

Научный журнал «Костюмология» / Journal of Clothing Science <https://kostumologiya.ru>

2021, №4, Том 6 / 2021, No 4, Vol 6 <https://kostumologiya.ru/issue-4-2021.html>

URL статьи: <https://kostumologiya.ru/PDF/01TLKL421.pdf>

DOI: 10.15862/01TLKL421 (<https://doi.org/10.15862/01TLKL421>)

Ссылка для цитирования этой статьи:

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

For citation:

Ermakova E.O., Kiselev S.Yu., Smirnov E.E. The optimization of orthopedic providing of patients based on automated shoe selection and principles of customization. *Journal of Clothing Science*, 4(6): 01TLKL421. Available at: <https://kostumologiya.ru/PDF/01TLKL421.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.15862/01TLKL421

Выражаем благодарность генеральному директору ООО «ЦПОСН «Ортомода» Волковой Галине Юрьевне за предоставленную возможность исследования процессов ортопедического обеспечения пациентов, производственных процессов изготовления индивидуальной ортопедической обуви с применением CAD/CAM-технологий

Выражаем благодарность генеральному директору ООО «Аквелла» Чернышевой Елене Ивановне за предоставленную возможность получения исходной информации о колодках и моделях ортопедической обуви для разработки реляционной базы данных, а также апробации результатов исследования в условиях производства индивидуальной ортопедической обуви и специализированного ортопедического салона

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-37-90152 «Разработка методологии автоматизированного подбора обуви»

The reported study was funded by RFBR, project number 19-37-90152

Ермакова Елена Олеговна

ФГБОУ ВО «Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва, Россия
Аспирант-выпускник
E-mail: farerm@mail.ru

Киселев Сергей Юрьевич

ФГБОУ ВО «Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва, Россия
Профессор
Доктор технических наук
E-mail: kiselev-syu@rguk.ru

Смирнов Евгений Евгеньевич

ФГБОУ ВО «Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва, Россия
Старший преподаватель
Кандидат технических наук
E-mail: smirnov-ee@rguk.ru

**Оптимизация ортопедического обеспечения
пациентов на основе автоматизированного подбора
обуви и принципов кастомизации**

Аннотация. Применение технологий автоматизированной «виртуальной», или бесконтактной примерки является актуальным при подборе малосложной ортопедической обуви массового или серийного производства для лиц с ограниченными возможностями

здоровья. Однако для автоматизированного подбора такой обуви существующие решения затруднительно применять по ряду причин; необходимо учитывать особенности патологии, параметры специальных ортопедических деталей, условия эксплуатации и другие факторы.

Эффективным подходом индивидуализации товаров ежедневного использования становится массовая кастомизация — изготовление продукции с учетом индивидуальных потребностей покупателя с использованием возможностей массового или серийного производства.

Интенсивное развитие технологий передачи и обработки данных, современных методов изготовления, основанных на использовании цифровых технологий компьютерного моделирования и проектирования создает возможность реформировать устоявшийся подход к индивидуальному изготовлению ортопедической обуви с применением принципов кастомизации. Однако требуется также преобразование внутрипроизводственных организационных процессов и традиционных алгоритмов ручного изготовления.

Целью настоящего исследования является разработка концепции кастомизации ортопедической обуви, обеспечивающей оптимальный подход к ортопедическому снабжению пациентов.

В статье представлена концептуальная модель кастомизации, которая отражает новый подход к ортопедическому обеспечению пациентов. Предложен алгоритм подбора ортопедической обуви, реализуемый с помощью разработанной методики комплексной оценки степени соответствия параметров внутренней формы обуви антропометрическим данным стоп.

Авторами разработана система кастомизации, в которой на основе рассчитываемой оценки заказы распределяются по уровню сложности доработки или изготовления и выполняются с использованием типовых вариантов кастомизации.

Практическая апробация полученных результатов предлагается на основе разработанной базы данных для автоматизации расчета оценки и подбора моделей.

Предлагаемый научно-обоснованный подход позволяет решить широкий круг задач, связанный с подбором обуви в целом ряде областей. Предложены перспективы применения полученных результатов исследования.

Ключевые слова: концепция кастомизации обуви; дистанционный заказ; бесконтактная примерка; обувная колодка; автоматизированный подбор обуви; ортопедическая обувь

Введение, актуальность, проблематика исследования

Осознанное потребление становится одной из главных глобальных тенденций современности. Перенасыщение рынка товарами повседневного пользования, интенсификация информационной среды, запрос на удобство, экономию времени и повышение мобильности заставляет современных производителей искать новые, более эффективные пути удовлетворения запросов потребителей. В этой связи возрастают объемы онлайн-продаж, что стало особенно заметным в период ограничений, связанных с пандемией Covid-19. Онлайн-покупки предоставляют покупателю ряд преимуществ, позволяя экономить время, находить нужные товары быстрее, осуществлять дистанционный заказ. Несомненно, интернет-торговля сделала более доступным приобретение товаров повседневного использования, в частности, одежды и обуви.

