

ВОЗНИКНОВЕНИЕ И РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ОКАЗАНИЯ ПРОТЕЗНО-ОРТОПЕДИЧЕСКОЙ ПОМОЩИ В РОССИИ

Буров Г.Н., Щербина К.К., Пономаренко Г.Н., Большаков В.А.

Федеральный научный центр реабилитации инвалидов имени Г.А. Альбрехта,
Российская Федерация, 195067, Санкт-Петербург, Бестужевская ул., д. 50

Резюме

Актуальность. Существующая практика оказания протезно-ортопедической помощи опирается, в основном, на медико-биологическую сущность инвалидности, отдаёт предпочтение медико-техническим требованиям к протезно-ортопедическим изделиям, оценивает достигнутый результат, преимущественно, с функциональных позиций. Предлагаемая практика оказания протезно-ортопедической помощи принципиально отличается и в максимальной степени соответствует современным взглядам на проблемы инвалидности. Она включает опору на социально-биологическую сущность инвалидности, ориентацию на достижение наилучшего социального результата и комплексную оценку результатов протезирования, имеющую функциональную, личностную, психофизиологическую, социальную и экономическую компоненты.

Цель. Определить тенденции развития системы оказания протезно-ортопедической помощи в России, направление её совершенствования и формирование задач на ближайшую перспективу.

Материалы и методы. Исследование проводилось на базе ретроспективного обзора формирования государственной системы протезирования в России, а также на основе информационных материалов в области протезирования и ортезирования, технических средств реабилитации и технологий оказания протезно-ортопедической помощи. Рассмотрена идеология формирования реабилитационной биотехнической системы (РБТС), лежащая в основе оказания протезно-ортопедической помощи и создания новых эффективных устройств и технологий, включая снабжение инвалидов другими техническими средствами реабилитации. Показана необходимость инструментальной оценки функциональной эффективности протезирования и ортезирования.

Результаты. Проводимые исследования позволили Институту протезирования и ортезирования определить и сформулировать цели научных разработок на ближайшую перспективу, направленные на дальнейшее совершенствование и развитие системы оказания протезно-ортопедической помощи в России, в том числе:

– цифровизация* ассистивных технологий протезно-ортопедической помощи населению Российской Федерации;

– разработка бионических протезов верхних и нижних конечностей;

– биомеханические исследования опорно-двигательной системы, оценка эффективности обеспечения инвалидов протезно-ортопедическими изделиями и ортопедической обувью.

Заключение. Современная стратегия развития производства промышленной продукции реабилитационного назначения 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 нарушений здоровья. Кроме того, продукция реабилитационного назначения должна обеспечивать автономность, повышение качества жизни, социальной и других видов активности инвалидов.

Ключевые слова: реабилитационная биотехническая система (РБТС), реабилитационная индустрия, суперадаптивность, принципы и методы управления, следящий привод, цифровизация, аддитивная технология.

*Цифровизация – переход с аналоговой формы передачи информации на цифровую.

Буров Г.Н., Щербина К.К., Пономаренко Г.Н., Большаков В.А. Возникновение и развитие системы оказания протезно-ортопедической помощи в России. *Физическая и реабилитационная медицина*. – 2019. – Т. 1, № 2. – С. 65–81. DOI: 10.26211/2658-4522-2019-1-2-65-81

Burov G.N., Shcherbina, K.K., Ponomarenko G.N., Bol'shakov V.A. The Emergence and Development of the Provision of Prosthetic and Orthopedic Care in Russia. *Physical and Rehabilitation Medicine*, 2019, vol. 1, no. 2, pp. 65–81 (in Russ.). DOI: 10.26211/2658-4522-2019-1-2-65-81

Буров Геннадий Николаевич / Gennady N. Burov; e-mail: zxzy@yandex.ru

THE EMERGENCE AND DEVELOPMENT OF THE PROVISION OF PROSTHETIC AND ORTHOPEDIC CARE IN RUSSIA

Burov G.N., Shcherbina, K.K., Ponomarenko G.N., Bol'shakov V.A.

Federal Scientific Center of Rehabilitation of the Disabled named after G.A. Albrecht, Bestuzhevskaya St. 50, 195067, Saint-Petersburg, Russian Federation

Abstract

Introduction. The existing practice of providing prosthetic and orthopedic care is based mainly on the medical and biological nature of disability, gives preference to medical and technical requirements for prosthetic and orthopedic products, evaluates the achieved result, mainly from functional positions. The proposed practice of providing prosthetic and orthopedic care is fundamentally different and corresponds to the maximum extent to modern views on disability.

It includes reliance on the socio-biological nature of disability, focus on achieving the best social results and a comprehensive assessment of prosthetics, which has functional, personal, psychophysiological, social and economic components.

Aim. Identify trends in the development of prosthetic and orthopedic care in Russia, the direction of its improvement and the formation of tasks in the near future.

Materials and methods. The study was conducted on the basis of a retrospective review of the formation of the state system of prosthetics in Russia, as well as on the basis of information materials in the field of prosthetics and orthotics, rehabilitation equipment and technologies of prosthetic and orthopedic care. The ideology of the formation of biotechnical system of rehabilitation, which is the basis for the provision of prosthetic and orthopedic care and the creation of new effective devices and technologies, including the supply of disabled people with other technical means of rehabilitation. The necessity of the instrumental evaluation of the functional efficiency of prosthetics and orthotics is shown.

Results. The conducted research allowed the Institute of prosthetics and orthotics to define and formulate the objectives of scientific developments in the near future, aimed at further improvement and development of the system of prosthetic and orthopedic care in Russia, including:

- digitalization of assistive technologies of prosthetic and orthopedic care to the population of the Russian Federation;
- development of bionic prostheses of upper and lower limbs;
- biomechanical studies of the musculoskeletal system, evaluation of the effectiveness of providing disabled people with prosthetic and orthopedic products and orthopedic shoes.

Conclusion. The modern strategy of development of production of industrial products for rehabilitation purposes is aimed at creating in the Russian Federation a modern, competitive, sustainable and structurally balanced rehabilitation industry that produces products for rehabilitation and habilitation, creating an accessible environment, other assistive devices and technologies necessary for the restoration or compensation of health problems. In addition, rehabilitation products should provide autonomy, improve the quality of life, social and other activities of persons with disabilities.

Keyword: rehabilitation bioengineering system, rehabilitation industry, superadditivity, principles and methods of control, servomechanism, digitalization, additive technology.

Введение

Существующая практика оказания протезно-ортопедической помощи опирается, в основном, на медико-биологическую сущность инвалидности, отдаёт предпочтение медико-техническим требованиям к протезно-ортопедическим изделиям, оценивает достигнутый результат, преимущественно, с функциональных позиций. Предлагаемая практика оказания протезно-ортопедической помощи принципиально отличается и в максимальной степени соответствует современным взглядам на проблемы инвалидности. Она включает опору на социально-биологическую сущность инвалидности, ориентацию на достижение наилучшего социального результата и комплексную оценку результатов протезирования, имеющую функциональную, личностную, психо-

физиологическую, социальную и экономическую компоненты.

Цель

Определить тенденции развития системы оказания протезно-ортопедической помощи в России, направление её совершенствования и формирование задач на ближайшую перспективу.

