанная	индивидуальная
Функция	Адаптационно-эстетическая		
Компоненты	1. Колодка		
	2. Наружные, внутренние детали верха обуви		
	3. Промежуточные ортопедические детали		
	4. Вкладные ортопедические изделия		
	5. Детали низа		
	6. Материалы, отделка		

Таким образом, на основе приведенных наиболее вероятных ситуаций при взаимодействии пациента и специалистов медицинского отдела в ходе подбора обуви и уточнения способа ортопедического обеспечения предлагается 12 типовых вариантов кастомизации, позволяющих разделять заказы по объему вносимых в модель изменений, функции и компонентам кастомизации, типу производства, в условиях которого заказ выполняется. Наглядные различия между предлагаемыми вариантами представлены в таблице 3.13.

Дифференциация заказов по типовым вариантам кастомизации в предлагаемой системе может быть реализована с использованием программных средств, что будет подробнее рассмотрено в следующих разделах работы.

Таблица 3.13 Типовые варианты кастомизации ортопедической обуви

Описание факторов, возникающих при подборе моделей	Типовой вариант кастомизации, №	Объекты кастомизации									Функция кастомизации	Вид кастомизации и преобладающий тип производства
		Готовая обувь	Элементы конструктивно-технологической основы (КТО) стандартной модели									
			Возможные компоненты кастомизации									
			Вкладыш орт. изделия	Детали верха обуви	Колодка	Наружные, внутренние детали верха	Промежуточные детали верха	Вкладыш орт. изделия	Детали низа обуви	Материалы верха и низа, отделка		
Уровень 1												
1. Подбор готовой обуви с возможными минимальными корректировками элементов конструкции верха.	№1	+	+								Адапционная	Экспертная массовая
2. Запрос пациента на изготовление базовой модели с заменой материалов/отделки/базовых комплектующих.	№2				+					+	Эстетическая	Модульная массовая
3. Запрос пациента на изготовление базовой модели с заменой материалов/отделки/базовых комплектующих и назначение специалиста доработать или заменить вкладное изделие, внести незначительные доработки в КТО при необходимости.	№3				+	+	+	+	+	+	Адапционно-эстетическая	Смешанная массовая
4. Назначение специалиста изготовить индивидуальную модель на основе базовой с внесением незначительных локальных доработок в КТО модели.	№4				+	+	+	+	+	+	Адапционная	Экспертная индивидуальная
5. Назначение специалиста изготовить индивидуальную модель на основе базовой с внесением минимально необходимых корректировок в КТО с учетом запроса пациента на улучшение внешнего вида модели путем замены материалов/отделки/базовых комплектующих.	№5				+	+	+	+	+	+	Адапционно-эстетическая	Смешанная индивидуальная

Продолжение таблицы 3.13

Описание факторов, возникающих при подборе моделей	Типовой вариант кастомизации, №	Объекты кастомизации									Функция кастомизации	Вид кастомизации и преобладающий тип производства	
		Готовая обувь	Элементы конструктивно-технологической основы (КТО) стандартной модели										
			Возможные компоненты кастомизации										
			Вкладыши орт. изделия	Детали верха обуви	Колодка	Наружные, внутренние детали верха	Промежуточные детали верха	Вкладыши орт. изделия	Детали низа обуви	Материалы верха и низа, отделка			
Уровень 2													
6. Подбор готовой ортопедической обуви с обязательной доработкой.	№6	+	+								Адапционная	Экспертная Массовая	
7. Подобранный модель рекомендуется к изготовлению индивидуально путем доработки базовой КТО по принципам градирования без локальной модификации.	№7			+	+	+	+	+	+	+	Адапционная	Экспертная массовая	
8. Подобранный модель рекомендуется к изготовлению индивидуально на основе базовой КТО по принципам градирования без локальной модификации и запрос пациента на изготовление базовой модели с заменой материалов/отделки/базовых комплектующих.	№8				+	+	+	+	+	+	Адапционно-эстетическая	Смешанная массовая	
9. Назначение специалиста изготовить индивидуальную модель из-за неустраняемого несоответствия ВФО данным стоп, в том числе с использованием градирования и локальной модификацией КТО.	№9				+	+	+	+	+	+	Адапционная	Экспертная индивидуальная	
10. Назначение специалиста изготовить индивидуальную модель из-за неустраняемого несоответствия специфических областей стопы ВФО данным стоп и запрос пациента улучшить внешнее исполнение модели.	№10				+	+	+	+	+	+	Адапционно-эстетическая	Смешанная индивидуальная	

Продолжение таблицы 3.13

Описание факторов, возникающих при подборе моделей	Типовой вариант кастомизации, №	Объекты кастомизации								Функция кастомизации	Вид кастомизации и преобладающий тип производства	
		Готовая обувь	Элементы конструктивно-технологической основы (КТО) стандартной модели									
			Возможные компоненты кастомизации									
			Вкладыше опт. изделия	Детали верха обуви	Колодка	Наружные, внутренние детали верха	Промежуточные детали верха	Вкладыше опт. изделия	Детали низа обуви			Материалы верха и низа, отделка
Уровень 3												
11. Подбор специалистом колодки и модели для индивидуального изготовления. Колодка и чертеж конструкции верха претерпевают существенные изменения.	№11			+	+	+	+	+	+	Адапционная	Экспертная индивидуальная	
12. Подбор специалистом колодки и модели для индивидуального изготовления, с заменой базовых комплектов по запросу пациента. Колодка и чертеж конструкции верха претерпевают существенные изменения.	№12			+	+	+	+	+	+	Адапционно-эстетическая	Смешанная индивидуальная	

3.3 Технологическое обеспечение вариантов кастомизации

Распределение заказов по степени сложности внутри каждого уровня на основе предлагаемых типовых вариантов кастомизации может быть реализовано с применением тех или иных технологических ресурсов.

Для выполнения кастомизации в соответствии с уровнем сложности может потребоваться применение различных способов доработки. Прежде всего представляет интерес рассмотреть применение современных технологий компьютерного проектирования и моделирования для тех вариантов кастомизации, которые выполняются на этапе конструкторско-технологической подготовки при индивидуальном изготовлении, поскольку именно в этих случаях в модель могут вноситься значительные изменения.

На первом и втором уровнях кастомизации доработка базовых колодок подразумевает незначительные изменения: форма подгоняется локально с использованием съемных набивок.

Реализация вариантов кастомизации, предусматривающих градирование колодок и конструкций верха обуви, в частности вариантов №6 и №7, требует наличия соответствующих систем автоматизированного проектирования, оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ) для изготовления индивидуальных колодок.

На третьем уровне предполагается более значительное изменение формы рекомендуемой базовой колодки. Использование набивок, которые должны менять существенную площадь и объем тела колодки, является не самым эффективным способом доработки, так как расходуется значительное количество материала для изготовления набивок и увеличивается время на изготовление.

Применение 3D-САПР и оборудования с ЧПУ более эффективно для моделирования и изготовления индивидуальных колодок, значительно отличающихся по параметрам от базовой. Это позволяет снизить расход материалов для одноразовой доработки и сократить время на моделирование.

Кроме этого, возможности компьютерной визуализации делают более удобной подгонку колодок в паре.

При этом заранее рассчитанные параметры индивидуальной колодки с учетом всех необходимых факторов значительно облегчают задачу проектирования и изготовления с использованием специализированных САПР. Цифровая копия базовой колодки модифицируется в САПР, а затем изготавливается с помощью фрезерной обработки расходного материала (заготовок) на специальном оборудовании с ЧПУ. Полученные колодки могут быть закреплены за пациентом для последующих заказов.

Использование САПР и программно-управляемого фрезерного оборудования не дает существенного практического эффекта при минимальных модификациях колодки. Такой подход к частичной доработке ведет к неоправданному расходованию машинного времени и труда высококвалифицированных исполнителей, нерациональному расширению парка индивидуальных колодок и расходованию материалов (заготовок) при фрезеровании. Поэтому, гораздо целесообразнее локальное изменение формы колодок на первом и втором уровнях кастомизации производить с помощью набивок.

Конструкция верха базовой модели на третьем уровне кастомизации также претерпевает значительные изменения. В случае сложной деформации в паре обувь может отличаться по обхватным, длиннотным, высотным параметрам. Применение специализированных компьютерных программ для автоматизированного проектирования верха обуви эффективно при определенных условиях. Как показывает практика, эффективность использования базовых конструкций для индивидуальной доработки зависит от того, как именно спроектирован чертеж с использованием программных средств САПР. Проектирование моделей в САПР рекомендуется осуществлять по следующим принципам, позволяющим более эффективно осуществлять модификацию исходного чертежа в случае индивидуального изготовления.

Вне зависимости от формата проектирования (2D или 3D) для получения конфигурации деталей рекомендуется использовать возможности автоматического задания некоторых криволинейных участков контура. Для этого фигурная линия, имеющая закругления небольшого радиуса, должна состоять из отдельных отрезков. Рассмотрим подробнее данный принцип на примере создания детали берцев полуботинок. При задании верхней линии берцев единой кривой ее дальнейшая корректировка при создании индивидуальной конструкции потребует перемещения положения нескольких узловых точек. При этом будет сложнее сохранить форму участков с закруглениями (рис. 3.3). Поэтому, форму верхней линии берцев (канта) предлагается проектировать с помощью отдельных прямолинейных и криволинейных отрезков. (рис. 3.4).

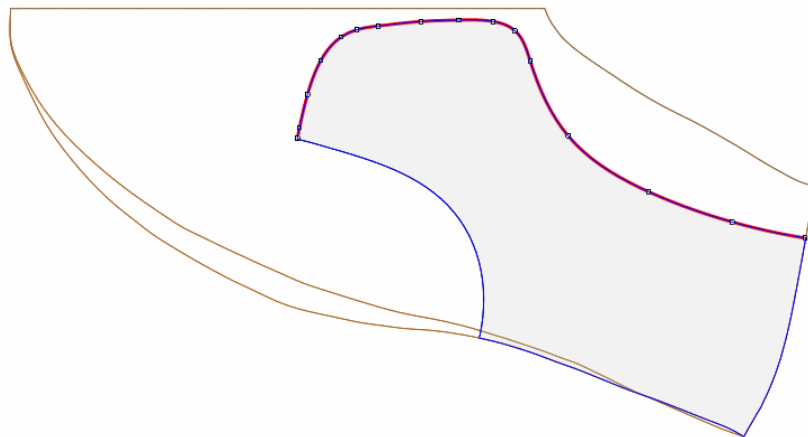


Рисунок 3.3 Линия канта, образованная одной кривой в системе Shoemaster

Сопряжение между созданными отрезками для образования требуемой формы контура может быть задано автоматически (рис. 3.5). Радиус закругления при автоматическом сопряжении остается неизменными при корректировке положения линий детали.

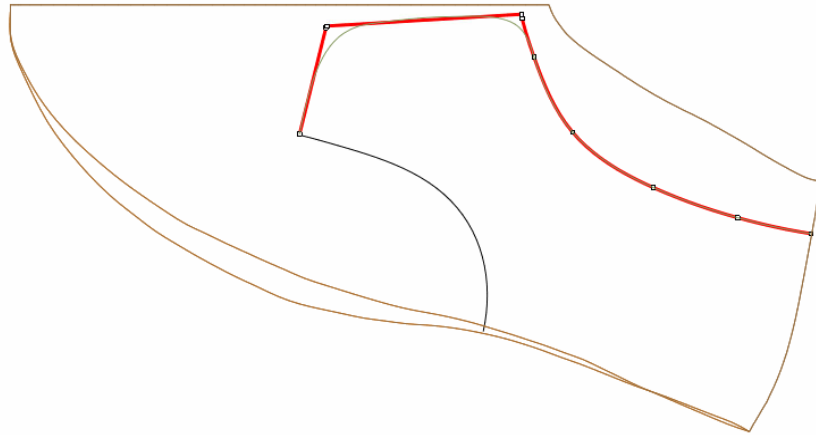


Рисунок 3.4 Линия канта, заданная двумя отрезками и кривой в системе Shoemaster

Также рекомендуется задействовать функции привязки линий, когда зависимая линия изменяется автоматически при корректировке главной, от которой она образована. Это позволит изменять положение целой группы связанных линий и, таким образом, быстрее вносить корректировки в чертеж. Частным случаем автоматического задания контуров является создание зависимых припусков на сборку и обработку.