В то же время дистанционный заказ лишает потребителя возможности в полной мере оценить приобретаемое изделие. Число возвратов покупок одежды и обуви, совершаемых

онлайн, во многом связано с несоответствием размеров изделий антропометрическим параметрам потребителя [1].

Решением данной проблемы становятся технологии так называемой «виртуальной», или бесконтактной примерки, основанные на использовании методов и устройств цифрового трехмерного сканирования [2]. Назначение данных технологий заключается в оценке степени соответствия изделий индивидуальным антропометрическим параметрам заказчика.

На настоящий момент существует несколько компаний-разработчиков подобных технологий, объединенных схожим подходом, включающего сбор и обработку антропометрической информации и последующий подбор изделия в соответствии с полученными данными.

Применение бесконтактной примерки является особенно актуальным при подборе малосложной ортопедической обуви массового или серийного производства для лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ), имеющих заболевания нижних конечностей и нарушения опорно-двигательного аппарата [3]. Однако для подбора такой обуви существующие технологии бесконтактной примерки затруднительно применять по ряду причин. Первоначально требуется присутствие специалиста и использование специальных средств диагностики состояния стоп, чтобы определить возможность использования готовой ортопедической обуви. Кроме этого, необходимо учитывать особенности патологии, параметры специальных ортопедических деталей, условия эксплуатации и другие факторы [4–6].

В настоящее время дистанционный подбор и заказ ортопедической обуви может осуществляться без специальных технологий автоматизированного обмера и обработки данных. Это вынужденная мера, на которую идут производители для обеспечения обувью лиц с ОВЗ, не имеющих, например, возможности самостоятельного передвижения или имеющих удаленное место жительства. На практике при дистанционном заказе способ ортопедического обеспечения уточняется в процессе анализа полученных данных, делается предположение о возможности использования готовой ортопедической обуви, что не всегда подтверждается по итогам непосредственной примерки. При таких условиях повышается вероятность возникновения ошибок в подборе изделия, что ведет к издержкам и увеличивает сроки ортопедического обеспечения.

Таким образом, необходима разработка решений, позволяющих оценить степень соответствия готовой ортопедической обуви параметрам стоп пациента для более обоснованного определения способа обеспечения пациентов при дистанционном подборе и заказе изделий с учетом их специфики.

В современных условиях рынка индивидуализация продуктов и услуг с применением информационных технологий является еще одним из действенных инструментов для повышения лояльности покупателей и удовлетворения потребительского спроса. В этой связи эффективным подходом становится массовая кастомизация — изготовление товаров с учетом индивидуальных потребностей покупателя с использованием возможностей массового или серийного производства [7; 8].

Одним из основных принципов массовой кастомизации является стандартизация решений по доработке изделия. Таким образом, производитель предлагает варианты модификации товаров в соответствии с возможностями производства.

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

Соответствие параметров обуви индивидуальным антропометрическим данным стоп потребителя является не только необходимым условием эксплуатации, но и залогом успешной кастомизации. Изготовление повседневной обуви бытового назначения по принципам кастомизации основано преимущественно на модульном подходе, когда стандартные элементы изделия могут быть заменены на другие готовые элементы, либо изготовлены из альтернативных материалов, которые выбрал заказчик.

Изменение основы изделия — обувной колодки — усложняет процесс кастомизации по ряду причин. Для производителей трудность представляет, прежде всего, получение антропометрической информации и ее обработка. Обычно при кастомизации обуви, как минимум, учитывается размер, при этом другие показатели впрорности, такие как полнота, высота носочной части не всегда могут быть учтены производителем. В то же время неправильно подобранный размер или полнота обуви не только снижают ценность кастомизации из-за неудовлетворенности потребителя уровнем удобства и комфортности, но также становится причиной развития деформаций стоп или прогрессирования уже имеющихся [9; 10]. Таким образом, возможности бесконтактной примерки могут быть применимы при подборе обуви и для кастомизации.

В случае с ортопедической обувью функциональный аспект имеет большее значение, чем эстетические свойства: реабилитационный эффект изделия во многом зависит от соответствия параметров внутренней формы обуви (ВФО) данным стоп пациента. Подбор готовой малосложной ортопедической обуви является одним из способов ортопедического обеспечения пациентов. При невозможности подобрать готовую пару обуви изготавливается индивидуально. На сегодняшний день значительный процент индивидуальной ортопедической обуви изготавливается вручную, что увеличивает сроки ортопедического обеспечения и не позволяет достигнуть высокого качества индивидуальных изделий при необходимости их выпуска в требуемом объеме.

Применение интенсивно развивающихся технологий передачи и обработки данных, современных методов изготовления, основанных на использовании цифровых технологий компьютерного моделирования и проектирования отвечает принципам массовой кастомизации [11] и создает возможность реформировать устоявшийся подход к индивидуальному изготовлению ортопедической обуви [12]. Однако использование передовых технологий в данном случае не является безусловно эффективным. Требуется также преобразование внутрипроизводственных организационных процессов и традиционных алгоритмов ручного изготовления.

Поэтому разработка решений по оценке степени соответствия изделия данным стоп позволит не только осуществлять автоматизированный подбор ортопедической обуви, в том числе при дистанционном заказе, но и внедрить в практику ортопедического обеспечения подход кастомизации.

