

ВНЕДРЕНИЕ ЦИФРОВЫХ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ПРОИЗВОДСТВО СЛОЖНОЙ ОРТОПЕДИЧЕСКОЙ ОБУВИ

Голубева Ю.Б.¹, Скирмонт Е.И.¹, Горелова И.К.¹, Зимина Е.Л.¹, Зарезина Г.Н.¹

¹ Федеральный научный центр реабилитации инвалидов им Г.А. Альбрехта, ул. Бестужевская, дом 50, Санкт-Петербург, 195067, Российская Федерация

Резюме

Введение. В последнее время в сфере ортопедического обеспечения стало актуальным производство индивидуальных изделий на базе антропометрических данных пользователя. В связи с этим внедрение в типовой технологический процесс цифровых методов, позволяющих получить точную информацию о деформированной стопе пациента и трансформировать полученную цифровую модель стопы в технологическую оснастку, дает гарантию устойчивого спроса и реализации качественной продукции.

Методы проектирования в компьютерной среде являются мощными программными инструментами для разработки изделий со сложной криволинейной поверхностью, которой является ортопедическая обувь — конструкция сложной пространственной формы, состоящая из сопрягающихся между собой плоских деталей из различных материалов с разными физико-механическими свойствами. Внедрение современных автоматизированных систем проектирования на отдельных этапах технологического процесса изготовления ортопедической обуви позволяет не только найти оптимальное решение, но и реализовать его с минимальными затратами.

Цель. Определить этапы типового технологического процесса сложной ортопедической обуви, на которых возможно осуществить внедрение цифровых методов проектирования.

Материалы и методы. Материалом для исследования послужили сведения, полученные с 48 протезно-ортопедических предприятий, подведомственных Министерству труда России, а также анализ нормативной технической базы, востребованной при производстве ортопедической обуви. В работе использован социологический метод исследования, заключающийся в анализе представленных в анкетах сведений, касающихся оборудования и программного обеспечения, применяемых на этапах получения информации о стопе, проектирования технологической оснастки и деталей сложной ортопедической обуви с индивидуальными параметрами изготовления.

Результаты. Обследование протезно-ортопедических предприятий позволило установить степень использования цифровых технологий при производстве ортопедической обуви, в том числе и сложной с индивидуальными параметрами изготовления.

Данные анкетирования протезно-ортопедических предприятий России показали, что из 138 единиц оборудования, используемого для оценки состояния стоп и изготовления ортопедической обуви только 8 единиц (5,8 %) являются оборудованием с цифровым программным управлением. Проведенные исследования установили, что отечественные протезно-ортопедические предприятия, выпускающие обувные изделия с индивидуальными параметрами, недостаточно используют цифровые технологии. Однако это не означает, что им недоступен процесс модернизации производства. Выявлены этапы, на которых возможно использование и уже внедрено цифровое оборудование. Например, автоматизированная система учета управления производством, получение цифровых моделей ортопедических колодок, моделирование и раскрой деталей верха.

Заключение. Обследование протезно-ортопедических предприятий позволило установить степень использования цифровых технологий в производстве ортопедической обуви. Выявлены этапы, на которых возможно использование и уже внедрено цифровое оборудование: автоматизированная система учета управления производством, получение цифровых моделей ортопедических колодок, моделирование и раскрой деталей верха.

Ключевые слова: реабилитация, технологический процесс, цифровые технологии, ортопедическая обувь.

Голубева Ю.Б., Скирмонт Е.И., Горелова И.К., Зимина Е.Л., Зарезина Г.Н. Внедрение цифровых методов проектирования в производство сложной ортопедической обуви // Физическая и реабилитационная медицина. — 2021, Т. 3. — № 3. — С. 32-41. DOI: 10.26211/2658-4522-2021-3-3-32-41.

Golubeva YuB, Skirmont EI, Gorelova IK, Zimina EL, Zarezina GN. Vnedrenie cifrovyyh metodov proektirovaniya v proizvodstvo slozhnoy ortopedicheskoy obuvi [Introduction of Digital Design Methods in the Production of Complex Orthopedic Shoes]. Fizicheskaya i reabilitacionnaya medicina [Physical and Rehabilitation Medicine]; 2021;3(3)32-41. DOI: 10.26211/2658-4522-2021-3-3-32-41. (In Russian).

Голубева Юлия Борисовна / Yulia B. Golubeva, e-mail: 812golub@mail.ru

INTRODUCTION OF DIGITAL DESIGN METHODS IN THE PRODUCTION OF COMPLEX ORTHOPEDIC SHOES

Golubeva YuB¹, Skirmont EI¹, Gorelova IK¹, Zimina EL¹, Zarezina GN¹

¹ *Albrecht Federal Scientific Centre of Rehabilitation of the Disabled, 50 Bestuzhevskayastreet, SaintPetersburg, 195067, Russian Federation*

Abstract

Introduction. Recently, in the field of orthopedic support, the production of individual products based on the user's anthropometric data has become relevant. In this regard, the introduction of digital methods into the standard technological process, which allow obtaining accurate information about the deformed foot of the patient and transforming the resulting digital model of the foot into technological equipment, guarantees sustainable demand and sales of high-quality products.

Design methods in a computer environment are powerful software tools for the development of products with a complex curved surface, which is orthopedic shoes — a construction of a complex spatial shape, consisting of mating flat parts made of various materials with different physical and mechanical properties. The introduction of modern automated design systems at individual stages of the technological process of manufacturing orthopedic shoes allows not only to find the optimal solution, but also to implement it with minimal costs.