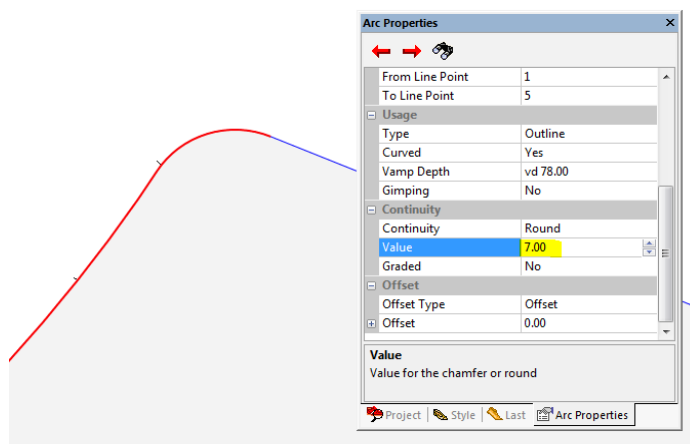


Рисунок 3.5 Автоматически созданное сопряжение в системе Shoemaster

Максимальное использование автоматических функций САПР позволяет значительно быстрее вносить изменения в чертеж.

Рассмотренные принципы проектирования базовых моделей показали свою эффективность в отечественной САПР АСКО-2Д и программном

модульном комплексе «Shoemaster» (CSM3D International LTD, Великобритания) при разработке индивидуальных моделей обуви [134]. Такой подход к проектированию может быть применен на всех уровнях кастомизации, когда требуется локальная доработка деталей конструкции при изготовлении модели.

При доработке конструкций в САПР на практике зачастую используется способ вписывания полученной индивидуальной УРК с намеченными основными линиями верха в чертеж конструктивной основы верха. Такой подход возможен при наличии в САПР функции импорта изображений, которые могут быть получены путем сканирования или фотографирования. Корректировку деталей базовой конструкции производят путем перемещения линий чертежа к линиям на изображении УРК. Данный способ модификации базовой конструкции в программе удобен при существенных различиях в форме и размерах правой и левой колодок и других параметров, необходимых для проектирования (например, обхваты голени). Кроме этого, в специализированных системах трехмерного автоматизированного проектирования предусматривается возможность создания конструкции верха обуви непосредственно с использованием цифровой индивидуальной колодки. Например, в системе Shoemaster заложена специальная функция переноса конструкции модели с базовой цифровой колодки на индивидуальную. Линии чертежа и созданные детали частично адаптируются к поверхности индивидуальной колодки, затем модельером вносятся необходимые корректировки.

Использование возможностей САПР для получения индивидуальной конструкции на основе базовой исключает необходимость повторного проектирования «с нуля». Однако проектирование индивидуальной обуви в 3D-САПР с возможностью компьютерной визуализации не всегда является эффективным подходом. Например, в случае довольно сложных деформаций сравнение в компьютерной среде правой и левой колодок может быть затруднительно, что также зависит и от дизайна конструкции. На рисунке 3.6 представлен промежуточный результат проектирования индивидуальной модели

на правой и левой колодках в системе 3D-проектирования Shoemaster с использованием функции переноса базовой конструкции. Во-первых, следует отметить, что линии чертежа проектируются преимущественно в 2D-режиме и их отображение на трёхмерной колодке искажается. Во-вторых, при большом количестве деталей верха и, следовательно, конструктивных линий сложнее подгонять их конфигурацию в различных проекционных видах.

При ручном проектировании моделей для сложных деформаций УРК правой и левой колодок совмещаются в разных областях для копирования линий с одной УРК на другую. Две УРК совмещаются в определённой точке, относительно которой УРК, расположенная сверху, вращается для переноса линий на нижнюю УРК способом накаливания.

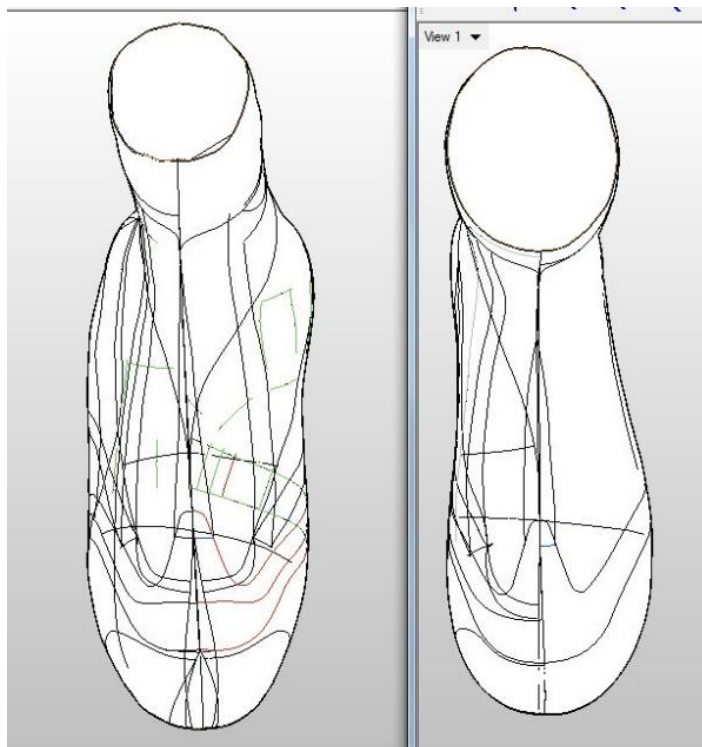


Рисунок 3.6 Трёхмерное моделирование индивидуальной модели для правой и левой стоп на основе базовой конструкции в системе Shoemaster

В различных САПР функции вращения одного чертежа относительно другого могут быть ограничены и не позволять осуществлять доработку. Например, в системе Shoemaster при проектировании с использованием

цифровой колодки чертежи могут накладываться друг на друга только по центральной линии гребня (рис. 3.7).

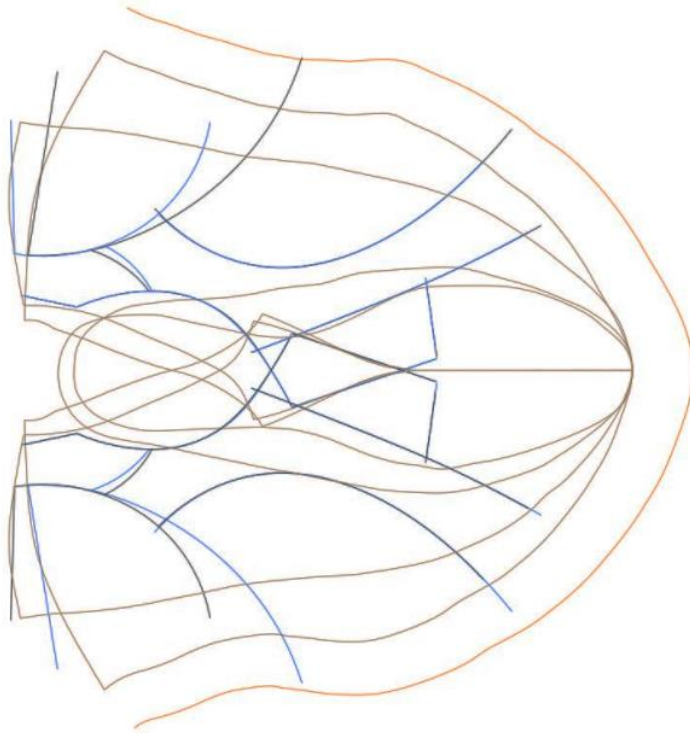


Рисунок 3.7 Наложение двух чертежей в системе Shoemaster по линии гребня

Кроме этого, из-за сложной формы индивидуальной колодки получение боковых разверток и их усреднение по стандартному программному алгоритму уплощения (распластывания) может привести к значительным погрешностям и неточностям. При ручном проектировании модельер контролирует направление распастывания в зависимости от сложности формы индивидуальной колодки, области наложений и последующей корректировки развертки.

Из вышесказанного следует, что трехмерное моделирование обуви в случае сложной деформации и значительной разнице в параметрах правой и левой колодок эффективно при относительно простой конструкции верха обуви и незначительных модификациях формы колодки. В противном случае модификация чертежа в программе может занять столько же времени, сколько и при ручном проектировании «с нуля».

В то же время создание индивидуальных конструкций при сложных деформациях в САПР в 2D-режиме путем вписывания индивидуальной УРК в

базовый чертеж является более эффективным подходом и позволяет ускорить получение шаблонов для раскроя.

Применение САПР для доработки конструкции верха обуви предполагает два варианта получения деталей заготовки. В первом менее эффективном случае шаблоны деталей для последующего ручного раскроя получают путем печати на плоттере и ручного вырезания, либо с применением режущего плоттера. Во втором случае спроектированные детали конструкции в цифровом виде импортируются в систему автоматизированного раскройного комплекса.

Так, высокотехнологичные раскройные комплексы итальянской компании Comelz [135] обеспечивают быстрый и качественный раскрой различных материалов, в том числе для получения деталей низа обуви (стелек, подошв). Система лазерной проекции обеспечивает оптимальное размещение пакета деталей в зоне раскладки. При наличии двух режущих головок возможен одновременный раскрой нескольких деталей. Также достоинством автоматизированных раскройных комплексов является возможность выполнения сложной перфорации и фигурного оформления краев деталей (отсечки). Применение оборудования такого типа повышает эффективность при внедрении кастомизации и позволяет быстрее изготавливать доработанные детали, при этом отпадает необходимость ручного раскроя и использования резаков.

Вкладные ортопедические изделия могут быть изготовлены по любой доступной предприятию технологии, поскольку способ их получения не влияет напрямую на сложность изготовления обуви. При этом использование передовых решений для производства вкладных обувных элементов, рассмотренных в 1 главе работы, при индивидуальном изготовлении также способствует повышению качества продукции и при соответствующей квалификации исполнителя рационализирует технологический процесс.

С учетом разработанных типовых вариантов кастомизации и их технологического обеспечения рассмотрим различия между традиционным

(сложившимся) подходом к снабжению пациентов ортопедической обувью и предлагаемой системой кастомизации ортопедической обуви (таблица 3.14).

Таблица 3.14 Различия в подходах к ортопедическому обеспечению пациентов

№	Критерии различий	Традиционный подход к изготовлению ортопедической обуви по заказу	Система кастомизации ортопедической обуви на основе предлагаемой концепции
1.	Анализ и преобразование исходных данных	После передачи в производство	До передачи в производство
2.	Выбор и согласованность компонентов КТО	Зависит от квалификации исполнителей	Определяется расчетным способом
3.	Степень модификации стандартной КТО	Зависит от квалификации исполнителей	Ограничивается диапазонами значений параметров колодки при подборе модели
4.	Стандартизация доработок (модификаций)	Характеристики и объем доработок слабо формализованы, определяются исполнителем в частных случаях и зависят от его квалификации	Характеристики и объем доработок формализуются в системе кастомизации на основе расчетного способа и по ряду факторов
5.	Дифференциация заказов по сложности выполнения	Определяется хаотично, зависит от квалификации исполнителя	Определяется расчетным способом
6.	Эффективность использования передовых технологий	Низкая-средняя	Средняя-высокая

1. При традиционном подходе *анализ и преобразование исходных данных* осуществляются на этапе конструкторско-технологической подготовки (КТП) индивидуального заказа, что в большей степени зависит от квалификации и опыта исполнителей. При кастомизации на основе предлагаемой концепции анализ и преобразование исходных данных реализуются предварительно на этапе приема заказа с использованием программных средств.