Материалы и методы

Исследование проводилось на базе ретроспективного обзора формирования государственной системы протезирования в России, а также на основе информационных материалов в области протезирования и ортезирования, технических средств реабилитации и технологий оказания протезно-ортопедической помощи. Рассмотрена идеология

формирования реабилитационной биотехнической системы (РБТС), лежащая в основе оказания протезно-ортопедической помощи и создания новых эффективных устройств и технологий, включая снабжение инвалидов другими техническими средствами реабилитации. Показана необходимость инструментальной оценки функциональной эффективности протезирования и ортезирования.

Результаты

В этом году исполнилось 136 лет со дня основания Мариинского приюта для ампутированных и увечных воинов, являющегося родоначальником ФНЦРИ имени Г.А. Альбрехта, и 100 лет со дня основания Петроградского научно-исследовательского института протезирования, организованного на его базе. Его преемником является Институт протезирования и ортезирования в составе ФГБУ «Федеральный научный центр реабилитации инвалидов имени Г.А. Альбрехта» Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации (ФНЦРИ имени Г.А. Альбрехта).

Целью государственной политики в отношении инвалидов является обеспечение им равных с другими гражданами возможностей в реализации гражданских, экономических, политических и других прав и свобод, предусмотренных Конституцией Российской Федерации, а также общепризнанными принципами и нормами международного права и международными договорами Российской Федерации.

Всё это в полной мере относится к системе протезно-ортопедического обеспечения инвалидов с дефектами и заболеваниями верхних и нижних конечностей.

Основные принципы протезирования и конструирования ряда важных протезно-ортопедических изделий были, в основном, определены в конце XIX века, в том числе, в значительной мере, трудами русских учёных. Однако эти протезы и аппараты изготавливались в единичных экземплярах и не были доступны большинству инвалидов.

В связи со значительным увеличением числа инвалидов, нуждающихся в протезировании после русско-турецкой войны 1877–1878 годов, в России был осуществлён ряд мероприятий, положивших начало государственной системе оказания протезно-ортопедической помощи. Так, по инициативе графини С. А. Бобринской в Петербурге в 1878 году был создан Дамский комитет по оказанию помощи увечным воинам. Портрет графини С. А. Бобринской представлен на рисунке 1.

В 1879 году при Главном военно-медицинском управлении была создана Комиссия по снабжению протезами инвалидов русско-турецкой войны за казённый счёт.

Дамский комитет по оказанию помощи увеч-



Рис. 1. Портрет графини С. А. Бобринской кисти художника Карла Брюллова

ным воинам по инициативе и при активном участии С. А. Бобринской собрал необходимые средства на организацию специализированного приюта. В итоге приказом по военному ведомству от 8 марта 1883 года был создан Мариинский приют для ампутированных и увечных воинов. Это было первое государственное учреждение по оказанию помощи инвалидам войны в дореволюционной России и единственное стационарное учреждение в Европе.

Предпосылками создания такого учреждения, как Мариинский приют, явились необходимость организации помощи увечным воинам и возросшее количество инвалидов в результате Крымской войны, русско-турецкой войны 1877–1878 годов и Балканских войн. Ранее снабжение протезами увечных воинов в России как система практически отсутствовало.

Приют занимался снабжением искусственными конечностями и механическими приспособлениями солдат и офицеров, получивших увечья на войне и в мирное время.

Однако со временем деятельность приюта перестала обеспечивать возросшие потребности гражданского населения, особенно детей, в протезно-ортопедических изделиях.

В связи с этим в 1890 году по инициативе одного из основоположников отечественной ортопедии Г. И. Турнера был организован приют для детей-калек и парализованных, на базе которого впоследствии был создан Научно-исследовательский ортопедический институт, носящий его имя.

В начале XX века в Петербурге почти одновременно были созданы два крупных ортопедических учреждения, способствовавших значительному развитию протезирования: ортопедическая клиника Военно-медицинской академии под руководством Г. И. Турнера и Ортопедический институт, возглавлявшийся проф. Р. Р. Вреденом (рис. 2).

Институт имел протезные мастерские, руководимые доктором В. А. Бетехтиным.

В Мариинском приюте, в частности для про-



Рис. 2. Слева-направо: Г. И. Турнер, Г. А. Альбрехт, Н. А. Шенк, С. О. Ванцвейг

тезирования пострадавших на войне, использовались протезы конструкций преимущественно русских мастеров – Шаплыгина, Бабурина, Квеля, Павлова.

Выдающуюся роль в научном развитии Мариинского приюта сыграл профессор Г. А. Альбрехт.

Герман Александрович Альбрехт родился 11 сентября 1878 года. В 1903 году с отличием окончил Военно-медицинскую академию, там же в 1907 году защитил докторскую диссертацию. Десять лет проработал в клинике Г. И. Турнера, где совершенствовался в области ортопедии, которая определила всю его дальнейшую деятельность (рис. 3).

В 1915 году он был отозван с фронта, направ-



Рис. 3. Слева – Г. И. Турнер, справа – Г. А. Альбрехт

лен на работу в Мариинский приют на должность младшего врача (рис. 4), но уже в 1916 году представил проект государственной реформы полной реорганизации протезной помощи инвалидам войн.

Г. А. Альбрехт рассматривал протезирование как особую область медицины и техники, имеющую

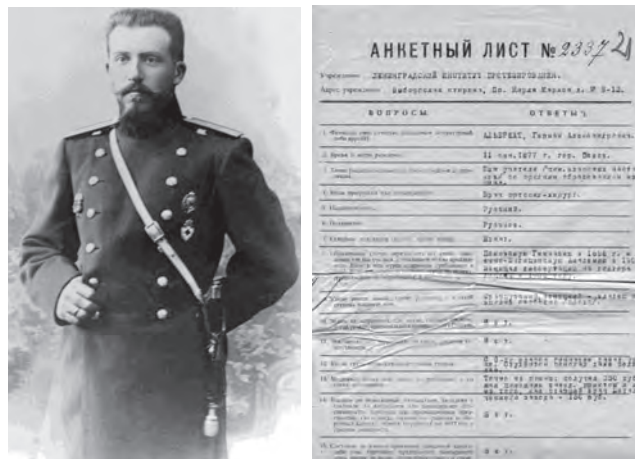


Рис. 4. Г. А. Альбрехт – директор Мариинского приюта – и его анкетный лист (1919 год)

важное государственно-экономическое значение. Он считал, что для работы в этой области необходимо сотрудничество различных специалистов: врачей, инженеров, мастеров протезного дела, которых следует готовить на соответствующих курсах. По мере подготовки кадров по всей стране следует создать сеть протезных мастерских. Для разработки новых, более совершенных протезов, необходима организация экспериментальной базы.

После Октябрьской революции, в 1918 году протезно-ортопедическая помощь была передана в ведение Народного комиссариата социального обеспечения, а в 1919 году признание новой Россией научности протезно-ортопедической деятельности ознаменовалось организацией Петроградского научно-исследовательского института протезирования, который возглавил Г. А. Альбрехт.

В 1919 году, одновременно с положением об институте, создается первая Учёно-техническая комиссия в составе (рис. 5):

Р.Р. Вредена – директора Петроградского ортопедического института;

Г. И. Турнера – начальника кафедры ортопедии ВМА;

Г.А. Альбрехта – директора института протезирования;

В. А. Бетехтина – заведующего протезной мастерской ортопедического института, профессора технологического института Б. И. Овсянникова, инженера-технолога Б. С. Елисеева – технического управляющего Завода военно-врачебных заготов-

лений, а также профессора А. Л. Поленова – директора физико-хирургического института.

Область создания протезов конечностей является одной из наиболее консервативных.