Aim. Determine the stages of a typical technological process of complex orthopedic shoes, where it is possible to implement digital design methods.

Materials and methods. The material for the study was information obtained from 48 prosthetic and orthopedic enterprises under the jurisdiction of the Ministry of Labour of Russia, as well as an analysis of the regulatory technical base in demand in the production of orthopedic shoes. The paper uses a sociological research method, which consists in analyzing the information provided in the questionnaires concerning the equipment and software used at the stages of obtaining information about the foot, designing technological equipment and parts of complex orthopedic shoes with individual manufacturing parameters.

Results. The survey of prosthetic and orthopedic enterprises allowed us to determine the degree of use of digital technologies in the production of orthopedic shoes, including complex ones with individual manufacturing parameters.

Data from a survey of prosthetic and orthopedic enterprises in Russia showed that out of 138 units of equipment used to assess the condition of the feet and manufacture orthopedic shoes, only 8 units (5.8 %) are equipment with digital software control. The conducted research has established that domestic prosthetic and orthopedic enterprises that produce footwear products with individual parameters do not use digital technologies enough. However, this does not mean that the process of modernization of production is not available to them. The stages at which digital equipment can be used and has already been implemented are identified, for example, an automated production management accounting system, obtaining digital models of orthopedic pads, modeling and cutting of upper parts.

Conclusion. The survey of prosthetic and orthopedic enterprises allowed us to determine the degree of use of digital technologies in the production of orthopedic shoes. The stages at which digital equipment can be used and has already been implemented are identified: an automated production management accounting system, obtaining digital models of orthopedic pads, modeling and cutting of upper parts.

Keywords: rehabilitation, technological process, digital technologies, orthopedic shoes

Publication ethics. The submitted article was not previously published. All borrowings are correct.

Conflict of interest. No conflict of interest information available.

Source of financing. Financing at the expense of the Federal State Budgetary Institution the Federal Research Center named after G.A. Albrecht of the Ministry of Labour of Russia. The study was not sponsored.

Received: 25.05.2021

Accepted for publication: 03.09.2021

Введение / Introduction

До последнего времени основными факторами устойчивости деятельности протезно-ортопедического предприятия (ПрОП) являлись качество выпускаемой продукции и эффективность производства. В настоящий момент к этим факторам прибавился еще один — инновационный потенциал, заключающийся во внедрении в производство передовых технологий и цифровых методов проектирования.

В «Стратегии развития производства промышленной продукции реабилитационной направленности до 2025 года», утвержденной распоряжением Правительства РФ от 22.12.2017 № 2599-р, указано, что в связи с увеличением в структуре населения количества инвалидов с поражением опорно-двигательного аппарата, а также лиц пожилого возраста отмечается рост спроса на протезно-ортопедические изделия, в том числе на сложную ортопедическую обувь [1].

В последнее время стало актуальным производство индивидуальных изделий на основе антропометрических данных пользователя. В связи с этим внедрение в типовой технологический процесс цифровых методов, позволяющих получить точную информацию о деформированной стопе и трансформировать ее в технологическую оснастку, дает гарантию устойчивого спроса и реализации качественной продукции.

Известно, что цифровые методы проектирования являются мощными программными инструментами для разработки изделий со сложной криволинейной поверхностью, которой является ортопедическая обувь — конструкция пространственной формы, состоящая из сопрягающихся между собой плоских деталей из различных материалов с разными физико-механическими свойствами. Внедрение современных автоматизированных систем проектирования на отдельных этапах технологического процесса изготовления ортопедической обуви позволяет не только найти оптимальное решение, но и реализовать его с минимальными затратами.

Для того чтобы внедрить в производство ортопедической обуви инновационные технологии, необходимо провести детальный анализ современного состояния обувной протезно-ортопедической отрасли. На стадии разработки требований к сбору и представлению информации о выполнении различных этапов технологического процесса отмечено, что сведения о стопе пациента, переработка их в цифровую модель изделия, получение конструкторской документации и технологической оснастки, включая шаблоны сборочных единиц (деталей обуви), должны быть четко структурированы.

Эта работа должна лечь в основу разработки проекта концепции цифровизации технологии сложной ортопедической обуви. Настоящая концепция направлена на совершенствование потребительских качеств товаров и услуг, произведенных с использованием инновационных технологий и предназначенных для людей с анатомо-функциональными нарушениями опорно-двигательной системы. В связи с этим традиционные индустрии, в том числе производство сложной ортопедической обуви, признают необходимость освоения цифровых компетенций, позволяющих повысить конкурентоспособность и доступность изделий.

Разработка и реализация мероприятий настоящей концепции должна базироваться на основополагающих принципах информационной конфиденциальности, а также доступности информации с преимущественным использованием отечественного программного обеспечения.

В настоящее время промышленное производство во всем мире идет в направлении четвертой

промышленной революции, то есть внедрения так называемой Индустрии 4.0, которая предусматривает использование интеллектуальных систем, механизмов, товаров и услуг, «способных самостоятельно принимать решения в зависимости от многочисленных факторов взаимодействия со средой и человеком» [2].

Концепция Индустрии 4.0 сформулирована в 2011 году Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI, Немецкий исследовательский центр искусственного интеллекта, Германия) с целью повышения конкурентоспособности страны «посредством тесной интеграции киберфизических систем (CPS) на предприятиях и за их пределами». В результате воплощения этой концепции «должно происходить взаимодействие между производственными мощностями и произведенными ими товарами без непосредственного участия человека...».