2. *Согласованность компонентов КТО* влияет на трудоемкость и сроки выполнения заказа. В первом случае выбор технологической основы определяется исполнителем (колодочником), и в дальнейшем возможно

несоответствие подобранной специалистом базовой колодки и чертежа верха конструкции модели. В следствие этого внесение корректировок в конструктивную основу может быть затруднительно, требуется проектирование «с нуля».

Во втором случае выбор КТО для модификации определяется расчетным способом с помощью методики оценки степени соответствия ВФО параметрам стоп и системы кастомизации. Технологическая основа (колодка) соответствует конструктивной основе верха (чертежу) выбранной модели.

3. Степень изменения базовой модели определяется исполнителем в процессе доработки в зависимости от выбора базовой колодки. В результате конструктивно-технологическая основа выбранной модели может быть значительно изменена.

Во втором случае степень модификации КТО ограничивается диапазонами значений параметров колодки при подборе модели на основе расчета степени соответствия ВФО данным стоп.

4. *Стандартизация доработок.* В первом случае заказы могут упорядочиваться преимущественно по степени деформации стоп пациента.

На основе предлагаемой концепции заказы упорядочиваются по характеристикам:

- степень деформации;
- степень соответствия ВФО данным стоп (уровень кастомизации);
- объект и компоненты кастомизации;
- функции (главное назначение) кастомизации;
- тип производства для выполнения заказа;

5. *Дифференциация заказов по сложности выполнения* в первом случае в значительной степени зависит от опыта и квалификации исполнителя, а также загруженности производства и наличия временных ресурсов.

Распределение заказов, в основном, происходит по группам:

- малосложная готовая;
- сложная индивидуальная на основе стандартной модели;

-сложная индивидуальная проектируется «с нуля» (по гипсовой или цифровой модели стопы).

Внутри каждой группы заказы дополнительно не дифференцируются.

Во втором случае заказы распределяются с учетом:

- степени соответствия базового изделия данным стоп;
- индивидуальных пожеланий пациента;
- производственных ресурсов;

6. *Эффективность использования передовых технологий.* На основе приведенного обоснования технологического обеспечения вариантов кастомизации показано, что использование современных компьютерных систем проектирования и изготовления в большей степени эффективно при не слишком высоком уровне сложности вносимых изменений в конструкцию исходного изделия с учетом степени его соответствия антропометрическим данным. Автоматизация процессов проектирования и изготовления осложняется при значительных сложных деформациях и может занимать по продолжительности такое же время, как при ручном изготовлении.

3.4 Разработка базы данных для автоматизации процессов подбора ортопедической обуви

В настоящее время сложно переоценить важность применения систем обработки информации для автоматизации рабочих процессов в различных сферах деятельности человека. Использование информационных систем и баз данных становится неотъемлемой составляющей для эффективного функционирования практически любого современного предприятия или учреждения.

База данных (БД) представляет собой организованный на основе определенных принципов и поддерживаемый в компьютерной памяти комплекс данных конкретной предметной области для обеспечения пользователей информацией [136].

В рамках данного исследования разработка БД отвечает задачам автоматизации процессов подбора ортопедической обуви на основе расчета оценки степени соответствия параметров ВФО антропометрическим данным стоп, а также дифференциации заказов согласно разработанной системе кастомизации.

Изначально подбор ортопедической обуви должен осуществляться при участии специалиста. Поэтому на текущем этапе исследований база данных разработана для оптимизации работы специалистов ортопедического предприятия – врачей, техников-ортопедов, ведущих специалистов производства.

На основе представленного в первой главе анализа научно-технической, справочной литературы, наблюдений за работой протезно-ортопедических предприятий, а также с учетом разработанной системы кастомизации ортопедической обуви предлагается алгоритм автоматизированного подбора обуви (рис. 3.8) [115, 137, 138].

Согласно предлагаемому алгоритму на начальном этапе обеспечивается ввод и обработка исходных данных: диагностических, антропометрических, параметров искомых моделей и вкладных ортопедических элементов.

На основе антропометрических данных стоп с учетом сформированных требований к искомой модели обуви рассчитываются параметры индивидуальной рациональной колодки по формулам перехода от параметров стопы к параметрам колодки и устанавливаются диапазоны допустимых значений для каждого параметра.

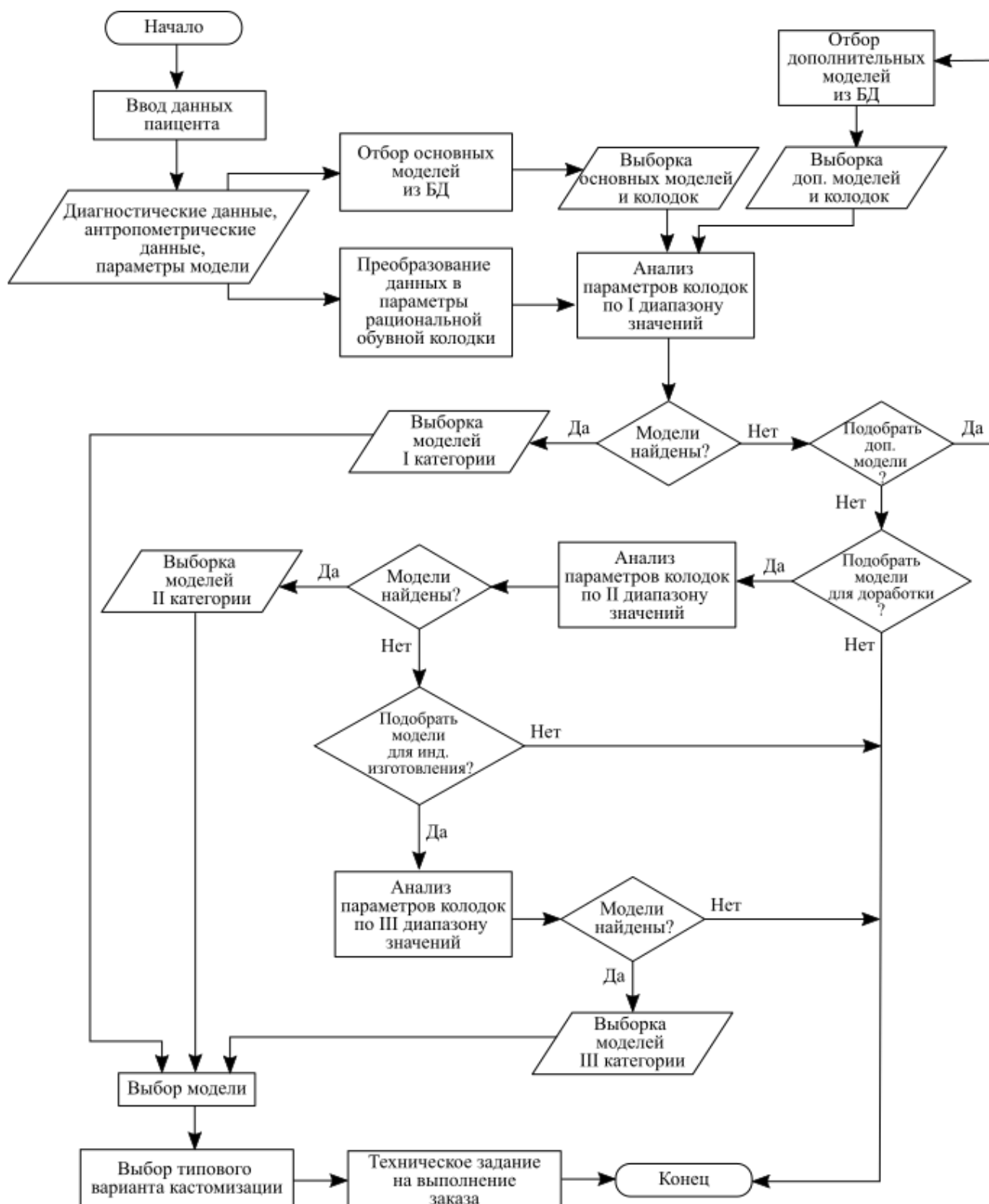


Рисунок 3.8 Алгоритм автоматизированного подбора обуви, применяемый в разработанной БД

В то же время по запросу выдается информация о базовых моделях, отвечающих заданным для них параметрам, таким как: тип обуви, назначение в соответствии с патологией (диагнозом), половозрастная группа, сезон носки, материалы 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.

На начальном этапе подбираются модели малосложной ортопедической обуви, параметры внутренней формы которых оптимально соответствуют рассчитанным индивидуальным параметрам рациональных колодок пациента для правой и левой стоп.

В случае, если в результате сопоставления какой-либо из параметров фактической базовой колодки выходит за пределы допустимых отклонений, то модель не включается в первую категорию, как не отвечающая требуемым параметрам.

Изначально при поиске рассматриваются модели, предназначенные для конкретной патологии. Если параметры таких моделей не отвечают первому диапазону значений, то дополнительно может быть задан поиск моделей из других категорий патологий, при этом из фильтров поиска исключается диагноз.

Как показывает практика, такие модели потенциально могут быть подобраны, если их конструкция достаточно эргономична для заданной патологии и не противоречит медицинским показаниям, а параметры ВФО соответствуют данным стоп.

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 и диапазоном, в рамках которого параметры ВФО отвечают данным стоп.

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.

В итоге специалистом может быть сформирован отчет в виде краткого технического задания, содержащего информацию о степени соответствия параметров внутренней формы обуви, рекомендуемого варианта кастомизации, индивидуальных рассчитанных параметрах колодок и исходных данных пациента.

Таким образом, с использованием предлагаемого алгоритма в базе данных осуществляется подбор моделей ортопедической обуви по антропометрическим параметрам стоп и определяется типовой вариант кастомизации выбранной модели.

Для создания физической модели базы данных выбрано программное обеспечение MS Access, которое входит в пакет MS Office, доступный на большинстве предприятий. Схема базы данных представлена на рисунке 3.9.