Рис. 5. Учёно-техническая комиссия, слева-направо:
Р. Р. Вреден, Г. И. Турнер, Г. А. Альбрехт, А. Л. Поленов, В. А. Бетехтин

Практически без изменений более ста лет эксплуатируются одни и те же методы управления, и соответственно этому строится сама система протезирования. Не следует говорить о том, плоха или хороша данная система построения протезов. Она рациональна для заданных изначально условий и ограничений. На формирование существующей системы оказало влияние множество факторов, в том числе стремление получить дешёвые, но эффективные средства протезирования, а также потребность быстрого массового протезирования при травматических эпидемиях. Толчком к развитию технических средств протезирования послужила Первая мировая война. Появились конструкции протезов, которые вполне могли служить прототипами для дальнейшего развития. Однако данные изделия изготавливались полностью одним мастером и были очень дороги. Воспользоваться их достоинствами могли только единицы.

Модульная система позволила тогда выйти из положения и сохранилась в дальнейшем как основная.

Война 1914–1919 годов создала в каждом из участвовавших в ней государств необходимость протезирования многотысячных контингентов, в связи с чем прежние позиции в учении об ампутациях были пересмотрены. Были предложены стандартные ампутационные схемы. Они намного упростили задачу хирургов, так как избавляли от необходимости поиска уровня каждой ампутации, установив в пределах каждого сегмента определённые места для ампутаций. Уровни ампутаций были намечены применительно к состоянию протезирования того времени. При этом типы протезов в значительной степени стандартизировались. Система унифицированных модулей стала преобладающей. Ампутировав по стандартной схеме, хирург «подгонял» культю к нескольким определённым типам протезов, благодаря чему существенно

упрощалась работа протезистов.

По мере накопления опыта стали выявляться недостатки ампутационных схем. Опыт войны показал, что основной и неотложной задачей хирурга является спасение жизни раненого. Вопросы протезирования при этом отходят на второй план. Стандартные ампутационные схемы часто оказывались неприемлемыми. Те же ситуации часто складывались и в мирное время. Применение таких схем во многих случаях связано с ампутацией конечности на чрезмерно высоком уровне, что подтвердил опыт Второй мировой войны. По мнению авторов «Медицинских основ протезирования» Ф. А. Копылова и М. С. Певзнера, ампутации должны выполняться на максимально дистальном уровне, а не по схемам. Вычленения в локтевом и лучезапястном суставах, отвергаемые сторонниками стандартных схем, безусловно показаны вместо ампутаций на более высоких уровнях. Упомянутые авторы считают, что схемы во всех их видоизменениях, создавая впечатление научной обоснованности «подгонки» культей к протезам, тормозят дальнейшее развитие протезирования и не должны применяться при ампутациях. Сберегающий подход при ампутациях создаёт наиболее благоприятные условия для последующей оперативной реконструкции культы в целях протезирования.

Фактически, в настоящее время наблюдается определённое противоречие между современным подходом к ампутациям, в особенности верхних конечностей, и существующей модульной системой, изначально рассчитанной на использование при стандартных схемах ампутаций.

Сберегающий подход, провозглашённый Н. И. Пироговым, создаёт большее разнообразие и нуждается в создании новых механизмов, использовании новых методов управления протезами, разработке новых технологий.

В системе комплектующих протезов нижних конечностей при ориентации только на один метод управления, а именно – инерционный, уровень унификации был снижен до деталей соединительных элементов. В большинстве случаев это позволяет индивидуализировать изделия, но тем не менее не дает возможности в полной мере использовать потенциал подвижности инвалидов.

Система модулей, обладая рядом положительных качеств с точки зрения простоты и быстрой комплектации протеза конечности, по существу, способствовала тому, что был пропущен целый этап в наработке эффективных механизмов и устройств.

Однако система унифицированных модулей осваивалась и дорабатывалась десятилетиями.

Современное состояние протезной техники таково, что существующая номенклатура модулей протезов значительно расширена. Трудности технического характера, а также трудности протезирования, которые возникали в начале прошлого века, сегодня в значительной мере преодолены. Но в процессе развития и расширения медико-технических и технологических возможностей возникают новые задачи, соответствующие современному этапу развития.

Разработка и освоение новых устройств тесно связаны с вопросами консервативной и хирургической подготовки к протезированию. При неудачной подготовке к протезированию или нарушении основных положений методик даже самые хорошие изделия не смогут быть использованы пациентами. Поэтому с целью исключения негативного отношения к вновь создаваемым устройствам целесообразно обратить внимание не только на тщательную отработку конструкций механизмов, но и, в значительной мере, на методы индивидуального подхода и подготовки к протезированию. Результат сложного протезирования после двусторонней ампутации ног представлен на рисунке 6.

Серьезный прогресс в развитии протезно-ортопедической помощи военнослужащим и гражданскому населению страны был отмечен в годы Великой Отечественной войны. В 1942 году было принято Постановление Совнаркома СССР по вопросам развития протезно-ортопедической помощи в стране, во исполнение которого в Москве в 1943 году был создан Научно-исследовательский институт протезирования. Три года спустя в Москве было создано Центральное конструкторское бюро (ЦКБ) протезостроения. В 1948 году Московский НИИ протезирования и ЦКБ протезостроения были объединены в Центральный научно-исследовательский институт протезирования и протезостроения.

В послевоенные годы началось интенсивное использование микроэлектроприводов и элек-



Рис. 6. Результат сложного протезирования после двусторонней ампутации ног

тронных систем управления протезно-ортопедическими изделиями (ПОИ).

В последующие годы государственная поддержка отрасли способствовала достаточно активной разработке новых научно-технических решений, таких, например, как создание биоэлектрических протезов верхней конечности, осуществлению массового бесплатного протезирования населения, расширению сети протезных предприятий. Всё это позволяло решать большинство вопросов массового изготовления ПОИ и оказания помощи населению.

В 1989 году на помощь отрасли пришла передовая оборонная промышленность, использовавшая наукоёмкие космические технологии. Постановлением Совмина СССР на Минобщмаш СССР и РКК «Энергия» была возложена принципиально новая для них задача производства современных протезов. В результате этого важного шага, начиная с 1990 года, в стране начал осуществляться постепенный переход от заводской технологии массового протезирования к индивидуально-модульному принципу изготовления протезно-ортопедических изделий и оказания протезно-ортопедической помощи.

В 1995 году правительство утверждает федеральную комплексную программу «Социальная поддержка инвалидов», и развитие протезно-ортопедической помощи населению до настоящего времени осуществляется программно-целевым методом.

Опыт работы отрасли показал, что современная практика оказания протезно-ортопедической помощи должна опираться на единство понимания всеми специалистами отрасли содержания и необходимого объёма протезно-ортопедической по-

мощи в каждом конкретном случае, зависящих, с одной стороны, от выявленных потребностей пациента и установленных медико-социальных показаний к протезированию, а, с другой стороны, от технологических возможностей, оснащения и квалификации кадров организации, которая осуществляет эту деятельность.

Немаловажное значение для функционирования такой системы имеет принцип достижения максимального социального результата, принцип определения достигнутого в процессе создания реабилитационной биотехнической системы (РБТС) социального результата.

Реализация этого принципа должна опираться на понимание различия в понятиях «больной» и «инвалид», «лечение» и «реабилитация», «выздоровление» и «ресоциализация». Если существующая практика оказания протезно-ортопедической помощи опирается, в основном, на медико-биологическую сущность инвалидности, отдаёт предпочтение медико-техническим требованиям к протезно-ортопедическим изделиям, оценивает достигнутый результат преимущественно с функциональных позиций, то предлагаемая практика оказания протезно-ортопедической помощи принципиально отличается и в максимальной степени соответствует современным взглядам на проблемы инвалидности.

