

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

УДК 004.89:611.73

На правах рукописи

СОКОЛОВСКИЙ
Владислав Александрович

**ЭЛЕКТРОННО-ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО УМЕНЬШЕНИЯ
ПЕРИОДА РЕАБИЛИТАЦИИ БОЛЬНОГО ПОСЛЕ УТРАТЫ
МЫШЕЧНОЙ МАССЫ ЗА СЧЁТ НАГРУЗОЧНОГО ЭКЗОСКЕЛЕТА**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание степени
магистра техники и технологии

по специальности 1-39 80 03 Электронные системы и технологии
(профилизация «Компьютерные технологии проектирования
электронных систем»)

Минск 2021

Работа выполнена на кафедре проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Научный руководитель: **ШАТАЛОВА Виктория Викторовна**,
кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Рецензент: **КАЗАК Тамара Владимировна**,
доктор психологических наук, член-корреспондент Международной академии психологических наук, профессор, заведующий кафедрой инженерной психологии и эргономики учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Защита диссертации состоится «27» апреля 2021 г. года в 9⁰⁰ часов на заседании Государственной экзаменационной комиссии по защите магистерских диссертаций в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, Минск, ул. П.Бровки, 6, копр. 1, ауд. 415, тел. 293-20-80, E-mail: kafpiks@bsuir.by

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время возрос интерес исследователей к различным устройствам, представляющим собой системы, состоящие из двух основных элементов: человек и машина. Такие системы названы человеко-машинными. К таким устройствам можно отнести объекты, получившие название экзоскелетон (экзоскелет) и используемые для расширения функциональных возможностей человека. Различают экзоскелеты для реабилитации опорно-двигательного аппарата на основе методов лечебной физкультуры, основанных на выполнении дозированных движений, осуществляемых с помощью механотерапевтических аппаратов. Несмотря на то, что подходы к их проектированию находятся в начале своего развития и перед исследователями стоит множество задач по обеспечению наиболее эффективного и удобного объединения человеческих возможностей и преимуществ внешнего механического каркаса, уже сейчас очевидно, что в будущем экзоскелеты станут важной частью жизни человека.

Попытки разработки, исследования и создания экзоскелетов предпринимались давно. Связано это с тем, что для осуществления сложных видов движения, таких как вертикализация пациента и ходьба, необходимы малогабаритные, управляемые, высокомоментные электроприводы, а также драйверные схемы и микроконтроллеры, позволяющие реализовать многоканальные замкнутые системы автоматического управления движением каждого элемента экзоскелета. Поэтому сегодня получили распространение различные реабилитационные системы, выполненные на принципе принудительного движения конечностей человека, которые позволяют заниматься восстановлением функций отдельных суставов нижних или верхних конечностей. Обычно такие устройства имеют одну или две степени свободы и относительно простой алгоритм управления.

Данными проблемами занимаются сотни профессионалов на протяжении многих десятков лет: Н.А. Корневского, Е.П. Попечителя, А.Г. Устинова и другие рассматривают общие вопросы проектирования медицинской техники. Теория управляемых шагающих механизмов получила развитие в работах И.И. Артоболевского, О.Д. Охоцимского, А.М. Формальского, Э.К. Лавровского и др. Вопросы биомеханики движения человека исследовались в работах В.С. Гурфинкеля, Г. Хилла, К. Бэгшоу, В.М. Зациорского, В.Л. Уткина.

При всей проработанности темы применения экзоскелетов в медицинской реабилитации упускается менее проблематичная, но от того не менее обширная область: реабилитация больных, которым необходимо вернуть мышечную массу или восстановить физические характеристики организма в прежнее состояние. К таким людям относятся те, кто перенёс обширные травмы в виде переломов костей или разрывов мышечного волокна. Суть реабилитации сводится не к снижению нагрузки на пострадавшие группы мышц, а наоборот последовательное её увеличение с помощью специальных упражнений и диеты, которые направлены на восстановление нормальной циркуляции крови после долгого мышечного застоя, а также мышечной массы.