Для решения задач в рамках Индустрии 4.0 в производстве обуви предприятия сегмента «бизнес для бизнеса» предлагают оборудование, в основе работы которого используются такие технологии, как автоматический анализ видеoinформации (advanced machine vision), методы глубокого обучения или искусственный интеллект (deep learning/artificial intelligence), цифровые двойники (digital twin), автономные мобильные роботы (autonomous mobile robots, AMR) и промышленная технология «Промышленный Интернет вещей» (Industrial Internet of Things, IIoT).

Цифровизация производства проходит несколько этапов своего развития. Ассоциация «Технет» приводит условную классификацию фабрик будущего: цифровые, умные и виртуальные.

Цифровая фабрика предполагает использование широкого спектра digital-инструментов на всех этапах проектирования и производства продукции в целях создания «цифрового двойника».

Умная фабрика — следующий этап, предполагающий использование станков с числовым программным управлением (ЧПУ), роботов на производстве, «промышленный Интернет вещей» (взаимодействие устройств между собой и окружающим миром, которое исключает участие человека).

Решение задачи передачи цифровой информации об объекте и взаимодействия исполнителей, занятых на отдельных этапах изготовления сложной ортопедической обуви, имеет специфику, которая требует особых форм анализа и синтеза, а также определенных логических методов и методик. Невозможно скопировать и использовать в обувном производстве уже известные алгоритмы по составлению технологического процесса изготовления какого-либо продукта с применением инновационных методов. В связи с этим задача

включения цифровых элементов проектирования в технологический процесс сложной ортопедической обуви с индивидуальными параметрами изготовления является оригинальной, и для ее реализации требуется разработка специальной программы и/или методики.

Цель / Aim

Определить этапы типового технологического процесса сложной ортопедической обуви, на которых возможно осуществить внедрение цифровых методов проектирования.

Материалы и методы / Materials and methods

Материалом для исследования послужили сведения, полученные с 48 протезно-ортопедических предприятий, подведомственных Минтруду России, а также анализ нормативной технической базы, востребованной при производстве ортопедической обуви [3]. При проведении работы использован социологический метод исследования, заключающийся в разработке анкет с вопросами, касающимися потенциальных возможностей предприятий отрасли, а именно:

- номенклатура и количество выпускаемых протезно-ортопедических изделий, в том числе сложной ортопедической обуви;
- материально-техническое оснащение протезно-ортопедических предприятий, доля используемых отечественных и импортных материалов, а также оборудования;
- нормативное техническое и методическое обеспечение.

Известно, что ортопедическая обувь традиционно изготавливается в соответствии с типовым технологическим процессом, содержащим перечень и описание технологических операций, применяемое оборудование и инструменты, основные материалы, а также технологические режимы и нормы. Однако некоторые положения действующего типового технологического процесса уже неактуальны. С развитием техники и внедрением современных цифровых технологий необходимо вносить соответствующие коррективы и в типовой технологический процесс.

Производство ортопедической обуви — это многогранный процесс, включающий не только цепочку технологических операций, но и изготовление необходимой технологической оснастки, подбор материалов, программного обеспечения и других компонентов, обеспечивающих сопровождение продукции в течение всего производственного цикла. Следует отметить, что отличительной особенностью процесса изготовления сложной ортопедической обуви, являющейся персонализированным изделием, становится выбор рацио-

нальной конструкции и определение размеров ее деталей, в том числе специальных ортопедических. Применение цифровых методов проектирования на определенных этапах производственного цикла позволит автоматизировать технологический процесс изготовления сложной ортопедической обуви с индивидуальными параметрами.

В Российской Федерации внедрение Индустрии 4.0 поддерживается посредством Национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р. В Программе приведен следующий термин и его определение: «Цифровая экономика — хозяйственная деятельность, в которой ключевым фактором производства являются данные в цифровом виде, обработка больших объемов и использование результатов анализа которых по сравнению с традиционными формами хозяйствования позволяют существенно повысить эффективность различных видов производства, технологий, оборудования, хранения, продажи, доставки товаров и услуг».

Анализ технологии ортопедической обуви, применяемой на протезно-ортопедических предприятиях Российской Федерации, показывает, что в настоящее время существуют предпосылки внедрения «цифровой фабрики», то есть создания «цифрового двойника» (электронного чертежа и технико-экономической документации) и физического его воплощения на некоторых этапах производства. Отсутствие автоматизированного управления всем жизненным циклом изделия пока не позволяет приблизиться к внедрению «умной фабрики».

Опыт работы передовых предприятий свидетельствует, что применение технологий Индустрии 4.0 целесообразно даже в условиях ограниченного финансирования за счет оптимизации имеющейся инфраструктуры, минимальной модернизации оборудования и выборочного внедрения нового современного оборудования.

В структуре производства сложной ортопедической обуви условно можно выделить предприятия следующих типов:

- предприятия сегмента «бизнес для потребителя», к которым относятся протезно-ортопедические предприятия, фабрики ортопедической обуви и обувные предприятия, на которых непосредственно изготавливается обувь;
- предприятия сегмента «бизнес для бизнеса», осуществляющие материальное обеспечение процесса изготовления ортопедической обуви, производящие комплектующие, материалы, оборудование, программное обеспечение и инструменты.

Внедрение цифровых методов проектирования позволит сделать более гибкой и мобильной всю

технологическую цепочку, объединив предприятия обоих сегментов.