Она включает опору на социально-биологическую сущность инвалидности, ориентацию на достижение наилучшего социального результата и комплексную оценку результатов протезирования, имеющую функциональную, личностную, психофизиологическую, социальную и экономическую компоненты.

При переходе к модели индивидуального оказания протезно-ортопедической помощи в основу новой системы оценки деятельности протезно-ортопедических предприятий должен быть положен принцип определения достигнутого в процессе создания РБТС социального результата.

В настоящее время преобладающей в качестве научно-методической основы формирования и развития реабилитационной индустрии является теория реабилитационных биотехнических систем (БТС).

Определение БТС принято Первой международной конференцией по бионике в 1975 году (Варна, Болгария).

Под РБТС понимается сложная суперадаптивная система активного типа, объединяющая в едином контуре целенаправленной регуляции человека, имеющего ограничения жизнедеятельности, техническое средство реабилитации (в том числе протез), реабилитационные технологии и среду жизнедеятельности (физическую, биологическую, социальную, информационную) и функционирую-

щая на основе принципов единства среды жизнедеятельности и человека, адекватности и социальной целесообразности.

В отличие от БТС, в которых технические устройства сопряжены с организмом в едином контуре целенаправленного поведения (системы типа «протез – организм человека»), РБТС включает ещё один важный элемент – среду жизнедеятельности (физическую, информационную, биологическую и социальную). Таким образом, модель РБТС состоит из трёх основных элементов: человека, имеющего ограничения жизнедеятельности, технического средства реабилитации и реабилитационной технологии, а также среды жизнедеятельности.

Суперадаптивность РБТС, позволяющая отнести её к категории сложных активных систем, достигается посредством двух контуров регуляции: внутреннего, обеспечивающего взаимодействие организма и технического устройства, и внешнего, позволяющего подсистеме «человек – ТСР» адаптироваться во внешней среде.

В этих условиях важнейшими для понимания сущности РБТС являются принципы единства среды жизнедеятельности человека (способность неживой части системы «понимать» состояние живой части и, напротив, живой части системы «настраиваться» на состояние внешней среды и максимально использовать в своих интересах), принципа адекватности (достижение наилучшего согласования деятельности человека, ТСР и внешних факторов) и принципа социальной целесообразности (ориентировка на достижение наилучшего социального результата).

Учитывая, что протезно-ортопедическая индустрия является составной частью реабилитационной индустрии, для дальнейшего рассмотрения путей решения проблемы целесообразно привести определение реабилитационной индустрии. Реабилитационная индустрия – промышленная основа системы социальной защиты населения, включающая сеть организаций – производителей технических средств реабилитации и реабилитационно-технических услуг, охватывающая систему отношений организационно-управленческого, производственного, социально-экономического, научно-информационного и правового характера, направленных на интеграцию инвалидов и граждан, имеющих ограничения жизнедеятельности в общество путём создания равных условий для реализации их прав, возможностей и обязанностей во всех сферах социальной жизни.

Модель системы реабилитационной индустрии включает в себя РБТС как важнейшее звено, обеспечивающее достижение конечного социального результата (рис. 7).

Теория РБТС имеет большое практическое значение для развития протезно-ортопедической

МОДЕЛЬ РБТС

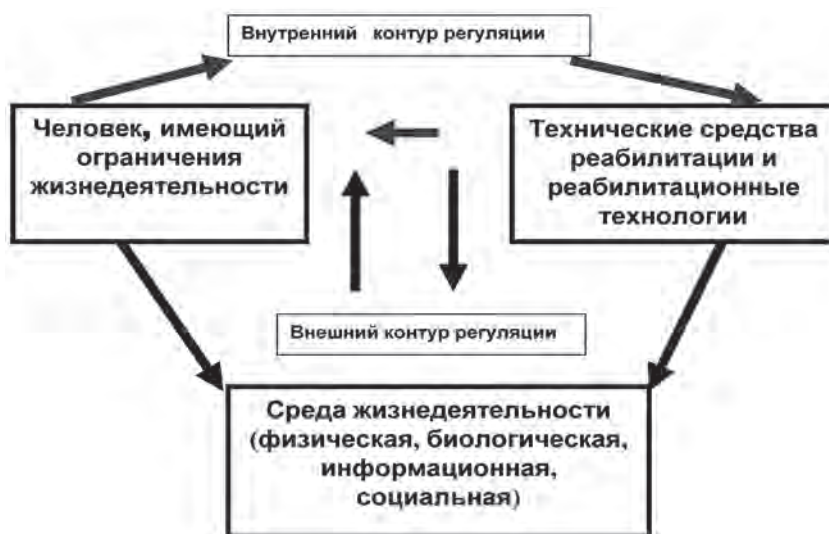


Рис. 7. Модель реабилитационной биотехнической системы

индустрии. Достижение принципиально новых результатов в реабилитации инвалидов с использованием протезно-ортопедических изделий возможно только при условии постановки комплекса задач, обеспечивающих высокую эффективность реабилитационного процесса. Иными словами, требования к протезно-ортопедическим изделиям должны опираться на социально-биологическую сущность инвалидности. В этом случае требования, например, к выбору протеза, определению показаний к протезированию и методу протезирования не должны быть по своему содержанию исключительно медико-техническими, так как в первую очередь они ориентированы на достижение максимально положительного социального результата.

Применение данных подходов позволяет разрабатывать принципиально новые протезно-ортопедические изделия, максимально учитывающие физические, интеллектуальные, психологические, эмоциональные и другие возможности инвалидов, а также влияние социально-средовых факторов. Синтез РБТС с учётом социальной, физиологической и психологической цены затрат позволяет максимально снизить риски отрицательного влияния протезно-ортопедических изделий на человека.

Совершенствование требований к функциональным, эстетическим и эргономическим свойствам протезно-ортопедических изделий, несомненно, ведёт к необходимости поиска новых технических решений, сырья и материалов, технологий их производства. Предлагаемые подходы к созданию РБТС способствуют пересмотру взглядов на систему оценок достигнутого реабилитацион-

ного эффекта.

Данные подходы к организации протезно-ортопедической помощи населению, несомненно, требуют пересмотра системы подготовки кадров для отрасли. Только создание многоуровневой комплексной системы подготовки различных категорий специалистов в области реабилитационной индустрии позволит оперативно реагировать на развитие отрасли и иметь на протезно-ортопедических предприятиях необходимый кадровый потенциал. При этом следует рассматривать вопрос значительно шире, чем только подготовка специалистов, непосредственно осуществляющих протезирование. Менеджеры предприятий, инженерно-технический и медицинский персонал, специалисты финансово-экономических служб должны также быть охвачены всеми видами повышения квалификации. Кроме того, должна быть пересмотрена программная основа подготовки существующих специалистов (путём их дополнения в части реабилитологии и реабилитационной индустрии), и введены новые соответствующие специальности.

Что касается технических средств, функционирующих в составе РБТС и предназначенных для восстановления способности инвалидов к ручной деятельности или передвижению, то к ним относятся устройства, носимые инвалидами и воспроизводящие отдельные движения отсутствующих сегментов. В основном, к ним принадлежат функционально-косметические протезы на все виды и уровни дефектов конечностей, как ампутационных, так и врожденных, а также рабочие протезы различного назначения, насадки и приспособления к функциональным и рабочим протезам для

самообслуживания и выполнения различных видов деятельности. В состав данных технических средств также входит комплекс основных и вспомогательных устройств, выполняющих функции крепления, управления и все необходимые элементы, обеспечивающие работу данных устройств в реабилитационной биотехнической системе «инвалид – техническое средство – предметно-социальная среда».