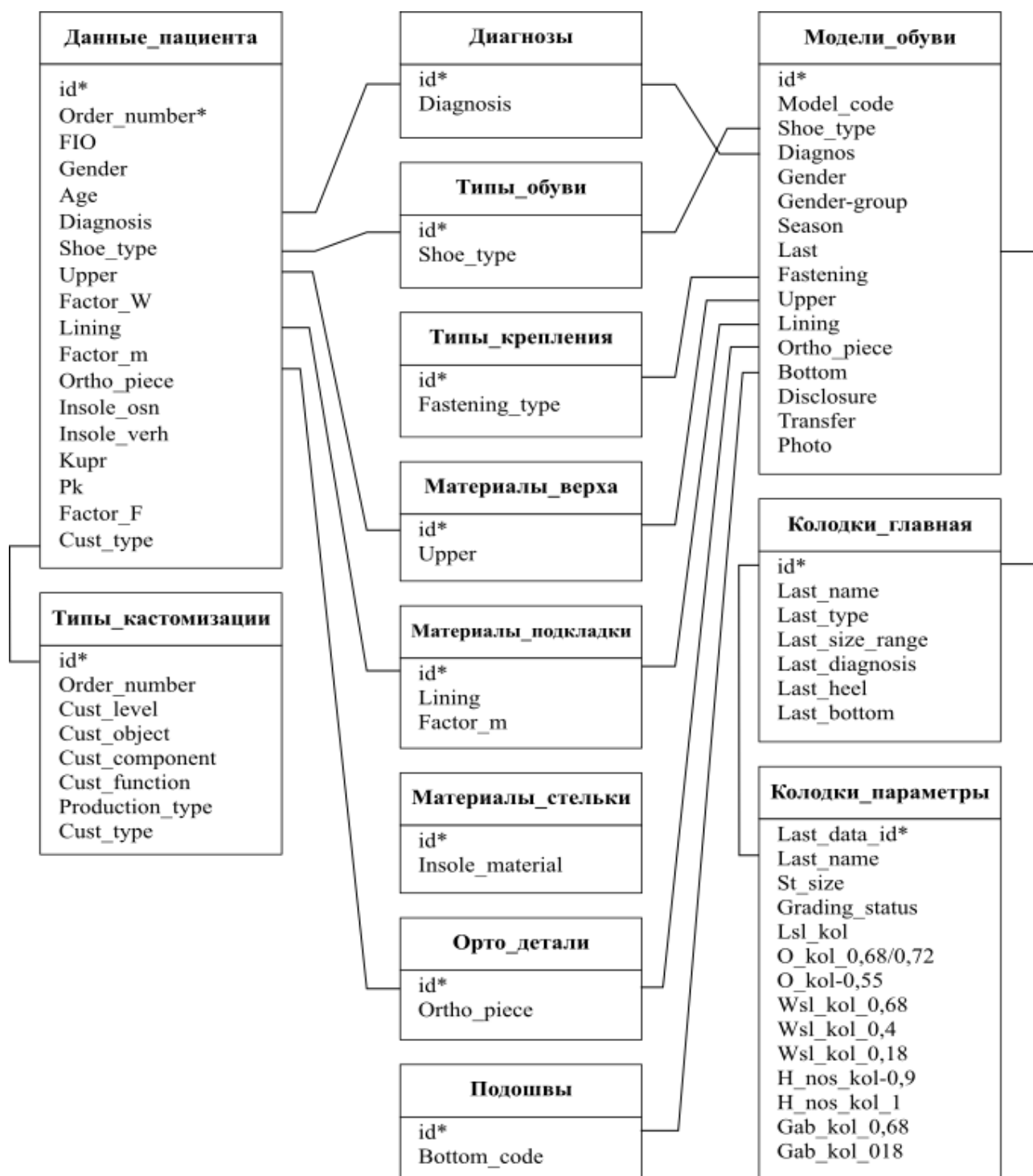


Рисунок 3.9 Схема базы данных

База данных состоит из 13 таблиц, которые условно делятся на 4 основные категории.

Первая категория включает таблицу «Данные_пациента», которая содержит информацию о вносимых и рассчитываемых данных пациента – регистрационных, диагностических, антропометрических, а также включает

параметры искомых моделей (на рисунке 3.9 поля данной таблицы представлены в сокращённом виде).

Вторая категория включает таблицы, хранящие информацию о моделях ортопедической обуви. Таблица «Модели_обуви» является объединяющей для однотипной информации о моделях обуви, в том числе получаемой из других таблиц:

-Model_code – артикул модели;

-Shoe_type – тип обуви; поле получает значение из соответствующей таблицы, которая включает типовые конструкции обуви и разновидности моделей;

-Diagnosis – диагноз или группа патологий, для которых предназначена модель; поле получает значения из таблицы «Диагнозы»;

-Gender – пол;

-Gender_group – половозрастная группа;

-Season – сезон носки;

-Last – название фасона обувной колодки, на которой модель изготовлена; поле получает значение из таблицы «Колодки_главная», которая содержит общую информацию о фасонах колодок.

-Upper – материалы верха; поле получает значение из таблицы «Материалы_верха», содержащей наименование материалов верха обуви;

-Lining – материалы подкладки; поле получает значение из таблицы «Материалы_подкладки», содержащей наименование материалов подкладки обуви;

-Ortho_piece – поле получает значение из таблицы «Орто_детали», содержащей перечень специальных промежуточных ортопедических деталей

-Bottom – артикул подошвы, поле получает значение из соответствующей таблицы;

-Fastening – тип крепления, поле получает значение из отдельной таблицы «Типы крепления»;

-Disclosure – раскрываемость конструкции верха;

-Transfer – «трансформируемость модели» – указывает на возможность проектирования конструкции модели на альтернативной колодке в случае индивидуального изготовления;

-Photo – изображение модели.

Третья категория объединяет таблицы, содержащие информацию о базовых ортопедических колодках.

Таблица «Колодки_общая информация» объединяет однотипные данные о колодках, таких как:

-Last_name – название фасона колодки;

-Last_type – вид колодки;

-Last_size_range – размерный ряд колодки;

-Last_diagnosis – диагноз или группа патологий, на которые колодка рассчитана;

-Last_heel – высота приподнятости пяточной части;

-Last_bottom – название фасона подошвы, соответствующего следу определенной колодки;

Таблица «Колодки_параметры» содержит информацию преимущественно о геометрических параметрах колодок:

-Last_name – название фасона колодки;

-St_size – штихмассовый размер колодки;

-Grading_status – информация в поле показывает так называемый «статус градации», если параметры базовой колодки получены в результате градации;

-Lsl_kol – длина следа колодки;

-O_kol_0,68/0,72 – обхват колодки в сечении 0,68/0,72L;

-O_kol-0,55 – обхват колодки через точку на гребне в сечении 0,55L;

-Wsl_kol_0,68 – ширина следа колодки в пучках в сечении 0,68L;

-Wsl_kol_0,4 – ширина следа колодки в геленочной (перейменной) области в сечении 0,4L;

-Wsl_kol_0,18 – ширина следа колодки в пятке в сечении 0,18L;

-H_nos_kol-0,9 – высота носочной части колодки в сечении 0,9L;

-H_nos_kol_1 – высота носочной части колодки в сечении 1 L;
 -Gab_kol_0,68 – ширина габарита колодки в области пучков в сечении 0,68L;

-Gab_kol_018 – ширина габарита колодки в области пятки в сечении 0,18L;

К четвертой категории относится таблица «Типы_кастомизации», которая создана для определения типового варианта кастомизации после подбора модели и утверждения способа ортопедического обеспечения. Таблица включает поля:

-Order_number – номер заказа пациента;

-Cust_level – уровень кастомизации; задается автоматически при выборе модели из определенной категории, либо может быть задан по усмотрению специалиста;

-Cust_object – объект кастомизации, задается специалистом;

-Cust_component – компоненты объекта кастомизации, задаются специалистом;

-Cust_function – функция кастомизации, задается специалистом;

-Production_type – преобладающий тип производства, в рамках которого кастомизация может быть осуществлена; определяется автоматически на основе заданных ранее значений полей (уровень кастомизации, объект, компоненты, функция);

-Cust_type – типовой вариант кастомизации, определяется автоматически на основе заданных ранее значений полей в данной таблице. Определяемое значение поля копируется в таблицу, содержащую данные пациента.

Выделим отдельно пятую категорию технических временных таблиц для построения расчетов и запросов в СУБД с использованием языка программирования VBA (Visual Basic for Applications), предназначенного для автоматизации процессов в пакете MS Office.

Из формы у «Данные клиента» в таблицу «Данные клиента» вносится информация об антропометрических параметрах стоп, диагнозе, параметрах модели (рис. 3.10, 3.11).

Данные клиента	
Номер заказа	2
ФИО	Иванов Сергей Сергеевич
Пол	Муж
Возраст	12
Диагноз	ДЦП
Вид обуви	Ботинки
Сезон	Лето
Тип крепления	Велкро
Промежуточные детали	Жесткий берец
Материал верха	Кожа
Материал подкладки	кожа
Материал основы стельки	ЭВА
Материал покрытия стельки	Кожа

Рисунок 3.10 Поля для ввода регистрационных и диагностических данных пациента, параметров искомых моделей

Параметры стопы правой		Параметры стопы левой	
Длина стопы	220	Длина стопы	222
Обхват в середине пучков (0,68/0,72Д)	211	Обхват в середине пучков (0,68/0,72Д)	213
Обхват в середине стопы (0,55Д)	220	Обхват в середине стопы (0,55Д)	218
Высота основной фал. 1 пальца (0,9Д)	22	Высота основной фал. 1 пальца (0,9Д)	22
Высота ногтевой фал. 1 пальца (1Д)	20	Высота ногтевой фал. 1 пальца (1Д)	20
Ширина отпечатка в пучках (0,68Д)	75	Ширина отпечатка в пучках (0,68Д)	74
Ширина габарита в пучках (0,68Д)	87	Ширина габарита в пучках (0,68Д)	86
Ширина габарита в геленочной обл. (0,4Д)	60	Ширина габарита в геленочной обл. (0,4Д)	58
Ширина отпечатка в геленочной обл. (0,4Д)	45	Ширина отпечатка в геленочной обл. (0,4Д)	46
Ширина отпечатка в пятке (0,18Д)	50	Ширина отпечатка в пятке (0,18Д)	48
Ширина габарита в пятке (0,18Д)	47	Ширина габарита в пятке (0,18Д)	46

Рисунок 3.11 Поля для ввода антропометрических параметров стоп пациента

Затем при необходимости вписываются параметры специальных вкладных ортопедических элементов (рис. 3.12).

Параметры стельки правой		Параметры стельки левой	
Пальцевой пронатор, высота	0	Пальцевой пронатор, высота	0
Пальцевой супинатор, высота	0	Пальцевой супинатор, высота	0
Общий пронатор, высота	7	Общий пронатор, высота	0
Общий супинатор, высота	0	Общий супинатор, высота	0
Высота внутреннего свода	0	Высота внутреннего свода	0
Выкладка наружного свода, высота	0	Выкладка наружного свода, высота	0
Слой стельки основной, толщина	3	Слой стельки основной, толщина	3
Слой стельки верхний, толщина	2	Слой стельки верхний, толщина	2

Рисунок 3.12 Поля для внесения параметров вкладных ортопедических изделий

При внесении данных стоп, задании типа обуви и диагноза, выбора материалов верха, подкладки и вкладных ортопедических изделий автоматически задаются значения переходных коэффициентов (рис.3.13) и осуществляется расчёт параметров индивидуальных колодок клиента для правой и левой стоп (рис. 3.14).

Переменные для расчёта параметров индивидуальной колодки	
Припуск конструкции P_k	0
Коэффициент градации m	0
Сдвиг в пятке по следу L_{sp}	4
Величина усадки верха W	3
Величина сжатия стопы F	2
Коэффициент упресовки стельки K_{upr}	0,2

Рисунок 3.13 Переменные и переходные коэффициенты для расчета параметров индивидуальной колодки

Одновременно с внесением параметров конструкции обуви формируется выборка моделей, параметры колодок которых далее будут сопоставляться с рассчитанными данными индивидуальных колодок.

Параметры индивидуальной колодки правой		Параметры индивидуальной колодки левой	
Длина следа колодки	226,00	Длина следа колодки	228,00
Обхват в пучках	210,49	Обхват в пучках	212,47
Обхват в подъеме	219,40	Обхват в подъеме	217,42
Высота носочной части основная фал.	29,92	Высота носочной части основная фал.	29,92
Высота носочной части ногтевая фал.	27,92	Высота носочной части ногтевая фал.	27,92
Ширина следа в пучках	78,00	Ширина следа в пучках	77,00
Ширина следа в пятке	48,50	Ширина следа в пятке	47,00
Ширина следа в геленочной обл.	52,50	Ширина следа в геленочной обл.	52,00
Ширина габарита колодки в пучках	78,30	Ширина габарита колодки в пучках	77,40
Ширина габарита колодки в пятке	44,65	Ширина габарита колодки в пятке	43,70

Рисунок 3.14 Рассчитанные в форме параметры индивидуальных колодок

Далее производится анализ параметров колодок из выборки моделей на соответствие рассчитанным индивидуальным параметрам рациональных колодок для правой и левой стоп по трем диапазонам.