Целью настоящего исследования является разработка концепции кастомизации ортопедической обуви, обеспечивающей оптимальный подход к ортопедическому снабжению пациентов на основе оценки степени соответствия параметров внутренней формы обуви антропометрическим данным стоп.

Методы

Подбор ортопедической обуви как при непосредственном контакте с пациентом, так и дистанционно требует особых навыков от специалиста. Необходимо проанализировать разнообразные данные, такие как особенности патологии стоп пациента, имеющиеся в ассортименте подходящие по виду, конструкции, сезону носки, базовой конфигурации

специальных ортопедических деталей модели обуви. Кроме этого, оценить соответствие обуви по размеру, полнотным параметрам, индивидуальным анатомическим особенностям; оценить возможность подгонки внутренней формы обуви при необходимости, при этом учесть параметры вносимых изменений в конструкцию обуви; и еще ряд других факторов, возникающих в процессе подбора и примерки обуви. Результат подбора зависит не только от квалификации специалиста, оказывающего помощь в подборе, но также способности пациента оценить впорность обуви, наличия моделей в требуемом размере и полноте, согласованности параметров ВФО и индивидуальных вкладных ортопедических элементов и др.

Концептуальное решение дистанционного автоматизированного подбора обуви основывается на переносе функции анализа данных со специалиста на программное обеспечение.

Исследования базируются на общенаучных подходах системного анализа. Для разработки решений, позволяющих проводить оценку соответствия параметров обуви данным стоп и последующий подбор изделия применены основы теоретического моделирования, принципы разработки рациональной внутренней формы обуви, методы квалиметрической оценки, принципы алгоритмизации и создания баз данных.

Результаты и обсуждение

По результатам проведенных исследований способов ортопедического обеспечения пациентов обувью, видов кастомизации изделий легкой промышленности [13], существующих решений бесконтактной примерки разработана концепция кастомизации ортопедической обуви на основе автоматизированного подбора обуви [14] (рис. 1).

При разработке концепции введено следующее понятие: кастомизация ортопедической обуви — это модификация компонентов конструкции базового изделия в процессе адаптации (подгонки) или индивидуального изготовления в соответствии с антропометрическими параметрами стоп и голени, медицинским назначением и эстетическими предпочтениями пациента.

Концепция кастомизации ортопедической обуви выражается в виде представленной модели (рис. 1) и заключается в следующем.

Подбор обуви начинается с диагностики морфофункционального состояния стоп, назначений и рекомендаций врача-ортопеда. По результатам осмотра предварительно определяется способ ортопедического обеспечения. На этом этапе фиксируются антропометрические параметры, требования к конструкции модели в соответствии с патологией. Затем на основе полученных исходных данных по алгоритму подбираются модели обуви, для которых по методике оценки степени соответствия ВФО данным стоп определяется рейтинг соответствия. В зависимости от того, насколько параметры внутренней формы обуви отвечают данным стоп пациента, конкретизируется способ ортопедического обеспечения. При умеренно выраженной деформации стоп готовая малосложная ортопедическая обувь с большей вероятностью может быть рекомендована пациенту. При начальном предположении о потенциально успешном подборе готовой обуви в результате может оказаться, что ни одна из доступных моделей не может быть рекомендована к непосредственному использованию из-за несоответствия ВФО данным стоп. В таком случае могут быть предложены различные типовые варианты кастомизации обуви, стандартизированные по определенным основаниям. Эффективность кастомизации достигается за счет применения стандартных типовых вариантов кастомизации, которые в целом описывают, каким образом изделие должно быть доработано в зависимости от степени соответствия параметрам стоп пациента.



Рисунок 1. Концептуальная модель кастомизации ортопедической обуви (разработано авторами)

В основу разработки решений для автоматизированного подбора обуви положена гипотеза: так как невозможно непосредственно сопоставить антропометрические данные стопы и параметры внутренней формы обуви, автоматизированный подбор обуви может производиться на основе сопоставления параметров рациональной колодки, рассчитанной по антропометрическим данным стоп пользователя, и реальной колодки, на которой проектировалась и изготавливалась модель. Рассчитываются только отдельные параметры рациональной колодки, которой на момент анализа не существует в физическом виде.

Исходными данными для разработки, в частности, являются процессы подбора готовой ортопедической обуви. Данный способ ортопедического обеспечения считается оптимальным, так как используется готовая малосложная ортопедическая обувь, конструкция которой разрабатывается на основе усредненных данных о форме и размерах стоп определенной группы патологии. Однако, подбор такой обуви не всегда возможен, в частности при особо сложных деформациях, когда требуется индивидуальное изготовление обуви.