Одним из перспективных инновационных направлений производства ортопедической обуви являются технологии с использованием 2D-, 3D-сканирования и моделирования, а также изготовления изделий на станках с ЧПУ или методом 3D-печати (аддитивная технология). Использование указанного оборудования позволит разработать и внедрить в практику технологий создания индивидуальной технологической оснастки на предприятиях сегмента «бизнес для бизнеса», а также часть операций проводить дистанционно, что даст возможность сократить время изготовления изделий.

Современное цифровое оборудование (2D- и 3D-сканеры, CAD/CAM системы, 3D-принтеры и станки с ЧПУ) на ПрОП применяют ограниченно, в основном на операциях проектирования и раскроя деталей ортопедической обуви. Так, фабрики ортопедической обуви используют высокопроизводительное оборудование — системы автоматизированного проектирования (САПР) обуви, 2D- и 3D-сканирование стопы и колодок, CAD/CAM системы производства ортопедических стелек.

Что касается предприятий сегмента «бизнес для бизнеса», выпускающих технологическую оснастку (колодки), то проблема заключается в том, что в связи с упразднением Уфимского завода металлических и пластмассовых изделий (УЗМПИ) — специализированного предприятия по изготовлению ортопедических колодок — их выпуск прекращен, однако потребность в них не исчезла.

На сегодняшний день существует актуальная необходимость создания номенклатуры оснастки для изготовления ортопедической обуви, а именно — обувных ортопедических колодок для производства ортопедической обуви для взрослых и детей при наиболее часто встречающихся деформациях стоп. Проведение срочных работ по оцифровке имеющейся на предприятиях оснастки и создание ее электронной базы (каталога цифровых моделей колодок) позволит сохранить ценнейший, наработанный годами опыт.

Использование указанного оборудования позволит разработать и внедрить в практику на предприятиях сегмента «бизнес для бизнеса» цифровые технологии по созданию индивидуальной технологической оснастки, а также позволит часть операций проводить дистанционно, что реально снизит себестоимость конечной продукции.

Система ортопедического обеспечения как неотъемлемая часть реабилитации инвалидов включает не только технологические процессы по изготовлению изделия, но и оценку соматического состояния пациента, вида и степени ограничения функции, оценку реабилитационного потенциала,

выбор вида и рациональной конструкции изделия, корректировку полуфабриката изделия на этапах примерки, оценку функциональной эффективности готового изделия. В связи с этим необходимо констатировать, что в данной структуре отсутствует единая информационная автоматизированная система поддержки принятия решений по назначению и выбору рациональной конструкции и оценке функциональной эффективности от применения ортопедической обуви.

Приоритетные направления и комплекс мер по формированию современной отрасли промышленной продукции реабилитационной направленности, включая возможности перехода на рельсы цифровой экономики, приведён в «Стратегии развития производства промышленной продукции реабилитационной направленности до 2025 года». Данные обследования протезно-ортопедических предприятий, выполненного ФГБУ ФНЦРИ им. Г.А. Альбрехта Минтруда России в 2016–2018 гг., позволили установить степень использования цифровых технологий в производстве ортопедической обуви в части материально-технического, методического и кадрового обеспечения.

Технологический процесс изготовления сложной ортопедической обуви, состоящий из блок-модулей, представлен на рисунке 1.

Для оценки функционального состояния опорно-двигательного аппарата пациентов на этапе назначения протезно-ортопедических изделий и определения их реабилитационной эффективности на предприятиях отрасли применяются программно-аппаратные комплексы (ПАК): ПАК «ДиаСлед», ПАК «Скан» и ПАК «ДиаСлед-Скан» (ООО «ДиаСервис» и ООО «ВИТ», г. Санкт-Петербург, Россия), ПАК «Плантовизор» (ООО «Новая ортопедия», г. Ярославль, Россия), PedCad (Германия).

Перспективное направление автоматизации обмера стоп – это технология бесконтактного трехмерного сканирования [4] стопы и нижней трети голени. Для получения индивидуальных параметров стопы заказчика (мерки) используются 2D- и 3D-сканеры, которые позволяют одновременно получать точные измерения всех необходимых параметров стоп.

Необходимо отметить, что большинство ПрОП хранит данные обследования контингента заказчиков с помощью автоматической системы, которая устанавливается в медицинском отделе предприятия. Автоматическая система позволяет не только фиксировать учетные записи в электронном виде, но и дублировать их в карточках амбулаторного приема граждан. Такие системы работают в автономном режиме, обеспечивают хранение персональной информации пациентов, которая при необходимости может быть востребована и извлечена.

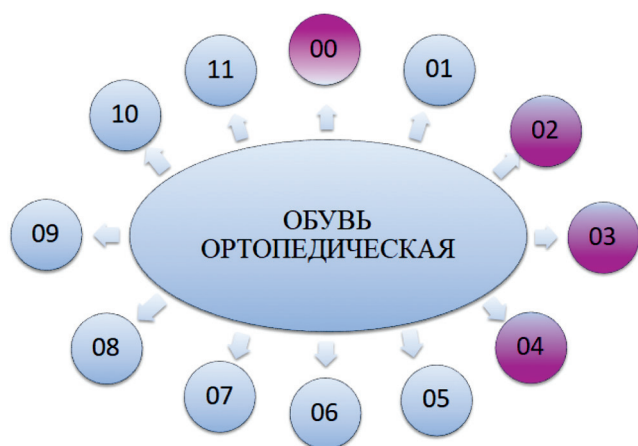


Рисунок 1. Структура технологического процесса:
 00 — сбор сведений о пациенте (оформление заказа); 01 — получение сведений о стопе и голени пациента (снятие мерки); 02 — подбор, подгонка и/или изготовление технологической оснастки (колодок); 03 — проектирование и изготовление специальных ортопедических деталей;
 04 — моделирование деталей верха и низа обуви; 05 — раскрой деталей обуви; 06 — сборка заготовок; 07 — затяжка верха и специальных ортопедических деталей; 08 — примерка обуви; 09 — прикрепление деталей низа; 10 — отделка обуви; 11 — выдача готовой обуви