В отдельной форме «Поиск моделей» при вводе номера заказа пациента в поле «Номер заказа» выдаются модели, которые прошли отбор и соответствуют одной из трех категорий (рис. 3.15).

Поиск моделей	
Номер заказа	2
Артикул модели	141
Размер обуви	34
Артикул колодки	Д-054
Диапазон отклонений	2min
Показатель соответствия	0,52986



Рисунок 3.15 Форма подбора моделей

Далее заказ дифференцируется по сложности выполнения с помощью определения типового варианта кастомизации. Специалист в соответствующей форме задает объект, компоненты и функцию кастомизации, на основе которых с учетом уровня определяется тип производства и вариант кастомизации (рис. 3.16).

Типовой вариант кастомизации	
Номер заказа	2
Уровень кастомизации	2
Объект кастомизации	Готовая обувь
Компоненты кастомизации	Детали верха; Детали вкладные
Функция кастомизации	Адаптационная
Тип производства	Массовое
Вариант кастомизации	6 экспертная массовая

Рисунок 3.16 Форма для определения типового варианта кастомизации

По результатам подбора модели и определения типового варианта кастомизации с использованием средств СУБД Access может быть сформирован сводный отчет в качестве дополнения к техническому заданию на доработку или изготовление модели.

Практическая реализация предлагаемых решений с использованием разработанной базы данных выполнена на предприятии по изготовлению ортопедической обуви ООО «Аквелла», акт об апробации представлен в приложении Б. Для наполнения базы данных был проведен обмер эталонов колодок в средних размерах и проведена градация их параметров (приложение Г). Также получена и занесена в базу информация о конструкциях моделей обуви.

3.5 Перспективы применения предлагаемых решений и развития направления исследований

Предлагаемые решения для подбора ортопедической обуви могут стать основой для организации дистанционного заказа через сеть Интернет [138-141]. При этом более эффективную работу обеспечит создание специализированного программного обеспечения по подбору и оценке ортопедической обуви.

Интеграция предлагаемых разработок и перспективных цифровых производственных и инфокоммуникационных технологий позволит создать единый комплекс автоматизированного подбора, оценки и кастомизации ортопедических изделий.

Так как изначально подбор обуви проводится при участии специалиста-ортопеда, то в случае повторного ортопедического обеспечения в той же компании на основе ранее полученной от пациента информации возможность самостоятельного дистанционного заказа будет зависеть от ряда условий.

Во-первых, это необходимость соблюдения периодичности медицинской диагностики и обновления данных об антропометрических параметрах нижних конечностей, что актуально, прежде всего, для детей и подростков, а также для пациентов с нефиксированными деформациями, при прогрессировании анатомо-функциональных изменений на фоне патологии.

В некоторых случаях данных, полученных в ходе обмера, например, с помощью смартфона и специальных приложений для фото-сканирования, без дополнительной диагностики и оценки состояния стоп специалистом может быть недостаточно для качественного и эффективного обеспечения пациента.

В частности, для расчета параметров индивидуальных колодок, а также подбора или изготовления вкладных ортопедических изделий необходима информация о соотношении горизонтальной габаритной проекции и отпечатка стопы, которая при сканировании не может быть получена без специальных дополнительных устройств или приспособлений. Это означает, что в ряде случаев необходимо предусмотреть возможность получения плантограммы стоп.

Реализация удаленного подбора и заказа обуви на основе обновленных данных, предоставленных пациентом, потребует создания специальных алгоритмов работы для получения обратной связи об удовлетворенности ортопедическим изделием, текущих потребностях, потенциальных изменениях в состоянии стоп и выявления других факторов, влияющих на возможность и эффективность дистанционного взаимодействия пациента и специалиста.

Во-вторых, важным условием для такого взаимодействия является программно-аппаратное и информационное обеспечение, а также профессиональное консультирование. В случае применения мобильных устройств точность получения и обработки цифровых моделей стоп должна быть сопоставима с эффективностью специализированных 3D-сканеров для обмера тела человека.

В отсутствие таких средств может быть применен и ручной обмер, однако в таком случае увеличение объема получаемой информации будет более ресурсоемким и может потребовать сокращения количества параметров для оценки соответствия ВФО данным стоп.

При этом в любом случае важно информировать лицо, не являющееся специалистом и совершающее обмер стоп пациента, о последовательности и правильном выполнении действий для получения корректной антропометрической информации.

Также дистанционный подбор моделей и заказ может обеспечиваться специалистами выездных бригад ортопедического предприятия, для которых интегрированный комплекс по подбору изделий окажет техническую и информационную поддержку при определении способа ортопедического снабжения в условиях отсутствия возможности совершить примерку базовых моделей.

Кроме этого, дополнительным вариантом для дистанционного взаимодействия пациента и предприятия может стать развитие сети специализированных ортопедических кабинетов компании. На их базе диагностика состояния стоп и получение антропометрической информации

сделает ортопедическое обеспечение более доступным для пациентов, имеющих ограничения мобильности или удаленное место жительства, а интегрированный комплекс по подбору изделий упростит процессы передачи и обработки информации.

Наряду с рационализацией управления производственными ресурсами (материальными, временными, трудовыми), практическое значение составляет автоматизация расчета параметров индивидуальных колодок. Автоматическое преобразование антропометрических и диагностических данных пациента с учетом эргономических требований к модели в параметры рациональной ВФО послужит основой для совершенствования процессов проектирования индивидуальных ортопедических колодок, в том числе с применением специализированных и универсальных 3D-САПР.

Автоматическое преобразование антропометрических данных пациентов позволит аккумулировать статистику в форме базы параметров индивидуальных колодок и в дальнейшем проводить обновление колодочного парка предприятия, разрабатывать новые фасоны на основе получаемых обобщенных (усредненных) данных по отдельным группам патологий.

Подбор обуви по антропометрическим параметрам в сочетании с возможностями визуализации онлайн-конфигураторов повысит эффективность дистанционного заказа как для изготовителя, так и для потребителя. Данный подход применим не только для ортопедической обуви, но также открывает новые возможности для массовой кастомизации обуви бытового или специального назначения (для военных, медицинская, рабочая и пр.) В частности, массовая кастомизация может быть реализована по принципам серийного градирования для повышения обеспеченности населения впорной обувью по размеру и полноте.

Отметим, что на основе предлагаемого подхода к оценке параметров ВФО, формулы расчета параметров обувных колодок могут быть адаптированы для подбора и кастомизации как бытовой обуви массового производства, так и других типов обуви (производственная, спортивная, для военных и др.)

Эффективное использование современных цифровых технологий с развитием предлагаемых решений позволит оптимизировать производственно-сбытовую деятельность предприятий, рационализировать и прогнозировать структуру ассортимента изделий.

ВЫВОДЫ ПО ТРЕТЬЕЙ ГЛАВЕ

1. Разработана трехуровневая система кастомизации ортопедической обуви. Показано, что подход к кастомизации определяется совокупностью взаимосвязанных факторов и условий, выявляемых по результатам диагностики состояния стоп, медицинских назначений, в процессе взаимодействия специалиста и пациента при подборе моделей.

2. Сформулированы типовые варианты кастомизации ортопедической обуви для дифференциации заказов по трем уровням сложности выполнения и объему вносимых изменений. Уровень и вариант кастомизации определяются на основе оценки степени соответствия ВФО данным стоп, выявления функции и компонентов кастомизации и установления типа производства, с использованием ресурсов которого заказ должен быть выполнен.

3. Предложено технологическое обеспечение разработанных вариантов кастомизации и рекомендации по рациональному применению цифровых технологий проектирования и изготовления в зависимости от сложности выполнения заказа. Показаны различия между традиционным (сложившимся) подходом к снабжению пациентов ортопедической обувью и предлагаемой системой кастомизации.

4. Разработана 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 колодок базовых моделей обуви, подобранных в соответствии с патологией. На основе проведенного анализа и выбора модели

определяется типовой вариант кастомизации и формируется отчет, включающий информацию о выбранном варианте согласно разработанной системы, исходных параметрах стоп и рассчитанных параметрах индивидуальных колодок, данные о выбранной модели.

5. Разработан алгоритм автоматизированного подбора обуви, определяющий последовательность выполнения действий при работе с базой. Предлагаемый алгоритм также является основой для разработки полноценного программного обеспечения для подбора и оценки ортопедической обуви.

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

ОБЩИЕ ВЫВООДЫ ПО РАБОТЕ

1. Проведен системный анализ процессов ортопедического обеспечения пациентов, современных технологических решений, применяемых в производстве ортопедической обуви, принципов и видов кастомизации. 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 модели для индивидуальной модификации по принципам кастомизации.

2. Сформулировано определение, согласно которому 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 – рациональное соответствие, устранимое несоответствие, неустранимое несоответствие. На основе сформулированных категорий выделены 3 диапазона допустимых значений параметров ВФО. Оценку соответствия параметров ВФО параметрам стоп по разработанной методике предлагается проводить с учетом заданных допустимых отклонений.

5. На основе анализа принципов преобразования антропометрических данных в параметры рациональной обувной колодки предложена методика расчета рациональных параметров индивидуальной ортопедической колодки и

приведено обоснование величин 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.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О стратегии развития производства промышленной продукции реабилитационной направленности до 2025 года. [электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/555730084?marker=6560IO> (дата обращения 26.12.2021)
2. Зыбин Ю.П. Конструирование изделий из кожи. / Ю.П. Зыбин, В.М. Ключникова, Т.С. Кочеткова и др. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 264 с.
3. Зыбин Ю.П. Технология изделий из кожи – М.: Легкая индустрия, 1975 - 464 с.
4. Фукин В.А. Проектирование обувных колодок / В. А. Фукин, В.В. Костылева, В. П. Лыба. – М.: Легпромбытиздат, 1987. - 87 с.
5. Лиокумович В. Х. Конструирование обуви по индивидуальным заказам. – М: Легкая и пищевая промышленность, 1984. - 112 с.
6. Горбачик В.Е. Конструирование обуви. Учебно-методическое пособие/ В.Е. Горбачик, А.И. Линник, С.В. Смелкова. -Витебск: ВГТУ, 2012. - 242с.
7. Кочеткова Т.С. Антропометрические и биомеханические основы конструирования изделий из кожи: Учебник для ВУЗов. / Т.С. Кочеткова, В.М. Ключникова. - М.: Легпромбытиздат, 1991. - 190 с.
8. Зыбин Ю.П. Учебник для студентов вузов легкой промышленности. / Ю.П. Зыбин, Д.И. Анохин, М.Ю. Гвоздев, А.Н. Калита, В.М. Ключникова, Э.М. Островитянов - М.: Легкая индустрия, 1975. - 464 с.
9. Калита А.Н. Справочник обувщика (Технология) / Е.Я. Михеева, Г.А. Мореходов, Т. П. Швецова и др. — М.: Легпромбытиздат, 1989. — 416 с.
10. Ключникова В.М. Практикум по конструированию изделий из кожи: учебное пособие для вузов по спец. "Технология изделий из кожи" и "Конструирование изделий из кожи" / В. М. Ключникова, Т. С. Кочеткова, А. Н. Калита; под ред. В. А. Фукина. – М.: Легпромбытиздат, 1985. - 336 с.