Несмотря на унификацию конструкций по патологиям в каждом конкретном случае стопы могут иметь специфические области, форма которых обусловлена особенностями деформации, сочетанностью нескольких патологий и др. В этих случаях имеющиеся конструкции малосложной обуви могут не удовлетворять в полной мере антропометрическим данным и медицинским требованиям. Кроме этого, параметры внутренней формы обуви массового производства определяются на основе условных средних параметров стоп, полученных в ходе массовых антропометрических исследований, и, вследствие этого, в различной степени соответствуют индивидуальным данным стоп конкретного потребителя. Допустимы некоторые отклонения полученных таким образом параметров ВФО от рекомендуемых индивидуальных параметров, которые неощутимы при эксплуатации обуви, либо могут быть устранены при подгонке. Параметры ВФО могут быть доработаны до оптимальных значений с помощью вкладных ортопедических элементов, частичных изменений конструкции верха обуви. В случае несоответствия готовой обуви стопам с учетом необходимых вкладных ортопедических элементов принимается решение об индивидуальном изготовлении обуви.

Системно-деятельностный анализ реальных процессов подбора ортопедической обуви позволил установить закономерности между степенью соответствия ВФО параметрам стоп и способами обеспечения пациента обувью. На основе этого сформулированы категории соответствия ВФО параметрам стоп, характеризующиеся определёнными диапазонами отклонения параметров, которые соотносятся со способами обеспечения пользователя обувью:

1. Оптимальное соответствие — первый диапазон отклонений — применение готовой обуви.
2. Устранимое несоответствие — второй диапазон отклонений — кастомизация: адаптация (подгонка) обуви.
3. Неустраняемое несоответствие — третий диапазон отклонений — кастомизация: индивидуальное изготовление обуви с использованием конструкторско-технологической основы базовой модели.

Таким образом, при подборе обуви по разработанному алгоритму анализ параметров фактической колодки на соответствие рассчитанным параметрам необходимо проводить с учетом установленных диапазонов допустимых отклонений.

Для отнесения модели к определенной категории соответствия необходимо, чтобы все параметры колодки, на которой проектировалась и изготавливалась модель, не выходили за пределы диапазонов отклонений, отвечающих данной категории. В случае если хотя бы один из параметров не укладывается ни в один из диапазонов, модель отклоняется как не отвечающая параметрам рациональной внутренней формы обуви.

В простейшем случае реализации алгоритма при подборе готовой обуви массового производства проверяется соответствие параметров первому диапазону отклонений. Для подбора обуви для индивидуального изготовления количество диапазонов может быть расширено до трех.

Распределение моделей по категориям осуществляется с помощью методики оценки степени соответствия ВФО данным стоп. Методика разработана с использованием теоретических основ и методов квалиметрической оценки и реализуется путем сопоставления показателей отдельных параметров оцениваемой базовой колодки с соответствующими показателями параметров рациональной колодки, рассчитанной по данным стоп пациента. Оценка соответствия находится по отклонениям фактических параметров колодки от рассчитанных параметров рациональной колодки с учетом диапазона допустимых отклонений. В итоге рассчитывается комплексный показатель соответствия совокупности параметров фактической колодки рассчитанным параметрам.

Оценка отдельного i -го параметра $K(i)$ представляет собой функцию двух абсолютных величин — измеренного фактического параметра оцениваемой колодки $P_{\phi}(i)$ и рассчитанного по данным стопы параметра рациональной колодки $P_p(i)$:

$$K(i) = f(P_{\phi}(i), P_p(i)).$$

В подавляющем большинстве методик квалиметрии $K(i)$ является функцией отношения названных параметров:

$$K(i) = \varphi \left(\frac{P_{\phi}(i)}{P_p(i)} \right).$$

Такой вариант расчета не подходит для оценки соответствия параметров колодок, поскольку не учитывает диапазона допустимых значений параметра $P_{\phi}(i)$:

$$P_{\phi}(i) \in [P_p(i) - D(i); P_p(i) + D(i)],$$

где $D(i)$ — допустимое отклонение i -го параметра.

Кроме этого, для рассматриваемого случая оценки параметров обувных колодок, значения допустимых отклонений $D(i)$ параметров в большую и меньшую стороны не всегда являются одинаковыми.

С учетом данных замечаний предлагается рассчитывать отклонение $O(i)$ оцениваемого фактического значения параметра $P_{\phi}(i)$ от рекомендованного расчетного $P_p(i)$:

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

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

Оценка параметра $K(i)$ выражается как:

$$K(i) = 1 - O(i).$$

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 рассчитывается комплексный показатель соответствия K_0 . При расчете комплексного показателя необходимо учесть влияние каждого отдельного параметра на итоговую оценку, поэтому для каждого параметра определяется весовой коэффициент.

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

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

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

Для нахождения весовых коэффициентов выбранных параметров проведен онлайн-опрос 33 экспертов в области проектирования обуви и ортопедического обеспечения.

Экспертам было предложено с помощью метода ранжирования оценить значимость параметров обувной колодки, которые в совокупности в достаточно полной мере характеризуют ВФО. Согласованность мнений экспертов подтверждена коэффициентом конкордации: $W = 0,8$.

По итогам обработки полученных данных опроса (рис. 2) построен обобщенный ранжированный ряд, на основе которого рассчитаны весовые коэффициенты для каждого параметра.

С использованием формул перехода от данных стопы к параметрам ВФО на основе индивидуальных антропометрических данных стоп, полученных в процессе их 3D-сканирования или с помощью других методов обмера, рассчитываются параметры рациональной ВФО. При этом учитываются данные искомой модели, такие как: назначение по патологии, вид, конструкция обуви, сезон носки, материалы верха и подкладки, способ крепления на стопе, параметры вкладных ортопедических элементов.