Figure 1. Structure of the technological process:
 00 — collecting information about the patient (making an order); 01 — obtaining information about the patient's foot and lower leg (taking measurements); 02 — selection, fitting and / or manufacturing of technological equipment (pads); 03 — design and manufacture of special orthopedic parts; 04 — modeling of details of the top and bottom of shoes; 05 — cutting of shoe parts; 06 — assembly of workpieces; 07 — tightening of the top and special orthopedic parts; 08 — fitting shoes; 09 — attaching the bottom parts; 10 — shoe finishing; 11 — delivery of finished shoes

Примером одного из передовых предприятий отрасли в этом направлении может служить «Брянский» филиал ФГУП «Московское ПрОП» Минтруда России. Здесь прием и учет заказов на изготовление обуви для граждан осуществляется в регистратуре, подключенной к автоматизированной системе технологического и экономического управления предприятия. Кроме того, специалистами предприятия разработана, внедрена и успешно эксплуатируется автоматизированная система технологического и экономического управления («Система 90»). Система работает в режиме реального времени, охватывает весь производственный цикл и при этом автоматически согласовывает организационные (регистрация), правовые и медицинские (диагноз, обмеры, назначение изделия) аспекты взаимоотношений

пациента с медицинским отделом предприятия; нормирует расход материалов, комплектующих, полуфабрикатов, трудозатрат; рассчитывает плановую себестоимость изделия, а также сравнивает ее с преysкурантной ценой по контракту. Система обеспечивает полное информационное сопровождение изделия: от запуска в производство до сдачи его на склад готовой продукции. В результате автоматическая система управления производством позволяет проводить анализ деятельности предприятия, формировать статистические отчеты, совершать электронный обмен между программным обеспечением «Система 90» и автоматизированной бухгалтерией предприятия, а также финансирующими органами.

При изготовлении сложной ортопедической обуви не всегда удается подобрать и подогнать стандартную или готовую ортопедическую колодку. В этом случае обувь изготавливается по индивидуальной колодке. Процесс изготовления таких колодок включает в себя следующие этапы:

- получение информации о стопе;
- преобразование полученных данных о стопе в параметры колодки;
- изготовление индивидуальной колодки.

На текущий момент ассортимент готовых ортопедических колодок при наиболее часто встречающихся деформациях стоп, формирующий колодочный парк предприятий отрасли, весьма ограничен. В связи с закрытием УЗМПИ производители ортопедической обуви вынуждены пользоваться обувными колодками неизвестных производителей, что не гарантирует изготовление ортопедической обуви с заданными функциональными показателями. В условиях недостаточного контроля параметров технологической оснастки, отвечающей за внутренний объем обуви, могут снижаться функциональные показатели готовой обуви, что приведет к негативным последствиям при ее эксплуатации. Проектирование цифровой модели колодки на CAD/CAM системе с использованием полученной бесконтактным методом информации о стопе позволяет изготавливать индивидуальную колодку на станке с ЧПУ.

Результаты / Results

Результаты анкетирования ПрОП России показали, что из 138 единиц оборудования, используемого для диагностики деформаций стоп и изготовления ортопедической обуви, только 8 единиц (5,8 %) — это оборудование с использованием цифрового программного управления. К ним относятся программы: отечественная «Аско-2Д», английская Delcam CRISPIN и немецкая Shoemaster CAD. На рисунке 2 представлена схема внедрения САПР в производство ортопедической обуви.