Периоды восстановления, как правило, проходят в реабилитационных центрах и этот процесс может занимать значительное количество времени. Прогнозируется, что экзоскелет будет способен уменьшить этот период вдвое.

Решением данной актуальной проблемы и будет являться основная цель диссертации: разработка конструкции нагрузочного экзоскелета, который будет отличаться простотой конструкции, обладать минимальными габаритными характеристиками, иметь свойство мультиносимости и который сможет занять доступную бюджетную нишу, ведь в первую очередь необходимо ориентироваться на потребителя. Также совместно с разработкой самой дизайнерской модели, будет представлено описание мобильного приложения, с помощью которого экзоскелет будет контролироваться.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Актуальность темы обусловлена тем, что на начало 2021 года экзоскелеты получили применение во многих областях науки и техники, при чем существуют достаточно важные области, такие как медицина и вооружение. Основным препятствием повсеместного распространения является то, что современные экзоскелеты довольно массивны, габаритны и дорогостоящи, что затрудняет их эксплуатацию. Разработка нового устройства будет относиться к области медицины и спорта, и превосходить большинство экзоскелетов по всем трём пунктам. Разрабатываемое электронно-программное средство будет способно решать сразу две задачи: уменьшение периода реабилитации пациентов, понесших травму и привитие дальнейшего использования после выздоровления для поддержания физической активности наиболее эффективным способом.

Степень разработанности проблемы

Исследование в области нагрузочных и медицинских экзоскелетов осуществлялось на основе разработок учёных калифорнийского государственного университета и разработок Национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства США.

Общие вопросы проектирования медицинской техники рассматриваются в работах Н.А. Корневского, Е.П. Попечителя, А.Г. Устинова, С.А. Филиста и других.

Теория управляемых шагающих механизмов получила развитие в работах И.И. Артоболевского, О.Д. Охоцимского, А.М. Формальского, Э.К. Лавровского, В.В. Белецкого, М. Вукобратовича, Ю.Ф. Голубева, А.К. Платонова, В.Е. Павловского, Е.В. Письменной и многих других.

Вопросы биомеханики движения человека исследовались в работах В.С. Гурфинкеля, Г. Хилла, К. Бэгшоу, В.М. Зацюрского, В.Л. Уткина, Р.Б. Зальтера, И.Ш. Морейнис, А. Джонса и других.

Исследования, посвященные изучению особенностей кинематики конечностей человека и их взаимодействию с реабилитационным устройством, представлены в работах П. Люма, Дж. Хука, Г. Мансура и других.

Особое внимание вопросам движения и устойчивого положения пациента в экзоскелете уделяется в работах А.М. Формальского, М. Вукобратовича и других.

Одним из главных недостатков исследований и разработки, является новшество разрабатываемой конструкции, невозможность сослаться на аналоги в полной степени, поскольку ни один из рассматриваемых образцов не был реализован в производстве, оставшись на стадии опытного образца.

Предложенное исследование направлено на устранение недостатка информации и предоставление возможности рассмотрения нового подтипа устройств.

Цель и задачи исследования

Целью диссертации является разработка электронно-программного средства для сокращения срока медицинской реабилитации пациентов, проходящих курс физиотерапии по восстановлению нормального функционирования мышечной массы.

Поставленная цель работы определяет **следующие основные задачи:**

1. Провести сравнительный анализ основных технических, конструктивных, эргономических, эксплуатационных и других параметров аналогичных устройств.

2. Спроектировать электронно-программное средство, которое позволит сократить период реабилитации пациента. Провести испытания для подтверждения работоспособности и исправной функциональности уязвимых элементов устройства.

3. Продемонстрировать преимущества внедрения технологии (нагрузочного экзоскелета) лечения в повседневную жизнь пользователя в сравнении с имеющимися реабилитационными альтернативами. Разработка рекомендаций по использованию и возможной коммерциализации.

Область исследования

Содержание диссертации соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) ОСВО 1-39 80 03-2019 Электронные системы и технологии, профилизации «Компьютерные технологии проектирования электронных систем».