Предлагаемая методика оценки учитывает основные, наиболее значимые параметры ВФО и соответствующие им данные стопы. Это означает, что при рекомендации к использованию обуви без внесения корректировок на основе полученной оценки не исключается фактическое локальное несоответствие, выявленное в результате

непосредственной примерки, из-за возможных специфических областей стопы, обусловленных патологией. При умеренно-выраженной деформации вероятность такого несоответствия сводится к минимуму, так как обувь подбирается из ассортимента, отвечающего особенностям патологии. В более сложных случаях, например, при сочетанности нескольких деформаций, вероятность подбора готовой обуви снижается. Стоит отметить, что оценка степени соответствия ВФО данным стоп по предлагаемой методике носит рекомендательный характер и способствует более обоснованному принятию решения об ортопедическом обеспечении пациента в условиях недостатка информации: при дистанционном контакте с пациентом, отсутствии информации о доступных размерах готовой обуви и др.

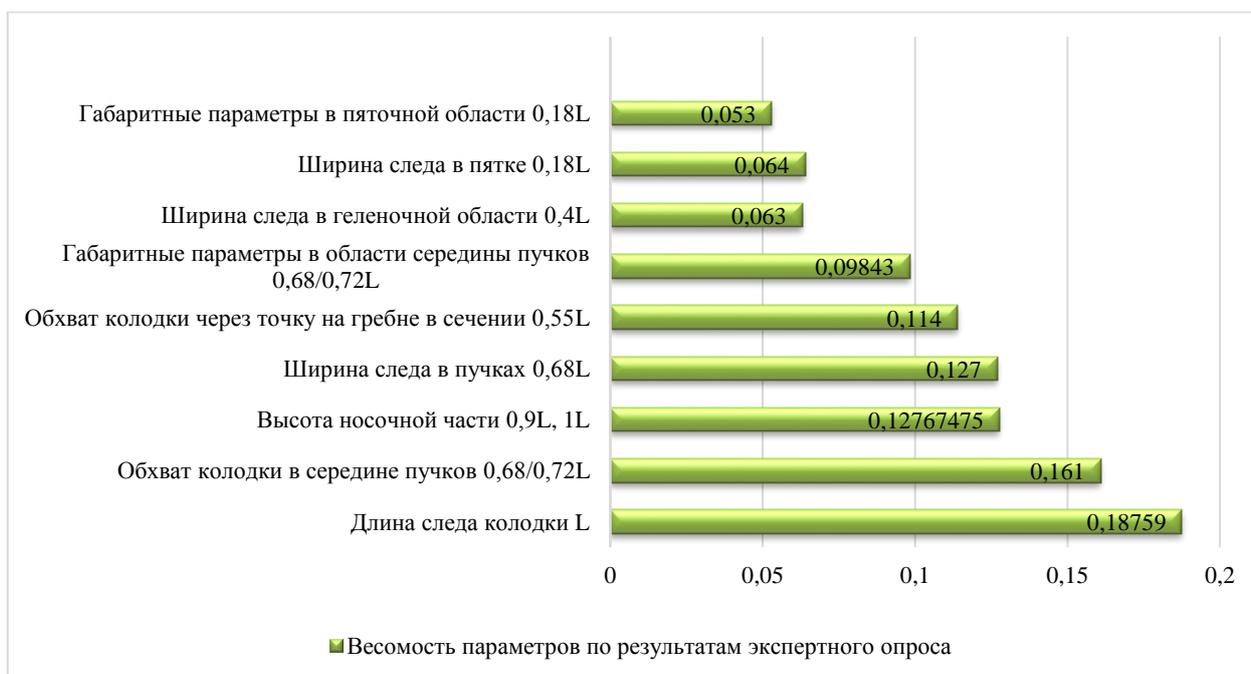


Рисунок 2. Диаграмма распределения весомости параметров колодок по результатам экспертного опроса (разработано авторами)

По результатам подбора и оценивания степени соответствия ВФО данным стоп определяется типовой вариант кастомизации с помощью системы кастомизации обуви (рис. 3). Система включает три уровня сложности, соотносящиеся с категориями соответствия базовой модели данным стоп.

Категории соответствия определяют сложность способа обеспечения пользователя обувью — от подбора готовой обуви до вариантов индивидуального изготовления. Сложность вносимых корректировок при кастомизации на каждом уровне повышается.

На первом уровне подобранные модели рекомендуются к непосредственному использованию. Кастомизация может быть выполнена для улучшения внешнего исполнения модели с учетом эстетических предпочтений пациента: базовая модель изготавливается из альтернативных материалов по запросу заказчика. Также возможно внесение незначительных локальных доработок в готовую модель или в конструкцию базовой модели при индивидуальном изготовлении, если по результатам фактической примерки выявлены локальные несоответствия специфическим областям стопы, не учтенные при анализе данных.