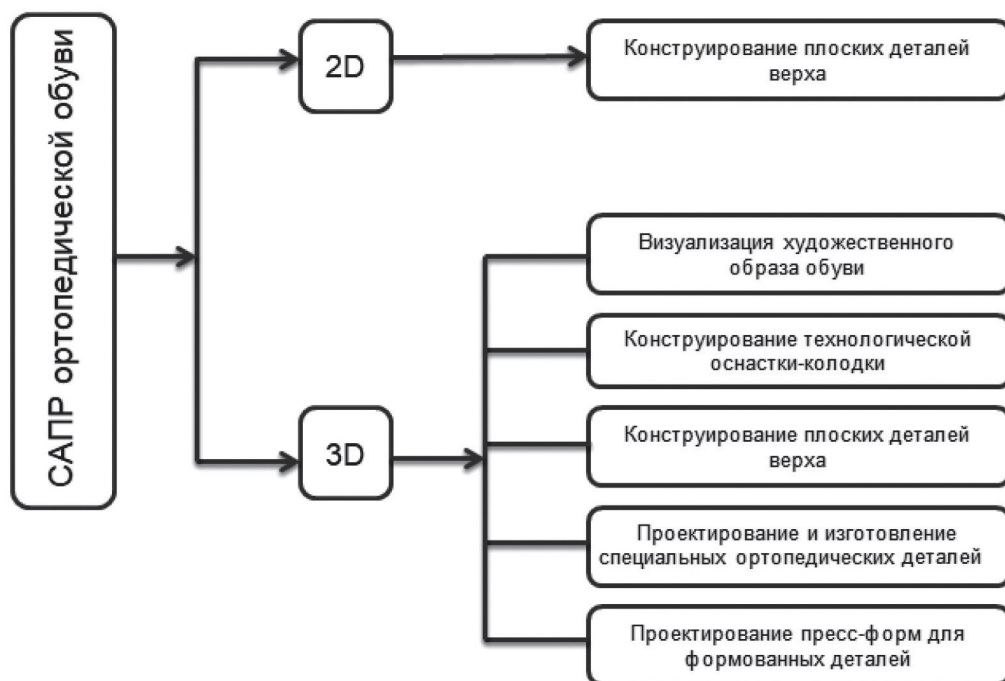


Рисунок 2. Схема применения САПР при изготовлении ортопедической обуви

Figure 2. Scheme of CAD application in the manufacture of orthopedic shoes

Технические возможности программы «АСКО-2Д» разнообразны и широки [5]. Она позволяет в авторежиме произвести не только детализацию, но и обмер площади, расчет периметров деталей. В автоматическом режиме программа производит расчет процента укладываемости модели, а также потребности в основных (кожи, ткани) и вспомогательных материалах (нитки, клей, иглы и др.). Информация в электронном виде дистанционно передается в технологические службы предприятия.

Целью операции моделирования деталей верха является получение шаблонов деталей обуви в цифровом или физическом исполнении, используемых при раскрое материалов. Данная операция может осуществляться не только по бумажным шаблонам вручную, резакми на раскройном (вырубочном) прессе, но и автоматически: по цифровым шаблонам на современном импортном оборудовании — станке фирмы «Атом» (Италия). На рисунке 3 представлена схема использования цифрового оборудования на этапе раскроя материалов.

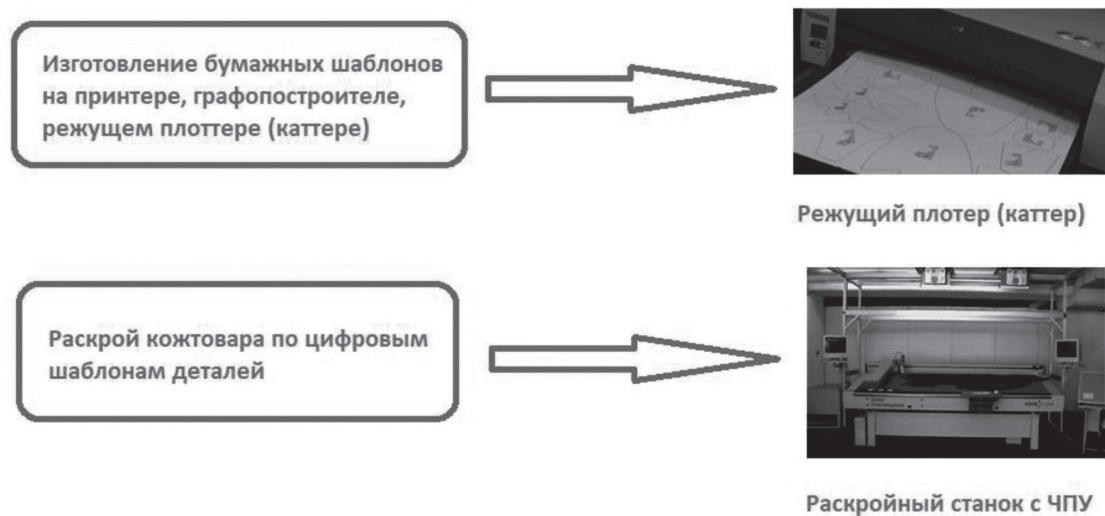


Рисунок 3. Схема использования цифрового оборудования на этапе раскроя материалов

Figure 3. Diagram of the use of digital equipment at the stage of cutting materials

При формализации целей и задач концепции цифровизации ПрОП необходимо определить сегменты технологического процесса, в которых воз-

можно применить цифровые методики, определив полномочия исполнителей и их функции, что представлено в таблице 1.

Таблица 1 / Table 1

**Сегменты технологического процесса с применением цифровых методов проектирования /
Process segments using digital design methods**

Наименование операции / Name of the operation	Направление цифровизации / Direction of digitalization	Источник информации / Source of information	Результат цифровизации операции / Result of digitalization of the operation
Выбор рациональной конструкции ортопедической обуви / Choosing a rational design of orthopedic shoes	Система поддержки принятия решений	Реестр инвалидов, система тестов по определению вида и степени нарушения функции	Базы данных нарушений функции стопы по МКФ и МКБ, базы данных моделей и конструкций ортопедической обуви
Получение информации о стопе (снятие мерки) / Getting information about the foot (taking measurements)	Получение цифровой модели стопы и голени пациента	–	Цифровая модель стопы
Оформление заказа на ортопедическую обувь с индивидуальными параметрами изготовления / Placing an order for orthopedic shoes with individual manufacturing parameters	Разработка технического задания на изготовление ортопедической обуви	Каталог специальных ортопедических деталей	Электронный заказ
Проектирование технологической оснастки / Design of technological equipment	3D-моделирование	Электронный каталог колодок, цифровая модель стопы	База данных ортопедических колодок
Проектирование ортопедической обуви, включая детали верха, низа и специальные детали / Design of orthopedic shoes, including details of the top, bottom and special details	2D-, 3D-моделирование, создание цифровой модели ортопедической обуви («цифрового двойника») и цифровых шаблонов деталей	Электронный каталог деталей верха, низа обуви	База данных конструкций ортопедической обуви, в т. ч. с индивидуальными параметрами изготовления
Раскрой материалов / Cutting of materials	Автоматизированный раскрой по цифровым шаблонам деталей	Цифровые шаблоны деталей	–
Изготовление технологической оснастки, специальных ортопедических деталей, подошв / Production of technological equipment, special orthopedic parts, soles	3D-прототипирование (аддитивные технологии). Изготовление на станках с ЧПУ по электронной модели	Электронный каталог колодок, деталей низа обуви, специальных ортопедических деталей. Электронные индивидуальные модели колодок, деталей низа обуви, специальных ортопедических деталей	База данных ортопедических колодок, специальных деталей, подошв