Создание технических средств для восстановления способности, в частности к ручной деятельности и самообслуживанию, является сложной и во многом нерешенной проблемой. Сложность задачи заключается не только в том, что необходимо создавать легкие и прочные устройства с высоким уровнем миниатюризации отдельных частей, но, главным образом, в принципах построения систем управления. Требования, предъявляемые к данным устройствам, всегда противоречивы.

При создании данных устройств необходимо разрешение, например, такого противоречия: чем выше уровень ампутации, тем меньше остается у инвалида источников управляющих сигналов, но при этом должно подлежать восстановлению все большее число подвижных управляемых звеньев. Протезы рук представляют наглядный тому пример. Считается, что протезы рук являются наиболее эффективным техническим средством реабилитации инвалидов при ампутационных и врожденных дефектах верхних конечностей. Однако современные протезы, как правило, реализуют не более двух активных степеней подвижности. Обычно это сгибание локтя и хват, или ротация кисти и хват. Управление движением при этом осуществляется поочередно в установочном режиме, поскольку общая доктрина управления ориентирована на преимущественное использование компенсаторных движений частей тела инвалида.

Несмотря на трудности протезирования, до определенной степени задача реабилитации инвалидов решается, но остается еще целый пласт неиспользованных возможностей.

Все же активный протез руки изначально предназначен для выполнения сложных и нетиповых рабочих операций, связанных с жизнедеятельностью и самообслуживанием инвалида.

Протез руки должен удовлетворять двум основным требованиям: косметичности и функциональной эффективности. В настоящее время решение первой задачи достигнуто в удовлетворительных пределах, вторая же задача требует решения в соответствии с современным уровнем техники.

В настоящее время большая часть протезов рук использует технические решения, которые известны с середины и конца XIX века. Совершенствуется технология изготовления комплектующих узлов, совершенствуются виды взаимодействия человека

с протезом, однако принципы управления протезом остаются неизменными. И это несмотря на то, что современная техника достигла значительных успехов в области создания средств механизации.

Процесс совершенствования в области протезов конечностей идет весьма медленно. Это вполне объяснимо. По сравнению с решением общетехнических задач ситуация резко меняется, когда исследователь имеет дело с инвалидом, человеком, у которого отсутствует, например, часть руки или, в случае вычленения плеча, рука отсутствует полностью.

Именно в этих условиях значительный интерес представляет поиск возможности использования в полной мере реабилитационного потенциала инвалида и создания на этой основе эффективных технических средств протезирования.

Консерватизм в конструировании протезов конечностей объясняется не только малым числом независимых источников управляющих сигналов при потере конечности или ее части. Значительное влияние на состояние проблемы оказывает стремление разработчиков к тотальной унификации основных модулей, несмотря на то, что возможны различные алгоритмы управления при различных уровнях ампутации, в частности верхней конечности, и вообще другие принципы управления.

Основным направлением работы в настоящее время должен быть поиск принципов и методов управления техническими средствами реабилитации, обеспечивающих максимально возможное использование реабилитационного потенциала инвалида с целью достижения более высокого уровня реабилитационного эффекта при протезировании.

В технике используются три фундаментальных принципа: разомкнутого управления, обратной связи и компенсации. Необходимо обратить внимание на первые два фундаментальных принципа, поскольку принцип компенсации (принцип регулирования по возмущению) заключается в том, что регулируемая величина зависит не только от управления, но и от возмущающего воздействия. Управление формируется по воздействию со стороны нагрузки. Закон управления здесь формируется таким образом, чтобы в установившемся режиме отклонение отсутствовало. Этот принцип используется в автономных автоматических системах и имеет применение в электрических машинах (генераторах) для поддержания постоянного напряжения в сети.

Сущность принципа разомкнутого управления состоит в том, что алгоритм управления строится только на основе заданного алгоритма функционирования и не контролируется в системе по фактическому значению управляемой величины.

Принцип обратной связи является одним из широко распространенных. В соответствии с ним

воздействие на регулирующий орган объекта в самом общем случае вырабатывается как функция отклонения регулируемой величины от предписанного значения.

Принцип обратной связи является весьма универсальным фундаментальным принципом управления, действующим в технике, природе и обществе (действие на выходе объекта управления постоянно контролируется на его входе).

Именно с точки зрения применения фундаментальных принципов управления целесообразно оценивать используемые в протезировании системы управления, их качественные различия при применении в них принципа разомкнутого управления или принципа обратной связи.

Решение перечисленных задач предусматривает использование систем следящих приводов с непрерывным управлением, охваченных одним или несколькими контурами обратной связи. Принципиально новый качественный эффект, достигаемый при функционировании подобной реабилитационной биотехнической системы, позволяет считать данное направление работ перспективным. Необходимо создание системы реверсивных тяговых следящих приводов для активных протезов верхних и нижних конечностей с позиционной и силовой обратной связью к органу управления.

На рисунке 8 представлена искусственная стопа со следящим приводом тыльного сгибания. Внешний вид прототипа протеза после вычленения плеча, реализующий три степени подвижности со следящими приводами (сгибание-разгибание плеча, предплечья и искусственной кисти), представлен на рисунке 9.

Протез руки, независимо от уровня ампутации, если он имеет в многозвенной или двухзвенной



Рис. 8. Искусственная стопа со следящим приводом тыльного сгибания

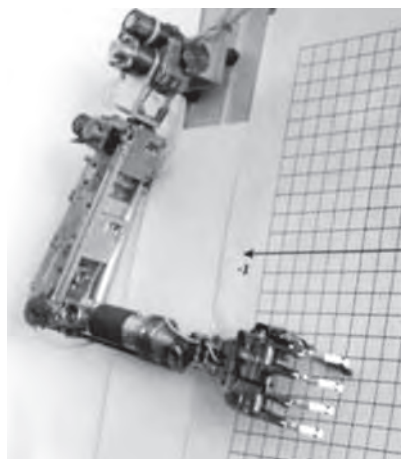


Рис. 9. Внешний вид прототипа протеза после вычленения плеча, реализующий три степени подвижности со следящими приводами (сгибание-разгибание плеча, предплечья и искусственной кисти)

рычажной шарнирной цепи активные шарниры, относится к числу манипуляционных устройств. Как манипуляционное устройство протез руки предназначен для выполнения разнообразных рабочих операций в изменяющихся условиях рабочей зоны.

Протезом инвалид-оператор управляет с помощью задающих устройств, дающих команды исполнительным механизмам соответствующих степеней подвижности. Часто задающие устройства совмещены со структурой исполнительных систем механизмов.

Наибольшей естественности работы инвалида-оператора, а следовательно, и высокой эффективности выполнения операций можно достигнуть лишь в том случае, если инвалид получит информацию об усилиях и моментах, действующих на исполнительный орган (исполнительную часть протеза) со стороны нагрузки. Причем эта часть информации должна восприниматься непосредственно на органе управления (задающем устройстве).

Действительно, здоровый человек выполняет работы непосредственно рукой, развивает с помощью мышц в каждом суставе руки усилия, необходимые для перемещения объекта работ. От объекта через органы чувств человек получает необходимую ему информацию о пространственном положении, перемещении руки и развиваемых им усилиях. Эта информация позволяет контролировать движения руки, что обеспечивает выполнение целенаправленных действий. Такое свойство естественной руки связано с двусторонностью действия мускульной системы, управляемой головным мозгом через нервную систему. В связи с этим обеспечение естественной работы инвали-

да-оператора может быть достигнуто лишь в том случае, если по каждой реализуемой активной степени подвижности протез будет обладать двусторонностью действия.