На втором уровне модели рекомендуются к доработке путем внесения частичных изменений в конструкцию готовой модели, либо в ее основу при индивидуальном изготовлении. Это может быть, например, доработка вкладных элементов, еще до анализа определяемая медицинскими назначениями, локальная модификация областей колодки,

которые по результатам анализа имеют неполное соответствие требуемым параметрам, корректировка элементов конструкции верха обуви и др.

На третьем уровне модели рекомендуются в качестве основы для индивидуального изготовления. Подбирается колодка, оптимально соответствующая требуемым рассчитанным параметрам, доработка которой при индивидуальном изготовлении займет меньшее время. Предварительный расчет параметров рациональной колодки позволит существенно облегчить работу модельера при подборе и доработке колодок для индивидуального изготовления.

На втором и третьем уровнях системы при создании индивидуальной колодки на основе базовой предлагается использовать возможности серийного градирования. Например, при отсутствии фактической колодки требуемой полноты индивидуальная колодка может быть получена путем градирования фактической колодки. Для этого достаточно предварительного расчета параметров колодок в дополнительных полнотах и/или размерах с использованием формул градирования для дальнейшего анализа на соответствие параметрам индивидуальной рациональной колодки.

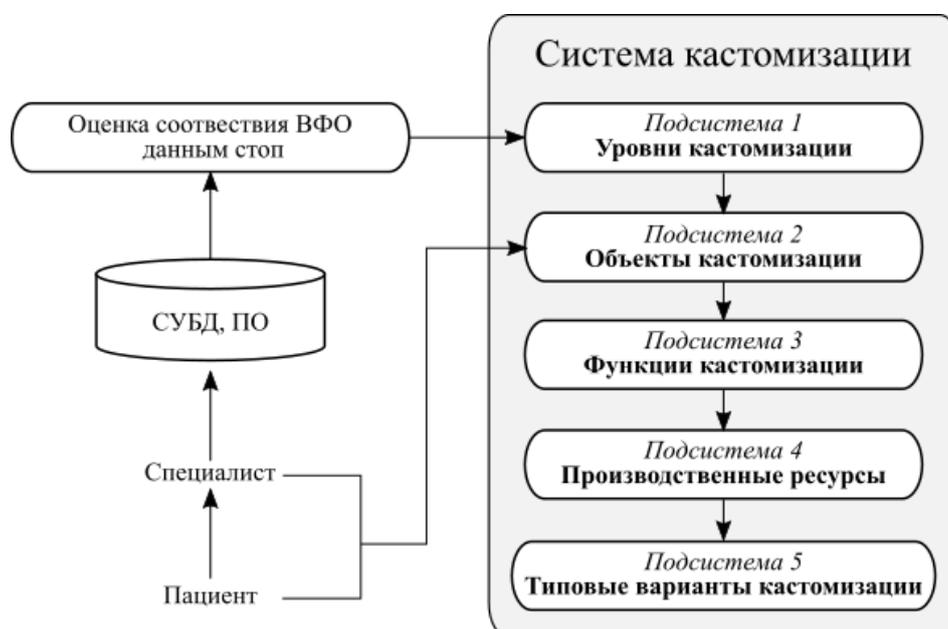


Рисунок 3. Структурно-функциональное представление системы кастомизации ортопедической обуви (разработано авторами)

По результатам подбора определяется объект кастомизации — готовая малосложная ортопедическая обувь, либо конструкторско-технологическая основа базовой модели при индивидуальном изготовлении, уточняются компоненты объекта, в которые будут внесены изменения: колодка, элементы конструкции верха, специальные ортопедические детали, комплектующие, материалы, отделка и др. В зависимости от того, что и в какой степени требуется доработать, конкретизируется функция кастомизации. Выделено 3 основные функции при обеспечении пациентов ортопедической обувью: адаптационная, эстетическая, адаптационно-эстетическая.

Адаптационная функция кастомизации — реализуется при необходимости улучшения эргономических свойств как готовой модели, так и индивидуальной пары при изготовлении на основе базовой модели.

Эстетическая функция — обеспечивается по запросу заказчика при соответствующих возможностях производства для улучшения внешнего исполнения базовой модели путем замены материалов, фурнитуры, отделки при изготовлении под заказ.

Адаптационно-эстетическая функция — включает одновременное улучшение эстетических и эргономических свойств модели при индивидуальном изготовлении.

Функция кастомизации задается как специалистом, так и пациентом на основе результатов автоматизированного подбора обуви и/или в ходе непосредственной примерки модели. При определении функции доработок уточняется подход к выполнению заказа, который соотносится с видом кастомизации. Дифференциация заказов по уровню сложности выполнения основана на определении степени соответствия параметров базовой модели исходным данным. Поэтому для описания кастомизации ортопедической обуви выбраны виды, объединённые в группу *по характеру изменения продукта*: экспертная, модульная, смешанная. Определение вида кастомизации дает специалистам дополнительную характеристику предстоящих работ при выполнении заказа. Так, например, экспертная кастомизация говорит о необходимости доработок, направленных на улучшение функциональных свойств модели; модульная — заказ выполняется по принципам массовой кастомизации; смешанная — необходимо улучшить как функциональные свойства обуви, так и эстетические.