Из таблицы 1 следует, что цифровой технологический процесс требует не только сбора сведений о стопе и голени, но и создания электронных баз данных на этапе разработки и проектирования ортопедической обуви.

Цифровая база данных, то есть совокупность сведений в рамках каждого этапа технологического процесса, должна создаваться с учетом дальнейшего структурирования связанных данных, прорабатываться отдельно и иметь согласование с другими смежными базами данных. Создание цифровых баз данных будет способствовать трансферу накопленных знаний при разработке инновационного процесса изготовления сложной ортопедической обуви с применением цифровых методов проектирования.

Заключение / Conclusion

Обследование протезно-ортопедических предприятий позволило установить степень использования цифровых технологий в производстве ортопедической обуви. Выявлены этапы, на которых возможно использование и уже внедрено цифровое оборудование: автоматизированная система учета управления производством, получение цифровых моделей ортопедических колодок, моделирование и раскрой деталей верха.

Внедрение цифровых методов проектирования способствует повышению качества изделий и их реабилитационного эффекта, а именно:

- оказание услуг по ортопедическому обеспечению наилучшего качества и в полном объеме;
- создание условий для выпуска в обращение протезно-ортопедических изделий (ПОИ), отвечающих современному мировому уровню по функциональности и безопасности.

В результате исследования выявлено, что система ортопедического обеспечения инвалидов включает не только технологические процессы по изготовлению изделия, но и оценку соматического состояния пациента, вида и степени ограничения функции, оценку реабилитационного потенциала, выбор вида и рациональной конструкции изделия, корректировку полуфабриката изделия на этапах примерки. В связи с этим необходимо констатировать, что в данной структуре отсутствует единая информационная автоматизированная система поддержки принятия решений по назначению, выбору рациональной конструкции и оценке функциональной эффективности от применения ортопедической обуви.

Этика публикации. Представленная статья ранее опубликована не была. Все заимствования корректны.

Конфликт интересов. Информация о конфликте интересов отсутствует.

Источник финансирования. Финансирование за счет ФГБУ ФНЦРИ им. Г.А.Альбрехта Минтруда России. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Литература

1. Стратегия развития производства промышленной продукции реабилитационной направленности до 2025 года (утверждена распоряжением Правительства РФ от 22.12.2017 г. № 2599-р). <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71719020/> (дата обращения 28.04.2021).
2. Гиниятуллов Д.Р., Фурсова Т.И. Развитие технологического менеджмента в производстве ортопедической обуви с использованием медицинских и компьютерных инноваций // Проблемы современной экономики. – 2009. – №4 (32). – С. 45–50.
3. Голубева Ю.Б., Горелова И.К., Скимонт Е.И., Зими́на Е.Л. Пути решения задач импортозамещения в производстве ортопедической обуви // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. – 2018. – №3(41). – С.100-104.
4. Щербина К.К., Головин М.А., Суслев В.Г., Марусин Н.В., Янковский В.М., Золотухина М.В. Электронная геометрическая модель при 3d-сканировании сегментов тела человека в практике протезирования и ортезирования. причины появления дефектов и способы их устранения // Медицинская техника. – 2020. – № 2 (320). – С. 38–41.
5. Конструирование и технологии ортопедической обуви: практическое пособие // под ред. Е.Е. Аржанниковой, И.К. Гореловой. – СПб.: ФГБУ СПб НЦЭПР им. Г.А. Альбрехта, 2016. – С. 111–112.

References

1. Strategiya razvitiya proizvodstva promyshlennoj produkcii reabilitacionnoj napravlenosti do 2025 goda (utverzhdena rasporyazheniem Pravitel'stva RF ot 22.12.2017 g. № 2599-r. [Strategy for the development of industrial production of rehabilitation-oriented products until 2025 (approved by Order of the Government of the Russian Federation No. 2599-r of 22.12.2017)]. <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71719020/> (In Russian).
2. Giniyatullof DR, Fursova TI. Razvitie tekhnologicheskogo menedzhmenta v proizvodstve ortopedicheskoy obuvi s ispol'zovaniem medicinskih i komp'yuternyh innovacij [Development of technological management in the production of orthopedic shoes using medical and computer innovations]. Problemy sovremennoj ekonomiki. [Problems of the modern economy]. 2009;4(32):45–50. (In Russian).
3. Golubeva YuB, Gorelova IK, Skirmont EI, Zimina EL. Puti resheniya zadach importozameshcheniya v proizvodstve ortopedicheskoy obuvi [Ways of solving problems of import substitution in the production of orthopedic shoes]. Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Tekhnologiya legkoj promyshlennosti [News of higher educational institutions. Light industry technology]. 2018;3(41):100-4. (In Russian).
4. Shcherbina KK, Golovin MA, Suslyev VG, Marusin NV, Yankovskij VM, Zolotuhina MV. Elektronnaya geometricheskaya model' pri 3d-skanirovanii segmentov tela cheloveka v praktike protezirovaniya i ortezirovaniya. prichiny poyavleniya defektov i sposoby ih ustraneniya [Electronic geometric model for 3D scanning of human body segments in the practice of