11. Фукин В.А. Технология изделий из кожи: учебник для вузов В 2 ч. Ч. 1 / Фукин В.А, Калита А.Н.- М: Легпромбытиздат,1988. - 272 с.
12. Фарниева О. В. и др. Соотношение между размерами стопы и колодки // Изв. вузов. Технология легкой пром-сти. 1968. № 6. С. 115–121.
13. Будил В. Конструирование колодок и моделей обуви. - М.: Ростехиздат, 1962. - 228 с.
14. Макарова В.С. Моделирование и конструирование обуви и колодок. - М.: Легпромиздат, 1987. - 211 с.
15. Фукин В.А., Буй В.Х. Биометрические составляющие проектирования внутренней формы обуви, -М: ИИЦ МГУДТ, 2010
16. Лыба, В. П. Теория и практика проектирования комфортной обуви: дис.... доктора техн. наук: 05.19.06 / Лыба Владимир Петрович. – М., 1996. – 314
17. Ченцова К. И. Проектирование и моделирование обувных колодок/ К. И. Ченцова – М.: Легкая индустрия, 1971. – 208с.
18. Грязева, И. В. Разработка методов эргономической оценки верха обуви по антропометрическим показателям: специальность 05.19.06 : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Грязева Ирина Витальевна. – Москва, 1992. – 18 с.
19. Семенова, Л. Г. Исследование и модификация формы колодок для производства обуви расширенного полного ассортимента : специальность 05.19.06 : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Семенова Любовь Германовна. – Санкт-Петербург, 2008. – 196 с.
20. Фукин В.А., Буй В.Х. Развитие теории и методологии проектирования внутренней формы обуви, -М., ФГБОУ ВПО «МГУДТ», 2015
21. Киселев С.Ю., Фукин В.А. Лабораторный практикум по дисциплине «Проектирование технологической оснастки», -М: ИИЦ МГУДТ, 2013, -51 стр.
22. Фукин В.А., Киселев С.Ю. Проектирование технологической оснастки обувного производства: учебное пособие, –М.:ИИЦ МГУДТ, 2003, -132 стр.

23. Калита А. Н. Конструкторско-технологические проблемы программированного проектирования обуви диссертация ... доктора технических наук : 05.19.06.- Москва, 1984.- 452 с.

24. Костылева В.В. Развитие теоретических и методологических основ автоматизированного проектирования обуви. Дис... докт. техн. наук. – М.: МТИЛП, 1994. – 307 с.

25. Киселев С.Ю. Разработка элементов САПР технологической оснастки обуви., Дис .канд. техн. наук. М., 1990, 179с.

26. Бекк В.Г. Разработка математического обеспечения процесса проектирования обувной заготовки, формуемой на автоматизированных обтяжно-затяжных машинах: Дисс. . канд. техн. наук. — М., 1989, -230с. 18.

27. Бекк Н. В. Развитие теоретических и методологических основ формирования промышленных коллекций изделий из кожи с использованием информационных технологий : диссертация ... доктора технических наук : 05.19.06.- Москва, 2002.- 450 с.: ил. РГБ ОД, 71 03-5/190-8

28. Бердникова И.П. Разработка метода интерактивного проектирования конструкций верха обуви для САПР. Дис. . канд. техн. наук. М.: РЗИТЛП. - 1998.- 208 с.

29. Семёнов А. А.: Разработка программно-методического комплекса автоматизированного проектирования и изготовления технологической оснастки обувного производства : диссертация ... кандидата технических наук : 05.19.06.- Москва, 2001.- 179 с.

30. Сказкин А.В., Разработка методики проектирования внутренней формы обуви на основе виртуальной визуализации поверхности стопы: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук: специальность 05.19. - Москва: 2010. - 22 с.

31. Киселев, С. Ю. Автоматизированное проектирование и изготовление технологической оснастки для производства обуви и протезно-ортопедических изделий : специальность 05.19.06 : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Киселев Сергей Юрьевич. – Москва, 2003. – 392 с.

32. Костылева В.В. Разработка конструкций обуви по показателям ортопедического статуса: монография / В. В. Костылева, В. М. Ключникова, Е. Г. Румянцева. – М. - МГУДТ, 2016. - 159 с.
33. Максимова И.А. Создание конструкций малосложной ортопедической обуви массового производства: дис. канд. техн. наук: 05.19.06. – Москва, 2003. - 361 с.
34. Бекк Н.В. Моделирование, конструирование и контроль качества ортопедической обуви для детей и взрослых. Учебное пособие./ Н.В. Бекк, И.В. Ключева, Т.С. Захожая (Лапина) и др.- М.: Инфра-М, 2016. – 96с.
35. Аржанникова Е.Е. Конструирование и технология ортопедической обуви: практическое пособие/ под редакцией Е.Е. Аржанниковой. – СПб.: ФГБУ СПб НЦЭПР им. Г.А. Альбрехта, 2016. – 352с.
36. Костылева В.В. О выборе средств ортопедической помощи при статических деформациях. / В.В. Костылева, Ю.С. Костюхова, И.В. Живулин и др. М.: МГАЛП, 1999. – 41с.
37. Голубева Ю.Б. Построение основных конструкций верха ортопедической обуви: Методическое пособие/ Ю.Б. Голубева, Е.И. Скимонт, Е.Л. Зимина и др. – СПб: ФГБУ СПб НЦЭПР им. Г.А. Альбрехта, 2007. - 33с.
38. Аветисова А.А. Разработка и обоснование конструкций ортопедического снабжения при ампутационных дефектах стоп: дис. канд. техн. наук: 05.19.06. – Москва, 2004. - 276 с.
39. Горелова И.К. Конструирование и технология ортопедической обуви, учебное пособие для средних учебных заведений. / И.К. Горелова, Е.Е. Аржанникова, Р.А. Иванов и др. – СПб: Санкт-Петербургский НИИ протезирования им. проф. Г.А. Альбрехта, 1996. – 340 с.
40. Бекк Н.В. Моделирование, конструирование и контроль качества ортопедической обуви для детей и взрослых. Учебное пособие./ Н.В. Бекк, И.В. Ключева, Т.С. Захожая (Лапина) и др.- М.: Инфра-М, 2016. – 96с.
41. Лиокумович В. Х. Конструирование обуви по индивидуальным заказам. – М: Легкая и пищевая промышленность, 1984. - 112 с.

42. Кудрявцев В.А. Назначение ортопедической обуви и обувных ортопедических изделий при различных деформациях стоп. Методическое пособие. – СПб: Знак, 2013. – 28с. 120.

43. Костюхова, Ю. С. Разработка методики автоматизированного проектирования вкладных ортопедических приспособлений обуви (на примере женской): специальность 05.19.06: диссертация на соискание ученой степени канд.техн. наук / Костюхова Юлия Сергеевна. – Москва, 1999. – 207 с.

44. Ю.С. Конарева. Эмпирический подход к моделированию ортопедической обуви/ Ю.С. Конарева // М.: ИИЦ РГУ им. А.Н. Косыгина. Дизайн и технологии. – 2016 - №52 (94) – с. 36-41

45. Научно-практические основы разработки конструкций ортопедической обуви для детей с ДЦП с позиций инклюзивного дизайна / В. В. Костылева, Т. С. Лапина, Н. В. Бекк, Л. А. Белова. – Москва : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)", 2021. – 173 с. – ISBN 978-5-00181-156-5.

46. Тоффлер, Э. Третья Волна. – М.: ООО «Фирма «Издательство АСТ», 2004.

47. Вапнярская, О. И. Генезис и современные подходы к определению кастомизации / О. И. Вапнярская // Сервис в России и за рубежом. – 2014. – № 6(53). – С. 189-201. – DOI 10.12737/6698.

48. Данько, Т.П. Управление маркетингом. – 2-е изд. – М.: ИНФРА-М, 2001.

49. Брежнева, В. М. Кастомизация как новая парадигма управления маркетингом / В. М. Брежнева // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2012. – № 1(41). – С. 306-312.

50. Азоев, Г. Л. Технологии кастомизации / Г. Л. Азоев, В. С. Старостин // Маркетинг. – 2013. – № 1(128). – С. 86-102.

51. Вайсман, А. Стратегия маркетинга: 10 шагов к успеху; Стратегия менеджмента: 5 факторов успеха / А. Вайсман. М.: АО «Интерэксперт», Экономика, 1995. – 437 с.

52. D. Roma Footwear Design. The paradox of "tailored shoe" in the contemporary digital manufacturing systems / [A. D. Roma](#). – DOI: [10.1080/14606925.2017.1352780](https://doi.org/10.1080/14606925.2017.1352780) // The Design Journal, 12th EAD Conference Sapienza University of Rome 12-14 April 2017/ – URL: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14606925.2017.1352780> (дата обращения: 9.08.2021).

53. Stan Davis. Future Perfect: Tenth anniversary edition / Basic Books, Updated edition. – 1997. – 272 P. – URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-349-11255-5_2 (дата обращения 15.09.20).

54. Joseph Pine II. Making Mass customization work / Bart Victor, Andrew C. Boynton // Harvard Business Review. – Januar 1993. – 71(5). – URL: https://www.researchgate.net/publication/240104695_Making_Mass_Customization (дата обращения: 10.07.2021)

55. Joseph Pine II. Beyond Mass Customization // Harvard Business review. – May 2011. – №2. – URL: <https://hbr.org/2011/05/beyond-mass-customization> (дата обращения: 11.07.2021)

56. Рулева, Ю. С. Интеллектуализация менеджмента в условиях новой экономики / Ю. С. Рулева // Вестник Рязанского государственного университета имени С.А. Есенина. – 2009. – № 2(23). – С. 47-63.

57. Баркова, Н. Ю. Массовая кастомизация в индустрии моды / Н. Ю. Баркова // Вестник университета. – 2018. – № 5. – С. 85-90. – DOI 10.26425/1816-4277-2018-5-85-90.

58. Медведева, О. А. Кастомизация как основной вектор развития предприятий легкой промышленности в новых условиях развития рынка / О. А. Медведева, Е. С. Рыкова // Костюмология. – 2021. – Т. 6. – № 1. – DOI 10.15862/21IVKL121.

59. Массовая кастомизация. Представление и продвижение промышленных коллекций в индустрии моды : Электронное учебное пособие для магистров по направлению 29.04.05 Конструирование изделий легкой промышленности / И. А. Петросова, Е. В. Лунина, М. А. Гусева, Е. Г. Андреева. – Москва : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)", 2018. – 201 с. – ISBN 978-5-87055-686-4.

60. Брежнева, В. М. Массовая кастомизация услуг розничной торговли / В. М. Брежнева, О. С. Долгих // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2014. – № 2(50). – С. 326-332.

61. Романовский, Р. С. Массовая кастомизация как перспективное направление в развитии промышленного производства / Р. С. Романовский, И. А. Петросова, Е. Г. Андреева // Костюмология. — 2021. — Т. 6. — No 4. — URL: [https:// kostumologiya.ru/PDF/05TLKL421.pdf](https://kostumologiya.ru/PDF/05TLKL421.pdf)

62. James H. Gilmore. The four face of mass customization / B. Joseph Pine II // Harvard Business Review. Operation Management. – January-February 1997. – URL: <https://hbr.org/1997/01/the-four-faces-of-mass-customization> (дата обращения 29.10.20).

63. Петросова И.А. 3D- проектирование внешней формы и конструкции швейных изделий с высоким антропометрическим соответствием фигуре. / И.А. Петросова, М.А. Гусева, Е.Г. Андреева, Г.П. Зарецкая.// Дизайн. Материалы. Технология. – 2018 - №1(49). – с. 114-118.

64. Кастомизированная коррекция типового виртуального манекена оболочкой переменной толщины / М. А. Гусева, Е. Г. Андреева, В. С. Белгородский [и др.] // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2019. – № 2(380). – С. 113-123.

65. Массовая кастомизация как инструмент онлайн продаж промышленных коллекций одежды / И. А. Петросова, Е. Г. Андреева, В. С.