Теоретическая и методологическая основа исследования

В основу диссертации легли работы ученых ближнего и дальнего зарубежья в области конструирования и проектирования экзоскелетов, а также анализ технических нормативных правовых актов по рассматриваемой тематике.

Информационная база исследования сформирована на основе технической, справочной и другой литературы, открытых источников, технических

нормативно-правовых актов, сведений из электронных ресурсов, а также материалов научных конференций и семинаров.

Научная новизна

Научная новизна и значимость работы заключается в исследовании нового подхода к проектированию нагрузочных экзоскелетов, используя комбинирование активных и пассивных элементов с интегрированием современных технологий.

Теоретическая значимость работы заключается в анализе вопросов, связанных с рассмотрением имеющихся аналогов разрабатываемого устройства, сравнении технических, конструктивно эргономических, эксплуатационных и других параметров аналогичных устройств и с особенностями проектирования нагрузочных экзоскелетов

Практическая значимость диссертации состоит в том, что разработанное и экспериментально подтвержденное электронно-программное средство (модель экзоскелета и приложение), позволяет сократить период медицинской реабилитации пациентов путём внедрения технологии в повседневную жизнь.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Проблематика разработки медицинского экзоскелета и сравнительная характеристика с аналогичными по функционалу устройствами.
2. Разработанное электронно-программное средство, позволяющее сократить период реабилитации пациента. Экспериментально подтвержденная работоспособность и исправность самых уязвимых элементов устройства.
3. Рекомендаций по использованию и возможной коммерциализации, а также внедрению продукта. Преимущества внедрения технологии (нагрузочного экзоскелета) лечения в повседневную жизнь пользователя в сравнении с имеющимися реабилитационными альтернативами.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов

Результаты исследований, вошедшие в диссертацию, докладывались и обсуждались на XXIV Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых учёных и специалистов (г. Рязань, Российская Федерация, 2019 год), I Международной научно-практической интернет-конференции «Достижения и перспективы науки, образования и производства: 2020» (г. Киев, Украина, 2020 год), 56-ой и 57-ой научно-технической конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (г. Минск, Беларусь, 2020-2021 год).

Публикации

Изложенные в диссертации основные положения и выводы опубликованы в 8 печатных работах. В их числе 4 статьи в сборниках материалов научных конференций и 4 тезиса докладов на научных конференциях.

Общий объем публикаций по теме диссертации составляет 20 страниц.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, трех глав с краткими выводами по каждой главе, заключения, библиографического списка и приложений.

В первой главе приведен обзор современного состояния проблемы разработки и внедрения устройства, а также поставлены основные задачи исследования.

Во второй главе рассмотрены особенности разработки и нововведения в проектировании, биомеханика движения нижних конечностей, обоснован выбор компонентов и материалов.

В третьей главе рассмотрена роль промышленного дизайна при разработке электронно-программного средства, проведено моделирование нагрузки на самые уязвимые элементы конструкции.

В четвертой главе представлены способы внедрения и рекомендаций по использованию, а также возможной коммерциализации продукта.

В приложении представлены публикации автора и графический материал.

Общий объем диссертационной работы составляет 110 страницы. Из них 66 страниц основного текста, 34 иллюстраций на 30 страницах, список из 103 наименований на 9 страницах, список собственных публикаций соискателя из 8 наименований на 1 странице, 4 приложения на 29 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** рассмотрено современное состояние проблемы реабилитации пациентов, которые перенесли травмы мышечного волокна или переломы, описаны возможности обычного и нагрузочного экзоскелетов, а также описано обоснование актуальности темы.

В **общей характеристике работы** показана актуальность проводимых исследований, степень разработанности проблемы, сформулированы цель и задачи диссертации, обозначена область исследований, научная (теоретическая и практическая) значимость исследований, а также апробация работы.

В первой главе приведен обзор современного состояния проблемы реабилитации, приведены имеющиеся аналоги и рассмотрена возможность разработки нового типа нагрузочного экзоскелета, основанного на комбинировании активных и пассивных элементов.