С учетом объекта и функции кастомизации уточняются необходимые ресурсы и тип производства, в рамках которого кастомизация может быть осуществлена — индивидуальное или массовое/серийное.

На основе определения указанных структурных элементов системы выбирается типовой вариант кастомизации. Типовые варианты кастомизации, расположенные на различных уровнях системы, представляют собой набор стандартизированных инструкций и рекомендаций по выполнению индивидуального заказа. С помощью предлагаемого подхода заказы распределяются по сложности доработки, что позволяет оптимизировать производственные процессы: эффективно управлять ресурсами и сокращать время на выполнение заказа.

Для автоматизации подбора ортопедической обуви разработана реляционная база данных. Определены схема базы, структура таблиц с указанием свойств полей и связей между таблицами. В базе созданы таблицы, в которые внесены данные о моделях; таблицы для ввода данных о пациентах, включая антропометрические данные; созданы экранные формы для облегчения процедуры ввода, редактирования и просмотра данных таблиц; с помощью макросов интегрированы формулы для расчета параметров рациональной колодки, формулы для отбора моделей по диапазонам отклонений, формула расчета комплексного показателя соответствия. Таким образом, разработанная база данных служит средством реализации автоматизированного подбора обуви на основе алгоритма подбора и методики оценки степени соответствия ВФО данным стоп для определения оптимального способа кастомизации в предлагаемой системе.

Заключение

Существующие на данный момент технологические решения бесконтактной примерки обуви являются объектами ноу-хау компаний-разработчиков, которые раскрывают только концептуальную сторону реализации предлагаемых технологий. Достоверно неизвестно, по каким именно параметрам и критериям осуществляется подбор обуви, каким образом оценивается соответствие моделей стопам пользователей, какие факторы при этом учитываются.

Научно-обоснованный подход к оценке степени соответствия параметров ВФО данным стоп позволяет решить широкий круг задач, связанный с подбором обуви в целом ряде областей.

На основе предложенной концептуальной модели кастомизации реализуется новый подход к оптимизации обеспечения пациентов ортопедической обувью. Использование данного подхода при решении задач ортопедического снабжения позволит более обоснованно определять способ обеспечения пациентов обувью в зависимости от степени соответствия внутренней формы обуви индивидуальным антропометрическим данным стоп в различных условиях — как при непосредственном взаимодействии с пациентом, так и в дистанционном режиме.

Разработанный подход к автоматизированному подбору ортопедической обуви отличается от существующих тем, что предлагается подбирать обувь на основе диагностики анатомо-функционального состояния стоп и определения способа обеспечения пользователя (потребителя) обувью. Помимо этого, учитываются параметры вкладных ортопедических элементов.

Предлагаемый подход инвариантен к автоматизированному подбору и кастомизации обуви бытового назначения, а также к другим *типам* специальной обуви, например, производственной или обуви для военных. На основе оценки соответствия параметров ВФО становится возможным производить подбор обуви, а также ее кастомизацию с использованием вкладных ортопедических элементов, что обеспечит эффективное и безопасное использование обуви в условиях повышенных нагрузок.

Для наиболее полной и эффективной массовой кастомизации обуви бытового назначения на основе разработанных решений необходимо также обеспечить не только получение исходной антропометрической информации, но и диагностику состояния стоп. В перспективе предлагаемый подход может быть реализован путем создания эффективных механизмов реализации массовой диагностики состояния стоп потребителей с учетом темпов развития современных технологий бесконтактного получения антропометрической информации, устройств цифрового трехмерного сканирования, телекоммуникационных технологий дистанционной передачи данных, методов цифровой диагностики состояния стоп.

Полученные в исследовании результаты могут стать основой для создания специализированных центров массовой кастомизации обуви бытового и специального назначения, в том числе и для диагностики деформаций стоп и своевременной коррекции путем обеспечения населения индивидуализированной обувью с ортопедическими элементами.

ЛИТЕРАТУРА

1. B. Stöcker. New insights in online fashion retail returns from a customers' perspective and their dynamics / B. Stöcker, D. Baier, B.M. Brand. — DOI 10.1007/s11573-021-01032-1 // Journal of Business Economics / — 2021. — URL: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11573-021-01032-1> (дата обращения: 18.08.2021).
2. 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 «Современные задачи инженерных наук» (29–30 октября 2019 г.). — М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2019. Часть 1. — 223 с.
3. Gautam Chatterji. Impact of COVID-19 on Orthopaedic Care and Practice: A Rapid Review / Gautam Chatterji, Yogesh Patel, Vaibhav Jain, Nikku Mathew Geevarughese, Rehan Ul Haq. — DOI 10.1007/s43465-021-00354-0 // Indian Journal of Orthopaedics / — 2021. — URL: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs43465-021-00354-0> (дата обращения: 15.07.2021).