Как показывают исследования, способность оператора ощущать то, что он делает в рабочей зоне, повышает эффективность его работы примерно в 6 раз при значительном снижении физических и умственных усилий.

Манипуляционные устройства с двунаправленной передачей положений и усилий реализуют метод копирующего управления двустороннего действия. Двусторонность действия реализуется различными способами, но наиболее распространенными устройствами такого типа являются механические копирующие манипуляционные системы.

Основным признаком, определяющим принцип действия, является метод управления протезом. В число основных методов входят следующие: метод тягового управления, метод механического бестягового управления, метод инерционного управления, метод миотонического управления, метод биоэлектрического управления и метод контактного управления, а также метод аналогового копирующего управления (позиционно-силовой следящий привод). Все указанные методы могут использоваться совместно в различных со-

четаниях. Комбинирование методов применяют в зависимости от потребностей протезирования.

Общее представление о применимости известных методов управления дает таблица.

В протезах верхних конечностей в основном используют разомкнутый принцип управления, за исключением тяговых протезов, где в режиме нагружения реализуется принцип управления с обратной связью и по положению и по усилию.

В протезах нижних конечностей, бедра и после вычленения бедра используется только инерционный метод управления как энергетически наиболее выгодный и простой. Системы приводных устройств в протезах нижних конечностей (широкого применения) не используются.

Касаясь вопроса манипулирования объектами с помощью протезов верхних конечностей, необходимо обратить внимание на особенности использования протеза руки. Прежде всего, ни один из известных серийных протезов не обеспечивает одновременно управляемого инвалидом движения в нескольких суставах (активных шарнирах). Количество активных шарниров в современных протезах рук не превышает двух. Управление активным движением осуществляется по очереди со зрительным контролем положения звеньев. Основной алгоритм управления предусматривает предварительную установку управляемого звена

Таблица

Методы управления протезом

Принцип управления	Метод управления	Применимость в практике протезирования				
		Протез после вычленения плеча	Протез плеча	Протез предплечья	Протез кисти	
Разомкнутый	Инерционный	-	+	-	-	
	Миотонический	-	+	+	-	
	Биоэлектрический	-	+	+	-	
	Контактный	+	-	-	-	
С обратной связью	Одно-направленный	Тяговый с одной ветвью передачи	+	+	+	+
		Копирующий	Тяговый с двумя ветвями передачи	-	-	-
	Бестяговый механический		-	-	-	+
		Аналоговый с внешним источником энергии	-	-	-	-

ориентировочно в заданное положение, после чего компенсаторными движениями и подвижностью остаточных сегментов руки осуществляется завершение рабочей операции.

Считается, что современные протезы верхних конечностей с внешним источником энергии освобождают инвалида от излишних энергозатрат, оставляя за ним только функцию управления. Это верно, если речь идет об установке одного звена искусственной руки в заданное положение.

С физиологической точки зрения наиболее выгодной является система управления, где управляющие действия совпадают с естественными движениями. Однако в многофункциональных устройствах управление до настоящего времени остается поочередным из-за ограниченного числа источников управляющих сигналов. Количество таких источников тем меньше, чем выше уровень ампутации. Во всех случаях манипулирования предметами инвалиду приходится использовать подвижность остаточных сегментов руки и плечевого пояса.

При создании протезов верхних конечностей для детей следует отметить, что до настоящего времени не все возрастные диапазоны полностью обеспечены протезными полуфабрикатами и, в особенности, активными модулями протезов. Недопустимо из-за отсутствия соответствующего возрасту ребёнка протеза не развивать двигательные способности в детстве, так как в старшем возрасте освоение даже весьма простых устройств будет затруднено.

Так же, как и в протезах для взрослых, задачами ближайшего времени является создание принципиально новых для протезов верхних конечностей систем управления, работающих по принципу обратной связи. В первую очередь это относится к протезам, используемым после ампутаций в пределах предплечья как наиболее распространён-

ным и составляющим более 40% от общего числа инвалидов с ампутационными дефектами рук.

При создании протезов верхних и нижних конечностей, а также в процессе протезирования необходимо добиться объективной оценки достигнутого реабилитационного эффекта и функциональных возможностей сформированной реабилитационной биотехнической системы, в том числе относительно возможности пользования средствами самообслуживания и другими предметами, связанными с жизнедеятельностью.

Для этих целей необходимо создать специальное стендовое оборудование, основой которого является не только измерение времени выполнения испытательного задания, но и других параметров, таких как точность движения, нагрузочные моменты, функциональная нагрузка активных и пассивных шарниров и т.п.

С проблемой создания протезов конечностей тесно связана проблема создания других технических средств реабилитации, в том числе функционально-эстетической одежды для инвалидов с дефектами верхних конечностей, особенно двухсторонними, корсетов и ортезов различного назначения, а также ортопедической обуви. На рисунках 10, 11 представлено индивидуальное проектирование и пошив специальной одежды для инвалидов с дефектами опорно-двигательного аппарата.

Решение этой проблемы лежит в плоскости расширения номенклатуры и создания типоразмерного ряда модулей рабочих протезов, усовершенствования приёмника рабочих насадок на протез. Учитывая эргономические особенности трудовой деятельности, необходимо создать активный рабочий протез с внешним источником энергии. Также необходимо создать рабочий протез предплечья с функциональным сменным захватом (рис. 12).

Перспективной является разработка комплекта быстроразъемной каркасной кисти, исключаящего

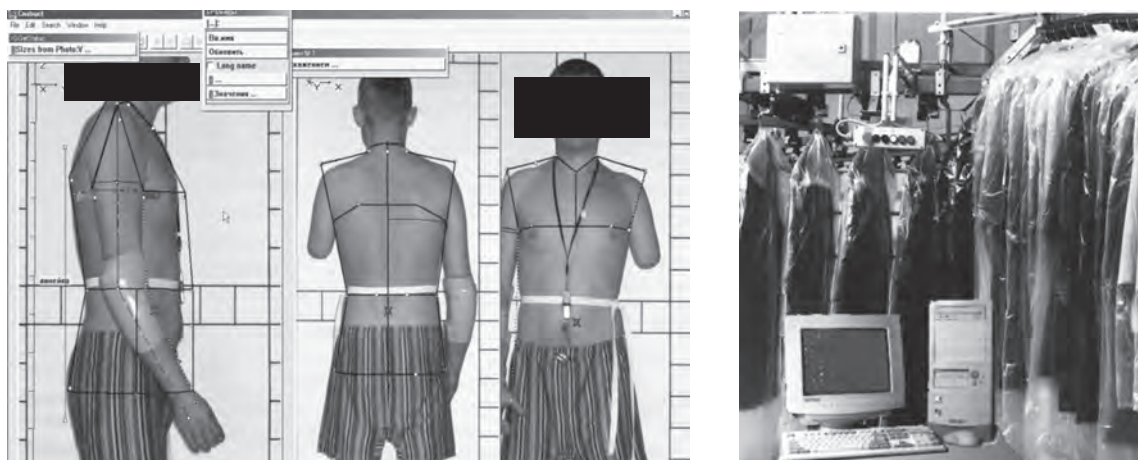


Рис. 10. Индивидуальное проектирование и пошив специальной одежды для инвалидов с дефектами опорно-двигательного аппарата