Белгородский [и др.] // Текстильная и легкая промышленность. – 2019. – № 1. – С. 28-31.

66. [Электронный ресурс] <https://fashion.ru/news/kak-personalizatsiya-mozhet-iskorenit-odnoobrazie-v-mode/> (дата обращения: 01.10.2021)

67. [Электронный ресурс] <https://www.the-village.ru/service-shopping/service-shopping/129845-diy> (дата обращения: 06.10.2021)

68. Медведева, О. А. Кастомизация обуви как основной инструмент в производстве / О. А. Медведева, Е. С. Рыкова // Молодые ученые - развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК). – 2020. – № 1. – С. 445-447.

69. Латыпова, В. Н. Разработка ассортимента женской обуви на основе принципа кастомизации / В. Н. Латыпова, Ю. С. Конарева // Инновационное развитие техники и технологий в промышленности (ИНТЕКС-2020) : Сборник материалов Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием, посвященной Юбилейному году в ФГБОУ ВО "РГУ им. А.Н. Косыгина", Москва, 14–16 апреля 2020 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)", 2020. – С. 125-128.

70. Формирование ассортимента обувных предприятий на основе модульного проектирования / В. Н. Латыпова, Ю. С. Конарева, О. В. Синева, А. И. Карасева // Современные инженерные проблемы в производстве товаров народного потребления : Сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума; III Международного Косыгинского Форума, Москва, 20–21 октября 2021 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)", 2021. – С. 67-72.

71. Латыпова, В. Н. Совершенствование продукции обувного производства на основе принципа кастомизации / В. Н. Латыпова, Ю. С.

Конарева // Прогрессивные технологии и оборудование: текстиль, одежда, обувь : Материалы докладов Международного научно-практического симпозиума, Витебск, 03 ноября 2020 года. – Витебск: Витебский государственный технологический университет, 2020. – С. 145-147.

72. Кастомизация конструкций ортопедической обуви / Т. С. Лапина, В. В. Костылева, Л. А. Белова, Н. В. Бекк // Дизайн и технологии. – 2019. – № 72(114). – С. 29-33.

73. 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.

74. Пушкарёва, Т. А. Об опыте кастомизации в индустрии моды / Т. А. Пушкарёва, Ю. С. Конарева // Инновации и технологии к развитию теории современной моды «мода (материалы. Одежда. дизайн. аксессуары)» : Сборник материалов I Международной научно-практической конференции, посвященной Фёдору Максимовичу Пармону, Москва, 05–07 апреля 2021 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)", 2021. – С. 213-217.

75. Incorrectly fitted footwear, foot pain and foot disorders: a systematic search and narrative review of the literature | Journal of Foot and Ankle Research | URL: <https://jfootankleres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13047-018-0284-z> (дата обращения: 06.10.2021)

76. If the shoe fits: development of an on-line tool to aid practitioner/patient discussions about 'healthy footwear' // Journal of Foot and Ankle Research URL: <https://jfootankleres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13047-016-0149-2> (дата обращения: 06.10.2021)

77. Шотовская, Е. Р. Комплексное решение оптимизации продаж обуви посредством рационализации методов ее подбора / Е. Р. Шотовская, Н. В. Яковлева // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. – 2018. – Т. 40. – № 2. – С. 88-91.

78. Особенности подбора детской обуви с современных позиций / Л. А. Ойстачер, О. В. Синева, В. В. Костылева [и др.] // Современные инженерные проблемы в производстве товаров народного потребления : Сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума; III Международного Косыгинского Форума, Москва, 20–21 октября 2021 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)", 2021. – С. 29-32.

79. Киселев, С. Ю. Совершенствование технологий интернет-торговли обувью / С. Ю. Киселев, Е. О. Ермакова // Современные инженерные проблемы в производстве товаров народного потребления : Сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума, Международного Косыгинского Форума, Москва, 29–30 октября 2019 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)", 2019. – С. 73-78.

80. Jones, P., Bus, S.A., Davies, M.J. *et al.* Toe gaps and their assessment in footwear for people with diabetes: a narrative review. *J Foot Ankle Res* **13**, 70 (2020). <https://doi.org/10.1186/s13047-020-00439-3>

81. McRitchie, M., Branthwaite, H. & Chockalingam, N. Footwear choices for painful feet – an observational study exploring footwear and foot problems in women. *J Foot Ankle Res* **11**, 23 (2018). <https://doi.org/10.1186/s13047-018-0265-2>

82. Price, C., Haley, M., Williams, A. *et al.* Professional appraisal of online information about children's footwear measurement and fit: readability, usability and quality. *J Foot Ankle Res* **13**, 2 (2020). <https://doi.org/10.1186/s13047-020-0370-x>

83. Лукач, А. Ю. Развитие методик виртуальной примерки обуви / А. Ю. Лукач, С. Ю. Киселев, Е. О. Ермакова // Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности : Материалы Международной научно-технической конференции, Витебск, 13–14 ноября 2019 года. – Витебск: Витебский государственный технологический университет, 2019. – С. 166-169.

84. Виртуальные примерочные – путь к массовой кастомизации одежды и обуви [Электронный ресурс] – URL: <https://spark.ru/startup/imigize/blog/32926/virtualnie-primerochnie-put-k-massovoj-kastomizatsii-odezhdi-i-obuvi> (дата обращения: 12.11.2020)

85. Виртуальная примерочная. Как VR-технологии меняют нашу привычку покупать [Электронный ресурс] – URL: <https://www.forbes.ru/forbes-woman/365375-virtualnaya-primerochnaya-kak-vr-tehnologii-menyayut-nashu-privychku-pokupat> (дата обращения: 14.12.2020)

86. Костылева В.В., Литвин Е.В., Разин И.Б., Смирнов Е.Е. Информационные телекоммуникационные технологии в производственно-сбытовой деятельности. 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. С. 64–69.

87. Chatterji, G., Patel, Y., Jain, V. et al. Impact of COVID-19 on Orthopaedic Care and Practice: A Rapid Review. JOIO 55, 839–852 (2021). <https://doi.org/10.1007/s43465-021-00354-0>

88. Ермакова, Е. О. Перспективы применения виртуальной примерки в производстве индивидуальной ортопедической обуви / Е. О. Ермакова, С. Ю. Киселев // Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности (ИНТЕКС-2019) : Сборник материалов Международной научной студенческой конференции, Москва, 16 апреля 2019 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)", 2019. – С. 160-162.

89. Try.Fit: как программист создал технологию для виртуальной примерки обуви (и тестирует разработку с Adidas и «Эконикой») [Электронный ресурс] – URL: <https://incrussia.ru/concoct/try-fit-kak-programmist-sozdal-tehnologiyu-dlya-virtualnoy-primerki-obuvi-i-testiruet-razrabotku-s/> (дата обращения: 7.06.2020)
90. [Электронный ресурс] – URL: <http://www.try.fit/#Fitstation> (дата обращения: 10.06.2020)
91. [Электронный ресурс] – URL: <https://imigize.ru/technology> (дата обращения: 10.06.2020)
92. Онлайн-примерка обуви: будущее рядом [Электронный ресурс] – URL: <https://e-pepper.ru/news/onlajn-primerka-obuvi-budushhee-ryadom.html> (дата обращения: 10.06.2020)
93. Как устроена виртуальная примерка обуви у FITTIN [Электронный ресурс] – URL: https://www.shoes-report.ru/articles/prodazhi/kak_ustroena_virtualnaya_primerka_obuvi_u_fittin/ (дата обращения: 10.06.2020)
94. [Электронный ресурс] – URL: <https://www.newlast.com/?lang=ru> (дата обращения: 9.01.2021)
95. [Электронный ресурс] – URL: <https://spotsize.io/product/> (дата обращения: 10.11.2021)
96. Gucci сделал AR-примерку кроссовок [Электронный ресурс] – URL: <https://apptractor.ru/info/apps/gucci-ar.html> (дата обращения: 10.11.2021)
97. Lamoda запустила в приложении на iOS виртуальную примерку кроссовок от белорусского AR-стартапа Wannaby [Электронный ресурс] – URL: <https://vc.ru/services/79510-lamoda-zapustila-v-prilozhenii-na-ios-virtualnuyu-primerku-krossovok-ot-belorusskogo-ar-startapa-wannaby> (Дата обращения: 10.11.2021)
98. ГОСТ Р 54407-2011 «Обувь ортопедическая. Общие технические условия» [Электронный ресурс] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200097605> (дата обращения: 10.11.2021)

99. Конарева, Ю. С. О распространенных методах диагностики деформаций стоп человека / Ю. С. Конарева // Технологии, дизайн, наука, образование в контексте инклюзии : Сборник научных трудов. – Москва : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)", 2018. – С. 54-63.

100. Педографическая оценка влияния готовой ортопедической обуви на распределение нагрузки под стопами у пациентов с высоким риском развития синдрома диабетической стопы / В. Б. Бреговский, О. В. Удовиченко, А. Г. Демина [и др.] // Сахарный диабет. – 2020. – Т. 23. – № 5. – С. 442-451. – DOI 10.14341/DM12401.

101. Маатказиева, Н. Э. О конструкциях и технологии изготовления вкладных ортопедических стелек / Н. Э. Маатказиева, Ю. С. Конарева // Технологии, дизайн, наука, образование в контексте инклюзии : Сборник научных трудов. – Москва : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)", 2018. – С. 133-140.

102. [Электронный ресурс] – URL:<http://scanpod3d.com/> (дата обращения: 5.07.2019)

103. Медведева, О. А. Инклюзивная мода как часть эргодизайна / О. А. Медведева, Е. С. Рыкова // Эргодизайн как инновационная технология проектирования изделий и предметно-пространственной среды: инклюзивный аспект : Сборник научных трудов. – Москва : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)", 2019. – С. 97-99.

104. Лапина, Т. С. Мода в конструкциях ортопедической обуви для лиц с заболеванием ДЦП / Т. С. Лапина, В. В. Костылева, Л. П. Евсеева // Дизайн и технологии. – 2019. – № 69(111). – С. 22-26.

105. [Электронный ресурс] – URL: https://www.orto-s.ru/pokupatelyam_i_pacientam/profilakticheskie_i_lechebnye_stelki/ (дата обращения: 15.09.2021)

106. Конструирование изделий из кожи. Проектирование верха обуви по методу школы APC Сутория (г. Милан). Лабораторный практикум для студентов специальности 1-50 02 01 «Конструирование и технология изделий из кожи» специализации 1-50 02 01 03 «Конструирование обуви». – Витебск: Министерство образования Республики Беларусь, УО «ВГТУ», 2012. – 64 с.

107. Лапина Т. С. Разработка и обоснование конструкций ортопедической обуви для детей с ДЦП с позиций инклюзивного дизайна: специальность 05.19.05 диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Лапина Татьяна Сергеевна. – Москва, 2019. – 147 с.

108. Ермакова, Е. О. Инновационные технологические решения при подборе и изготовлении ортопедической обуви / Е. О. Ермакова, С. Ю. Киселев, Г. Ю. Волкова // Дизайн и технологии. – 2019. – № 73(115). – С. 23-30.

109. Ермакова, Е. О. Применение CAD/CAM и it-технологий в производстве ортопедической обуви / Е. О. Ермакова, С. Ю. Киселев, Г. Ю. Волкова // Эргодизайн как инновационная технология проектирования изделий и предметно-пространственной среды: инклюзивный аспект : Сборник научных трудов. – Москва : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)", 2019. – С. 138-140.

110. Казеннов И. О. Разработка системы оперативного поиска конструкций ортопедической обуви и средств реабилитации: дис. канд. тех. наук: 05.19.05 - Москва, 2011. - 215 с.