Из анализа следует, что основными проблемами при проектировании данного вида устройств является то, что необходимо учитывать множество факторов одновременно: рост, гендер человека, физиологические особенности, сроки и условия эксплуатации устройства.

Периоды восстановления, как правило, проходят в реабилитационных центрах и этот процесс может занимать значительное количество времени. Прогнозируется, что экзоскелет будет способен уменьшить этот период вдвое.

Проблемами разработки данного устройства являются:

- инвестирование на начальном этапе разработки, оно должно быть крупным, чтобы покрыть стоимость разработки опытного образца, мобильного приложения, сайта, а также конвейерной ленты, чтобы начать массовое производство.

- трудность разработки опытного образца.

- трудность массового производства: логистические затраты: закупка комплектующих, поиск необходимого помещения, наём квалифицированных специалистов.

В случае успешного сбора средств, необходимо, чтобы разрабатываемое устройство имело доступный ценовой диапазон для рядового потребителя. Одной из целей также является сделать экзоскелеты доступными для большинства, продемонстрировать, что они уже не являются предметом фантастических романов о будущем, а способны приносить пользу уже сегодня.

Во второй главе представлены особенности проектирования опытного образца, биомеханика движения тазобедренного, коленного и голеностопного суставов, обоснованы выбор основных компонентов и материалов, а также приведена модель шагового двигателя.

Показано, что экзоскелет будет эксплуатироваться в различных погодных условиях, и конструируется таким образом, чтобы подходить любому типу телосложения, подбор материала, отвечающего всем требованиям. Каркас всего устройство должен быть лёгким, прочным и доступным, в данном проекте приоритет отдаётся лёгкости. В качестве основного материала выбран углепластик трубчатый.

Разрабатываемый экзоскелет будет относиться к обоим типам способов действия, сочетая одновременно активный узлы с пассивными: активные, в виде шаговых двигателей, будут необходимы для регулирования жёсткости и степени нагрузки, а пассивные будут передавать нагрузку на основные группы мышц без расходования энергии. Данное комбинирование сможет снизить расходы энергии и увеличить продолжительность работы устройства от одного заряда. Подобный подход также снижает конечную стоимость всего продукта, поскольку при комбинировании преимуществ активного и пассивного экзоскелетов, пропадает необходимость в использовании дорогостоящих сервоприводов, которые используются, например, в рассмотренных ранее аналоговых костюмах *Orpheus* и *XI* от *NASA*.

На рисунке 1 представлено схематичное расположение элементов основного функционального блока.

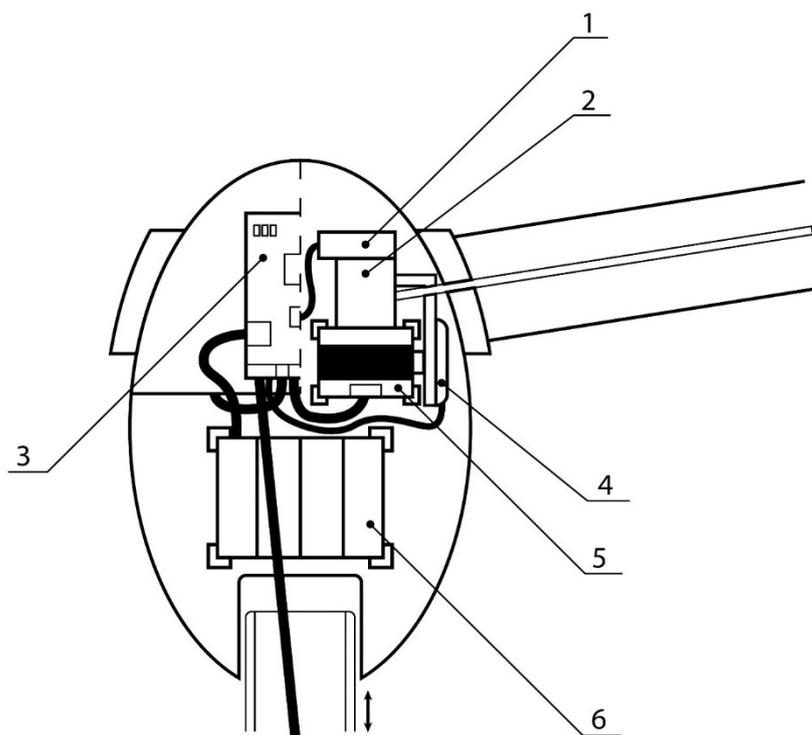


Рисунок 1 – Схема расположения основных элементов функционального блока

Перечень элементов блока:

1. Электронно-механический тормоз редуктора шагового двигателя.
2. Редуктор шагового двигателя с закрепленным тросом.
3. Печатная плата на базе микроконтроллера.
4. Датчик давления.
5. Шаговый двигатель.
6. Литий-ионные батареи (2 ряда по 4 единицы).

Продемонстрировано использование системы из кевларовых шнуров, позволяющей нагружать две противоположно направленные группы мышц, а также разработан макет приложения управления экзоскелетом.

В третьей главе рассмотрена роль промышленного дизайна при разработке электронно-программного средства. От дизайна в значительной степени зависит коммерческий успех любого продукта. Для удобства необходимо выделить пять задач, которые должен решать грамотно спроектированный промышленный дизайн:

1. Удобство эксплуатации продукта. В первую очередь, это связано с пользовательским интерфейсом, который должен быть безопасным, максимально простым и интуитивно понятным – уже своим внешним видом он должен сообщать пользователю о своем назначении. Практичность использования может иметь чрезвычайно большое значение, как для простых продуктов, так и для продуктов с большим числом типов взаимодействия — и чем сложнее в этом плане устройство, тем в большей степени

продукт зависит от промышленного дизайна. Причем дизайнер должен понимать суть всех возможных типов взаимодействия, ведь для каждого из них может потребоваться отдельный дизайнерский подход.

2. Удобство обслуживания. Такой параметр крайне важен для продуктов, которые нуждаются в частом техническом обслуживании или ремонте. Детали продукта должны нести информацию о процедурах, необходимых для обслуживания, хотя в идеале лучше стремиться к полному устранению необходимости технического обслуживания.

3. Внешние качества продукта. Привлекательный продукт ассоциируется с высокой модой и имиджем, и, более того, способен вызывать у потребителей гордость от владения им (это одна из основных целей, к которым должен стремиться дизайнер в своей работе). Также промышленный дизайн способствует зрительной дифференциации товара, это особенно важно для продуктов со стабильным рынком сбыта и технологиями.

4. Работа с брендом. Дизайн продукта должен сообщать потребителю о философии и миссии компании. Отношение к бренду, симпатия к образу товара данного производителя служат некой условной константой для потребителя в выборе продукта.

5. Снижение затрат на оборудование и производство. Функциональные особенности, используемые материалы и прочие факторы существенно влияют на затраты при производстве продукта, т.е. на его себестоимость. Неудачная конструкция продукта, избыточные функции или использование экзотических материалов оказывают влияние на процессы обработки, сборки и т.п. При правильном выборе материала, учете факторов, касающихся экологии и прочего промышленный дизайн может избавить от значительных экономически неоправданных вливаний при создании нового продукта.

Продемонстрировано, что технические требования и инженерные решения, применяемые к устройствам, являются приоритетными для продуктов с направленностью на технологии.

Углепластиковые детали смоделированы на основе схематического изображения корпуса в районе руки. Для моделирования нагрузки были выбраны 2 сценария: когда корпус раздвинут на максимальную длину (рисунок 2) и минимальную (рисунок 3) при этом моделируется ситуация падения человека всем весом на плечевую часть руки.

Данные моделирования:

- вес, приложенный к составным частям равен 500 Н;
- диаметр внешней трубки 40 мм, толщина стенки 4 мм;
- диаметр внутренней трубки 34 мм, толщина 4 мм.

На рисунках 2 представлен результат моделирования в виде карты деформации всего объекта, а также наиболее поддающихся деформации участков при максимально выдвинутой внутренней части.