4. L. Farndon. If the shoe fits: development of an on-line tool to aid practitioner/patient discussions about 'healthy footwear' / L. Farndon, V. Robinson, E. Nicholls, W. Vernon. — DOI 10.1186/s13047-016-0149-2 // Journal of Foot and Ankle Research / — 2016. — URL: <https://jfootankleres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13047-016-0149-2> (дата обращения: 21.07.2021).
5. P. Jones. Toe gaps and their assessment in footwear for people with diabetes: a narrative review / P. Jones, S.A. Bus, M.J. Davies, K. Khunti, D. Webb. — DOI 10.1186/s13047-020-00439-3 // Journal of Foot and Ankle Research / — 2020. — URL: <https://jfootankleres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13047-020-00439-3> (дата обращения: 22.07.2021).
6. C. Price. Professional appraisal of online information about children's footwear measurement and fit: readability, usability and quality / C. Price, M. Haley, A. Williams, C. Nester, S.C. Morrison. — DOI 10.1186/s13047-020-0370-x // Journal of Foot and Ankle Research / — 2020. — URL: <https://jfootankleres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13047-020-0370-x> (дата обращения: 16.08.2021).
7. Азоев Г.Л. Технологии кастомизации / Г.Л. Азоев, В.С. Старостин // Маркетинг. — 2013. — № 1(128).
8. Трутнева Н.К. Принцип кастомизации в швейном производстве / Н.К. Трутнева // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. — 2016. — № 7–4. — С. 27–29.
9. Andrew K. Buldt. Incorrectly fitted footwear, foot pain and foot disorders: a systematic search and narrative review of the literature / Andrew K. Buldt, Hylton B. Menz. — DOI 10.1186/s13047-018-0284-z // Journal of Foot and Ankle Research / — 2018. — URL: <https://jfootankleres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13047-018-0284-z> (дата обращения: 10.08.2021).
10. M. McRitchie. Footwear choices for painful feet — an observational study exploring footwear and foot problems in women / M. McRitchie, H. Branthwaite, N. Chockalingam. — DOI 10.1186/s13047-018-0265-2 // Journal of Foot and Ankle Research / — 2018. — URL: <https://jfootankleres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13047-018-0265-2> (дата обращения: 22.07.2021).
11. A.D. Roma Footwear Design. The paradox of "tailored shoe" in the contemporary digital manufacturing systems / A.D. Roma. — DOI: 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).
12. Ермакова Е.О. Инновационные технологические решения при подборе и изготовлении индивидуальной ортопедической обуви / Е.О. Ермакова, С.Ю. Киселев, Г.Ю. Волкова // «Дизайн и технологии». — 2019. — 73(115).
13. Вапрянская О.И. Генезис и современные подходы к определению кастомизации / О.И. Вапрянская — DOI: 10.12737/6698 // Сервис в России и за рубежом. — 2014. — № 6. — С. 189–201.
14. E. Ermakova. A concept of automated selection of orthopedic shoes / E. Ermakova, S. Kiselev, V. Kostyleva. — DOI 10.2991/ahsr.k.201001.025 // 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, volume 28 p. 119–124 / — URL: <https://www.atlantispress.com/proceedings/ichw-20/125944840> (дата обращения: 02.09.2021).

Ermakova Elena Olegovna

Russian State University named A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art), Moscow, Russia
E-mail: farerm@mail.ru

Kiselev Sergey Yur'evich

Russian State University named A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art), Moscow, Russia
E-mail: kiselev-syu@rguk.ru

Smirnov Evgenij Evgen'evich

Russian State University named A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art), Moscow, Russia
E-mail: smirnov-ee@rguk.ru

The optimization of orthopedic providing of patients based on automated shoe selection and principles of customization

Abstract. The use of automated “virtual” or contactless fitting technologies is especially relevant when selecting uncomplicated orthopedic footwear of mass or serial production for people with disabilities. However, for the automated selection of such shoes, existing solutions are difficult to apply for a number of reasons; it is necessary to take into account the peculiarities of the pathology, the parameters of special orthopedic details, the conditions of use and other factors.

Mass customization is becoming an effective approach to individualizing goods for daily use — making products taking into account the individual needs of the consumer using the possibilities of mass or serial production.

The intensive development of data transmission and processing technologies, modern manufacturing methods based on the use of digital computer modeling and design technologies creates an opportunity to reform the established approach to the individual production of orthopedic shoes using customization principles.

However, it also requires a transformation of in-house organizational processes and traditional hand-made algorithms.

The purpose of the study is to develop a concept of customizing orthopedic footwear that meets an optimal approach to orthopedic providing for patients.

The article presents a conceptual model of customization, which shows a new approach to orthopedic providing of patients. An algorithm for the selection of orthopedic footwear is proposed, which is implemented using the developed methodology for a complex assessment of the degree of correspondence between the parameters of the inner shape of the footwear and the anthropometric data of the feet.

The authors have developed a customization system, in which, based on the calculated complex matching factor, orders are distributed according to the complexity level of customization or manufacturing and are made using special customization types.

The use of the results obtained is proposed on the basis of a developed database to automate the calculation of the assessment and selection of models.

The suggested scientifically-based approach allows solving a wide range of problems associated with the selection of shoes in a number of fields. Possibilities for the application of the obtained research results are proposed.

Keywords: concept of shoes customization; remote order; contactless fitting; shoe last; automated shoe selection; orthopedic shoes