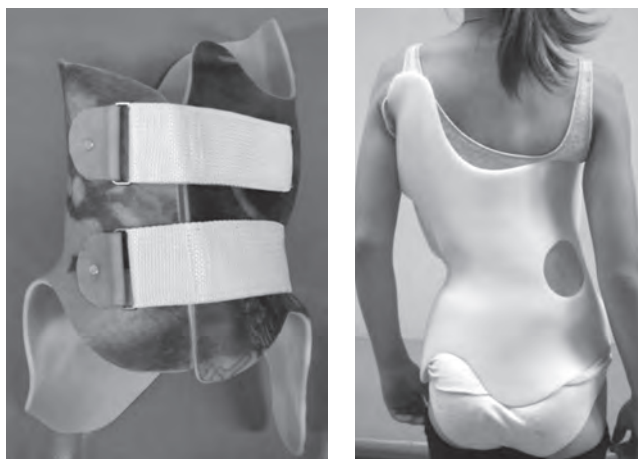


Рис. 11. Корсет типа Шено



Рис. 12. Сменные функциональные захваты и сменная искусственная кисть с унифицированным стыковочным узлом

перестёгивание тяг, а также комплекта функциональных сменных концевых устройств для протеза плеча и предплечья.

Основное назначение обуви – утилитарное, а именно: защита стопы от внешних воздействий. Кроме известного свойства, ортопедическая обувь должна обладать лечебным эффектом, выражающимся в полной или частичной компенсации нарушенных или утраченных функций стопы – толчковой, рессорной и балансирующей. Согласно ГОСТ 23251-83 «Обувь. Термины и определения», ортопедическая обувь – это обувь, конструкция которой разработана с учётом патологических отклонений в стопе, голени или бедре (рис. 13, 14).

Функциональное назначение ортопедической обуви – компенсировать нарушенную функцию стопы за счет:

- рационального перераспределения нагрузки по опорной поверхности стоп;
- удержания стопы в корригированном положении;
- компенсации укорочения нижней конечности или утраченного сегмента стопы;
- обеспечения возможности самообслуживания инвалидов без рук.

Развитие протезных реабилитационных биотехнических систем применительно к инвалидам

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ОРТОПЕДИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ ПРИ КОСОЛАПОСТИ У ДЕТЕЙ



Рис. 13. Пример построения ортопедических изделий при косолапости у детей

ВКЛАДНЫЕ БАШМАЧКИ, НАЗНАЧАЕМЫЕ ПРИ КУЛЬТЯХ СТОП



Рис. 14. Пример снабжения ортопедической обувью при культях стоп

с дефектами конечностей ставит на повестку дня также создание специализированных измерительных комплексов для настройки и регулирования в системе, а также для оценки функциональной нагрузки технического средства и, в конечном счёте, для оценки достигнутого реабилитационного эффекта.

Создание аппаратно-программных комплексов на основе современной компьютерной техники и передового математического обеспечения позволит осуществлять сравнение различных типов устройств в процессе анализа заданных рабочих операций, а также настройку и регулировку многофункциональных устройств, что обеспечит переход на качественно новый уровень реабилитации инвалидов с дефектами верхних конечностей.

В настоящее время бурно развивается технологическое направление изготовления протезно-ортопедических изделий на основе 3D-сканирования, программной обработки, моделирования сканированных объектов и аддитивных технологий (рис. 15).

В отрасли это направление представляет серьёзный интерес в части применения новых прогрессивных технологий в протезировании и ортезировании при индивидуальном изготовлении протезно-ортопедических изделий, таких как протезы верхних и нижних конечностей и ортезов (в том числе корсетов на туловище).

Индивидуальное изготовление сложных и атипичных протезных изделий при традиционных технологиях, как правило, весьма трудоёмко. Наиболее сложным является изготовление индивидуальных модулей (приёмных гильз и других изделий индивидуального изготовления) различного назначения, зависящих от анатомо-

функциональных особенностей протезируемых. Индивидуальные модули представляют собой устройства соединения человека с техническим средством и требуют высокой квалификации протезистов. От конструкции и качества изготовления данных модулей зависит работоспособность протезного изделия и удобство его использования инвалидом.

Основной задачей является реализация возможности применения передовых технологий в области оказания услуг по протезированию и ортезированию инвалидов с дефектами и заболеваниями опорно-двигательной системы с выходом на новый современный технологический уровень



Рис. 15. 3D-принтер, обеспечивающий изготовление приёмных гильз протезов по сканированной модели культи, и образцы продукции

производства.

Решение задачи программной формализации индивидуальных тонкостенных объёмных изделий сложной формы снизит трудозатраты и повысит производительность труда в целом.

Кроме того, в ряде случаев новая технология позволяет изготавливать индивидуальные приёмные гильзы дистанционно при наличии сканирующих устройств на протезном предприятии. Учитывая размеры территории страны и удалённость потребителей от центров, владеющих современной технологией, может быть существенно повышено качество услуг, предоставляемых населению по протезированию и ортезированию.

В Институте протезирования и ортезирования (ИПО) за последние 10 лет на разработки устройств, моделей способов и программ получено более 60 патентов, опубликовано более сотни статей.

В 2014 году был получен диплом в номинации «100 лучших» изобретений России за разработку патента на «Протез предплечья», где впервые предложено устройство, позволяющее в естественном режиме одновременно управлять тремя степенями подвижности искусственной руки (рис. 16). Работа по созданию новых современных устройств (рис. 17), методов оценки эффективности протезирования, оценки эффективности реабилитационных мероприятий успешно продолжается, хотя и не без трудностей.

Стратегия развития производства промышленной продукции реабилитационной направ-

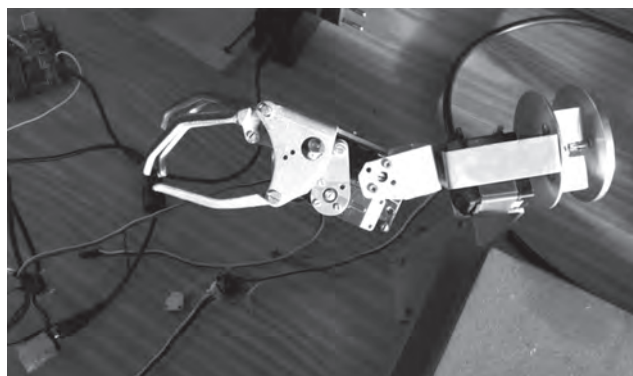


Рис. 17. Экспериментальный образец протеза предплечья с одновременным управлением функциями ротации и сгибания активной искусственной кисти

ленности до 2025 года 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 (инвалиды и маломобильные граждане). Особое внимание отводится организации производства реабилитационных изделий для детей-инвалидов и молодежи с инвалидностью.

В связи с изложенным, цель научно-исследовательских работ ИПО в области протезирования и технических средств реабилитации на ближайшую перспективу может быть сформулирована следующим образом.

1. Цифровизация ассистивных технологий протезно-ортопедической помощи населению Российской Федерации:

- разработка инновационных технологий изготовления протезно-ортопедических изделий путём 3D-сканирования, цифрового моделирования и аддитивной 3D-печати;

- разработка дистанционных технологий обеспечения инвалидов протезно-ортопедическими изделиями и функционально-косметической одеждой;

- разработка и внедрение экспресс-технологий протезирования нижних конечностей.