111. Савоськин, Е. М. Разработка автоматизированного процесса создания ортопедических колодок на основе бесконтактного обмера стоп, проектирования и изготовления : специальность 05.19.05 "Технология кожи, меха, обувных и кожевенно-галантерейных изделий" : автореферат диссертации

на соискание ученой степени кандидата технических наук / Савоськин Евгений Михайлович. – Казань, 2016. – 22 с.

112. Максименко А. Н. Разработка базы знаний для поиска протезно-ортопедических изделий и средств реабилитации в информационном фонде: специальность 05.19.05 : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Максименко Александр Николаевич. – Москва, 2021. – 147с.

113. Ермакова, Е. О. Автоматизированное проектирование индивидуальной ортопедической обуви / Е. О. Ермакова, С. Ю. Киселев, Г. Ю. Волкова // Материалы докладов 51-й международной научно-технической конференции преподавателей и студентов в двух томах, Витебск, 25 апреля 2018 года. – Витебск: Витебский государственный технологический университет, 2018. – С. 115-117.

114. Федеральный закон от 30.12.2020 № 491-ФЗ "О приобретении отдельных видов товаров, работ, услуг с использованием электронного сертификата" [Электронный ресурс] – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202012300026?index=0&rangeSize=1> (дата обращения: 21.12.2021).

115. 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 DOI: <https://doi.org/10.2991/ahsr.k.201001.025>

116. Киселев, С. Ю. К вопросу использования принципов перехода от формы и размеров стопы к параметрам рациональной внутренней формы обуви при разработке методов дистанционного подбора обуви / С. Ю. Киселев, Е. О. Ермакова // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2020) : Сборник материалов Международной научно-технической конференции, Москва, 12 ноября 2020 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего

образования "Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)", 2020. – С. 173-176.

117. Киселев, С. Ю. Формообразование обуви и обувная колодка / С. Ю. Киселев, 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. 96-99.

118. ГОСТ Р 53800-2010 «Колодки обувные ортопедические. Общие технические условия» М.: Стандартинформ, 2011. – 8 с.

119. ГОСТ 3927-88 «Колодки обувные. Общие технические условия» [Электронный ресурс] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200019187> (Дата обращения: 12.09.2019)

120. ГОСТ 3927-75 «Колодки обувные. Общие технические условия» М. : Издательство стандартов, 1978. – 63 с.

121. Фарниева О.В. и др. Соотношения между размерами стопы и колодки // Изв. Вузов. Технол. легк. пром., 1968, №6, -с. 115-121.

122. Рындич А.А. Основы проектирования обувных колодок и верха обуви массового производства: Дис. ... канд. техн. наук. – М., 1954.

123. Фукин В.А. Теоретические основы проектирования внутренней формы обуви: Учебное пособие. - Издание третье, исправленное и дополненное / Фукин В.А.; [пер. с русс, на нем. Костылева В.В.] ; отв. ред. Белгородский В.С. - Москва: Экономическое образование, 2010. - 386 С.

124. Лыба В.П. Расчет параметров рациональной внутренней формы обуви на основе силового взаимодействия стопы с обувью: Дис. ... канд. техн. наук. – М., 1983. – 244с.

125. Киселев, С. Ю. Методика перехода от формы и размеров стопы к параметрам колодки спортивной обуви для катания на роликовых коньках / С. Ю. Киселев, Т. А. Смирнова // Изделия легкой промышленности как средства

повышения качества жизни лиц с ограниченными возможностями по здоровью : практические решения : сборник научных статей. – Москва : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский государственный университет дизайна и технологии", 2017. – С. 216-219.

126. Макуха В.И. Изменение размеров стопы в процессе движения. – Науч. тр. МТИЛП. – М.: Легкая индустрия, 1962, вып №22, с 153-161.

127. Рекомендации по изготовлению ортопедической обуви для пациентов с сахарным диабетом / О. В. Удовиченко, В. Б. Бреговский, Г. Ю. Волкова [и др.] // Сахарный диабет. – 2006. – № 3. – С. 46-57

128. Азгальдов, Г. Г. О квалиметрии / Г. Г. Азгальдов, Э. П. Райхман ; под редакцией А.В. Гличева. – Москва : Издательство стандартов, 1973. – 172 с.

129. Шапошников, В. А. Квалиметрия / В. А. Шапошников. – Екатеринбург : Российский государственный профессионально-педагогический университет, 2016. – 134 с. – ISBN 978-5-8050-0601-3.

130. Сервис для онлайн-опросов [Электронный ресурс] – URL: <https://www.surveymonkey.com/ru/>

131. 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.

132. 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 І міжнародної науковопрактичної інтернет-конференції (м. Київ, 24 березня 2021 р.). Київ, 2021. 120 с.

133. Киселев, С. Ю. Методика виртуального подбора обуви по данным 3D-сканирования стоп / С. Ю. Киселев, Л. В. Белякова, Е. О. Ермакова // Эргодизайн как инновационная технология проектирования изделий и предметно-пространственной среды: инклюзивный аспект : Сборник научных трудов. – Москва : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)", 2019. – С. 115-121.

134. [Электронный ресурс] – URL: <https://atom-shoemaster.com/en/>

135. [Электронный ресурс] – URL: <https://www.comelz.com/index.html>

136. Когаловски М.Р. Энциклопедия технологий баз данных, Финансы и статистика, Москва, 2005, 800с.

137. Алгоритм виртуальной примерки обуви / С. Ю. Киселев, А. В. Белякова, Е. О. Ермакова [и др.] // Научно-технический вестник Поволжья. – 2018. – № 12. – С. 149-152.

138. 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

139. 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.

140. 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.

141. 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> DOI: 10.15862/01TLKL421

ПРИЛОЖЕНИЕ А

«УТВЕРЖДАЮ»

Первый проректор-

проректор по учебно-методической
работе РГТУ им. А.Н.Косыгина

д.э.н., проф.  Дембицкий С.Г.

« 28 »  2021 г.

АКТ

внедрения в учебный процесс

Мы, нижеподписавшиеся, Костылева В.В., Конарева Ю.С., Киселев С.Ю. составили настоящий акт о том, что отдельные результаты теоретических исследований, полученные в диссертации Ермаковой Е.О., 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»).

Зав. кафедрой ХМК и ТИК
д.т.н, проф.

В.В. Костылева

к.т.н, доц. кафедры ХМК и ТИК

Ю.С. Конарева

д.т.н., проф. кафедры ХМК и ТИК

С.Ю. Киселев



ПРИЛОЖЕНИЕ Б

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе

РГУ им. А. Н. Косыгина

Силаков А. В.

« 21 » 12 2021г.



«УТВЕРЖДАЮ»

Генеральный директор

ООО «Аквелла»

Чернышева Е. И.

« 20 » 12 2021г.



АКТ

апробации результатов диссертационной работы на тему:
«Разработка концепции кастомизации ортопедической обуви»

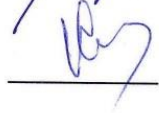
Настоящий акт составили представители ООО «Аквелла» и РГУ им. А. Н. Косыгина в том, что база данных для автоматизированного подбора ортопедической обуви, разработанная при непосредственном участии аспиранта Ермаковой Е. О. (научный руководитель – д.т.н., проф. Киселев С. Ю.) при выполнении диссертационной работы «Разработка концепции кастомизации ортопедической обуви», прошла промышленную апробацию в производственных условиях ООО «Аквелла». При создании базы данных использованы параметры ортопедических колодок ООО «Аквелла», полученные аспирантом в ходе обмера.

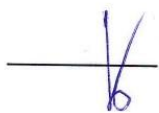
Разработанную базу данных предполагается использовать на ООО «Аквелла» при ортопедическом обеспечении пациентов: в ходе подбора малосложной ортопедической обуви и при проектировании обуви по индивидуальным заказам.

Представители РГУ им. А. Н. Косыгина

Представители ООО «Аквелла»

 Ермакова Е. О.

 Киселев С. Ю.

 Костылева В. В.

 Дуровина О. С.

 М. А. Кощаченко

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Форма онлайн-опроса экспертов

1. Как вы считаете, несоответствие какого параметра внутренней формы обуви (колодки) параметрам стоп в большей степени вызывает дискомфорт и может привести к деформациям стоп? Расставьте параметры в порядке значимости: на первом месте наиболее значимый параметр, на последнем - наименее значимый.*

Подсказка: передвигайте параметры вверх или вниз с помощью левой кнопки мыши.

- ◇ 1. Несоответствие длины следа обуви длине стопы
- ◇ 2. Несоответствие обхватных значений стопы и колодки в середине пучков (сечение 0,68/0,72L)
- ◇ 3. Несоответствие обхватных значений в области прямого взъема (обхват в середине стопы и обхват колодки через точку на гребне в сечении 0,55L и наиболее узкое место следа)
- ◇ 4. Несоответствие ширины следа обуви в пучках (сечение 0,68L)
- ◇ 5. Несоответствие ширины наиболее узкого места следа колодки параметрам стопы (сечение 0,4L – условно самое узкое место в геленочной области)
- ◇ 6. Несоответствие ширины следа параметрам стопы в области пятки (сечение 0,18L)
- ◇ 7. Высота носочной части обуви (колодки) меньше высоты пальцев стопы (сечения 0,9L, 1L)
- ◇ 8. Несоответствие габаритных размеров колодки параметрам стопы в области пятки (сечение 0,18L)
- ◇ 9. Несоответствие габаритных размеров колодки параметрам стопы в области середины пучков (сечение 0,68/0,72L)

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Фрагмент таблицы Excel с параметрами базовых колодок ООО «Аквелла»

LastName	n+	m+	Штихмассо вый	Длина следа	Обхват 0,68- 0,72	Обхват 0,55	Ширина следа 0,68	Ширина следа 0,4	Ширина следа 0,18	Высота 0,9	Высота 1	Габарит колодки в пучках	Габарит колодки в пятке
Ж-Оксана З	исх	исх	36	238	235,5	273	81	55	59	29	24,0	86	62
Ж-Оксана З	6	0	42	278,02	259,50	300,8	88,98	60,42	64,81	31,96	26,45	94,76	68,32
Ж-Оксана З	5		41	271,35	255,50	296,2	87,65	59,52	63,84	31,46	26,04	93,30	67,27
Ж-Оксана З	4		40	264,68	251,50	291,5	86,32	58,61	62,88	30,97	25,63	91,84	66,21
Ж-Оксана З	3		39	258,01	247,50	286,9	84,99	57,71	61,91	30,48	25,22	90,38	65,16
Ж-Оксана З	2		38	251,34	243,50	282,3	83,66	56,81	60,94	29,99	24,82	88,92	64,11
Ж-Оксана З	1		37	244,67	239,50	277,6	82,33	55,90	59,97	29,49	24,41	87,46	63,05
Ж-Оксана З	0		36	238,00	235,50	273,0	81,00	55,00	59,00	29,00	24,00	86,00	62,00
Ж-Оксана З	-1		35	231,33	231,50	268,4	79,67	54,10	58,03	28,51	23,59	84,54	60,95
Ж-Оксана З	-2		34	224,66	227,50	263,7	78,34	53,19	57,06	28,01	23,18	83,08	59,89
Ж-Оксана З	-3		33	217,99	223,50	259,1	77,01	52,29	56,09	27,52	22,78	81,62	58,84
Ж-Оксана З	-4		32	211,32	219,50	254,5	75,68	51,39	55,12	27,03	22,37	80,16	57,79
Ж-Оксана З	-5		31	204,65	215,50	249,8	74,35	50,48	54,16	26,54	21,96	78,70	56,73
Ж-Оксана З	-6		30	197,98	211,50	245,2	73,02	49,58	53,19	26,04	21,55	77,24	55,68
Ж-Оксана З	-7		29	191,31	207,50	240,5	71,69	48,68	52,22	25,55	21,15	75,77	54,63