- prosthetics and orthotics. causes of defects and ways to eliminate them]. *Medicinskaya tekhnika*. [Medical equipment]. 2020;2(320):38–41. (In Russian).
5. Konstruirovaniye i tekhnologii ortopedicheskoy obuvi: prakticheskoye posobie [Designing and technologies of orthopedic shoes: a practical guide]. pod red. E.E. Arzhannikovoy, I.K. Gorelovoj [ed. by Arzhannikova EE, Gorelova IK]. Sankt-Peterburgskij nauchno-prakticheskij tsentr `ekspertizy, protezirovaniya i reabilitatsii invalidov im. GA Al'brehta» [St. Petersburg: GA Albrecht Federal State Budgetary Institution of St. Petersburg scientific and practical Center for expertise, prosthetics and rehabilitation of disabled people named after GA Albrecht]. 2016:111–12. (In Russian).

Рукопись поступила: 25.05.2021

Принята в печать: 03.09.2021

Авторы

Голубева Юлия Борисовна — руководитель отдела ортопедической обуви и специальной одежды для инвалидов Института протезирования и ортезирования Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный научный центр реабилитации инвалидов им. Г.А. Альбрехта» Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации (ФГБУ ФНЦРИ им. Г.А. Альбрехта Минтруда России), ул. Бестужевская д. 50, Санкт-Петербург, 195067, Российская Федерация, e-mail: 812golub@mail.ru

Скирмонт Елена Ивановна — старший научный сотрудник отдела ортопедической обуви и специальной одежды для инвалидов Института протезирования и ортезирования Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный научный центр реабилитации инвалидов им. Г.А. Альбрехта» Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации (ФГБУ ФНЦРИ им. Г.А. Альбрехта Минтруда России), 195067, Санкт-Петербург, ул. Бестужевская д. 50, Российская Федерация, e-mail: 812skirmont@mail.ru

Зарезина Галина Николаевна — младший научный сотрудник отдела ортопедической обуви и специальной одежды для инвалидов Института протезирования и ортезирования Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный научный центр реабилитации инвалидов им. Г.А. Альбрехта» Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации (ФГБУ ФНЦРИ им. Г.А. Альбрехта Минтруда России), 195067, Санкт-Петербург, ул. Бестужевская д. 50, Российская Федерация, e-mail: 812gzarezina@mail.ru

Горелова Ирина Константиновна — старший научный сотрудник отдела ортопедической обуви и специальной одежды для инвалидов Института протезирования и ортезирования Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный научный центр реабилитации инвалидов им. Г.А. Альбрехта» Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации (ФГБУ ФНЦРИ им. Г.А. Альбрехта Минтруда России), 195067, Санкт-Петербург, ул. Бестужевская д. 50, Российская Федерация, e-mail: 812gorelova@mail.ru

Зими́на Елена Львовна — старший научный сотрудник отдела ортопедической обуви и специальной одежды для инвалидов Института протезирования и ортезирования Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный научный центр реабилитации инвалидов им. Г.А. Альбрехта» Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации (ФГБУ ФНЦРИ им. Г.А. Альбрехта Минтруда России), 195067, Санкт-Петербург, ул. Бестужевская д. 50, Российская Федерация, e-mail: 8120zimina@mail.ru

Authors

Yulia B. Golubeva, Head of the Department of orthopedic footwear and special clothing for the disabled of the Institute of Prosthetics and Orthotics of the Federal Scientific Centre of Rehabilitation of the Disabled n. a. G.A. Albrecht, 50 Bestuzhevskaya Street, 195067 St. Petersburg, Russian Federation, e-mail: 812golub@mail.ru

Elena I. Skirmont, senior researcher of the Department of orthopedic shoes and special clothing for the disabled of the Institute of Prosthetics and Orthotics of the Federal Scientific Centre of Rehabilitation of the Disabled n. a. G.A. Albrecht, 50 Bestuzhevskaya Street, 195067 St. Petersburg, Russian Federation, e-mail: 812skirmont@mail.ru

Galina N. Zarezina, senior research associate of the Department of orthopedic shoes and special clothing for the disabled of the Institute of Prosthetics and Orthotics of the Federal Scientific Centre of Rehabilitation of the Disabled n. a. G.A. Albrecht, 50 Bestuzhevskaya Street, 195067 St. Petersburg, Russian Federation, e-mail: 812gzarezina@mail.ru

Irina K. Gorelova, senior researcher of the Department of orthopedic shoes and special clothing for the disabled of the Institute of Prosthetics and Orthotics of the Federal Scientific Centre of Rehabilitation of the Disabled n. a. G.A. Albrecht, 50 Bestuzhevskaya Street, 195067 St. Petersburg, Russian Federation, e-mail: 812gorelova@mail.ru

Elena L. Zimina, senior researcher of the Department of orthopedic shoes and special clothing for the disabled of the Institute of Prosthetics and Orthotics of the Federal Scientific Centre of Rehabilitation of the Disabled n. a. G.A. Albrecht, 50 Bestuzhevskaya Street, 195067 St. Petersburg, Russian Federation, e-mail: 8120zimina@mail.ru