2. Разработка бионических протезов верхних и нижних конечностей:



Рис. 16. Диплом в номинации «100 лучших изобретений России»

- разработка инновационных систем управления искусственной конечностью;
- разработка инновационных модулей искусственных кисти и стопы.

3. Биомеханические исследования опорно-двигательной системы, оценка эффективности обеспечения инвалидов протезно-ортопедическими изделиями и ортопедической обувью:

- биомеханическое обоснование разработки новых конструкций протезно-ортопедических изделий для инвалидов;
- разработка объективных критериев назначения модулей протезов нижних конечностей;
- оценка эффективности обеспечения инвалидов протезно-ортопедическими изделиями с помощью методов объективного контроля;
- разработка нормативно-технической документации современных протезно-ортопедических изделий и ортопедической обуви.

Заключение

Современная стратегия развития производства промышленной продукции реабилитационного назначения 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 нарушений здоровья. Кроме того, продукция реабилитационного назначения должна обеспечивать автономность, повышение качества жизни, социальной и других видов активности инвалидов.

Этика публикации: Исследования проводились в соответствии с этическими стандартами, изложенными в Хельсинкской декларации.

Конфликт интересов: Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Источник финансирования: Финансирование осуществлялось за счет средств ФГБУ ФНЦРИ им. Г.А. Альбрехта Минтруда России.

Литература

1. Руководство по протезированию и ортезированию / под ред. засл. деятеля науки России проф. А. Н. Кейера и засл. врача РФ А. В. Рожкова. – СПб, 1999. – 624 с.
2. Технические средства реабилитации больных и инвалидов с поражением верхних конечностей. Учебно-

методическое пособие. Под ред. доктора медицинских наук профессора С.Ф. Курдыбайло. – СПб: Издательство «Знак», 2013. – 292 с.

3. Пономаренко Г.Н., Большаков В.А. Федеральный научный центр реабилитации инвалидов имени Г.А. Альбрехта: страницы истории. – СПб: ООО «ЦИАН, ООО «Р-КОПИ», 2018. – 180 с.
4. Реабилитация инвалидов: национальное руководство / под ред. засл. деятеля науки России проф. Г.Н. Пономаренко. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2018. – 731 с.
5. Смирнова Л.М., Юлдашев З.М. Методы и системы оценки функциональной эффективности протезирования и ортезирования пациентов с патологией нижних конечностей. – СПб: Изд. СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2012. – 215 с.
6. Курдыбайло С.Ф., Пономаренко Г.Н., Евсеев С.П., Суслиев В.Г., Чекушина Г. В., Технические средства реабилитации для занятий адаптивной физической культурой и спортом. – СПб: ООО «Р-КОПИ», 2018. – 130 с.

References

1. Kejer A.N. (ed.), Rozhkov A.V. (ed.) (1999) *Rukovodstvo po protezirovaniyu i ortezirovaniyu* [Guide to prosthetics and orthotics]. Saint-Petersburg: – 624 p. [In Russian]
2. Kurdybajlo S.F. (ed.) (2013) *Tekhnicheskie sredstva rehabilitacii bol'nyh i invalidov s porazheniem verhnih konechnostej. Uchebno-metodicheskoe posobie* [Technical means of rehabilitation of patients and disabled persons with upper extremities. Educational and methodical manual]. Saint-Petersburg: *Znak*. – 292 p. [In Russian]
3. Ponomarenko G.N., Bol'shakov V.A. (2018) *Federal'nyj nauchnyj centr rehabilitacii invalidov imeni G.A. Al'brekhta: stranicy istorii* [Federal scientific center for rehabilitation of disabled people named after G. A. Albrecht: pages of history]. SPb: ООО «ЦИАН, ООО «R-KOPI». – 180 p. [In Russian]
4. Ponomarenko G.N. (ed.) (2018) *Reabilitaciya invalidov: nacional'noe rukovodstvo* [Rehabilitation of invalids: National leadership]. Moscow: GEOTAR-Media, 2018. – 731 p. [In Russian]
5. Smirnova L.M., Yuldashev Z.M. (2012) *Metody i sistemy ocenki funkcional'noj effektivnosti protezirovaniya i ortezirovaniya pacientov s patologiej nizhnih konechnostej* [Methods and systems for assessing the functional effectiveness of prosthetics and orthotics in patients with lower limb pathology]. Saint-Petersburg: SPbGETU «LETI». – 215 p. [In Russian]
6. Kurdybajlo S.F., Ponomarenko G.N., Evseev S.P., Suslyayev V.G., Chekushina G.V. (2018) *Tekhnicheskie sredstva rehabilitacii dlya zanyatij adaptivnoj fizicheskoj kul'turoj i sportom* [Technical means of rehabilitation to adaptive physical education classes and sports]. Saint-Petersburg: ООО «R-KOPI». – 130 p. [In Russian].

Рукопись поступила / Received: 24.02.2019

Принята в печать / Accepted for Publication: 08.04.2019

Авторы

Буров Геннадий Николаевич – кандидат технических наук, научный руководитель направления Института протезирования и ортезирования ФГБУ ФНЦРИ им. Г.А. Альбрехта Минтруда России, Российская Федерация, 195067, Санкт-Петербург, ул. Бестужевская д. 50, e-mail: zzy@yandex.ru.

Щербина Константин Константинович – доктор медицинских наук, директор Института протезирования и ортезирования ФГБУ ФНЦРИ им. Г.А. Альбрехта Минтруда России, Российская Федерация, 195067, Санкт-Петербург, ул. Бестужевская д. 50, e-mail: shcherbina180@mail.ru.

Пономаренко Геннадий Николаевич – Заслуженный деятель науки Российской Федерации, доктор медицинских наук, профессор, генеральный директор ФГБУ ФНЦРИ им. Г.А. Альбрехта Минтруда России, Российская Федерация, 195067, Санкт-Петербург, ул. Бестужевская д. 50, e-mail: ponomarenko_g@mail.ru.

Большаков Владимир Александрович – руководитель проектно-конструкторского отдела Института протезирования и ортезирования ФГБУ ФНЦРИ им. Г.А. Альбрехта Минтруда России, Российская Федерация, 195067, Санкт-Петербург, ул. Бестужевская д. 50, e-mail: pko09_903@mail.ru.

The Authors

Gennady N. Burov, cand. Sci. (Tech.), Research Manager of direction of the Federal Scientific Center of Rehabilitation of the Disabled named after G.A. Albrecht, Bestuzhevskaya street 50, 195067 Saint-Petersburg, Russian Federation, e-mail: zzy@yandex.ru.

Konstantin K. Shcherbina, doctor of medical Sciences (Dr. Med. Sci), director of Institute of Prosthetics and Orthotics of the Federal Scientific Center of Rehabilitation of the Disabled named after G.A. Albrecht, Bestuzhevskaya street 50, 195067 Saint-Petersburg, Russian Federation, e-mail: shcherbina180@mail.ru.

Gennady N. Ponomarenko, Honored worker of Science of the Russian Federation, doctor of medical Sciences (Dr. Med. Sci), Professor, General Director of the Federal Scientific Center of Rehabilitation of the Disabled named after G.A. Albrecht, Bestuzhevskaya street 50, 195067 Saint-Petersburg, Russian Federation, e-mail: ponomarenko_g@mail.ru.

Vladimir A. Bolshakov, Head of design Department of Institute of Prosthetics and Orthotics of the Federal Scientific Center of Rehabilitation of the Disabled named after G.A. Albrecht, Bestuzhevskaya street 50, 195067 Saint-Petersburg, Russian Federation, e-mail: pko09_903@mail.ru.