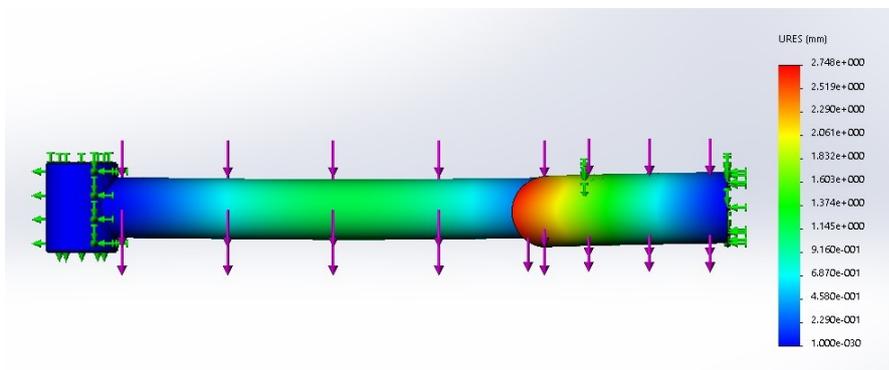


Рисунок 2 – Результат моделирования деформации объекта исследования при максимальном выдвигении внутренней части

На рисунке 3 представлен результат моделирования в виде карты деформации всего объекта, а также наиболее поддающихся деформации участков.

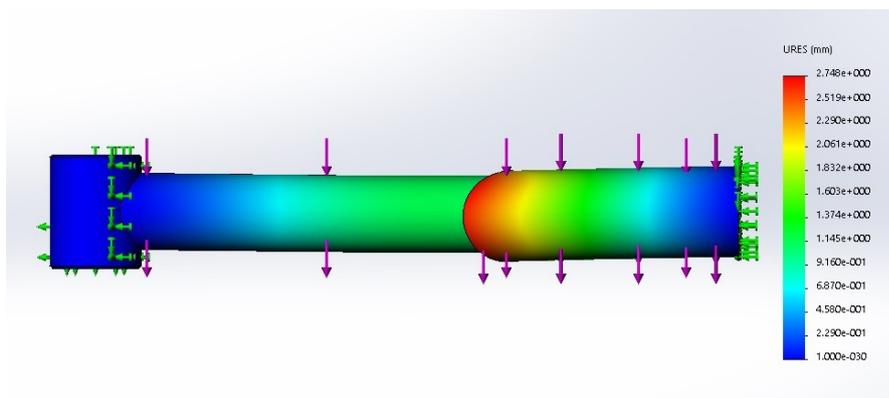


Рисунок 3 – Результат моделирования деформации объекта исследования

В результате исследования нагрузок, приложенных к корпусу экзоскелета было определено, что толщины стенок в 4 мм достаточно для того, чтобы выдержать 500Н приложенной нагрузки.

В четвёртой главе рассмотрены способы внедрения и коммерциализации продукта.

Применение экзоскелета рекомендуется только по достижению самого безопасного этапа, когда риски получения новой травмы сведены к минимуму, а мышечная и костная структура уже практически полностью восстановлены. Альтернативой сегодня являются прогулки, плавание, занятия в домашних условиях и походы в спортивный зал. Благодаря разрабатываемому устройству, можно не только подходить к периоду реабилитации в контролируемой и отслеживаемой среде, но и значительно сократить время восстановления.

Появится возможность делиться своим прогрессом с лечащим врачом, не приезжая в поликлинику и полностью заменить поход в спортивный зал, а как показывают события последнего года, в условиях пандемии это также является выигранным плюсом.

Влияние применения экзоскелета в повседневной жизни: как уже было сказано выше, костюм способен полностью заменить поход в спортзал как для среднестатистического человека, так и для более спортивного, поскольку диапазон варьируемых нагрузок может быть от 5 до 40 кг, чего хватит для поддержания формы даже титулованного спортсмена. Данное устройство также подойдет тем, кто раздумывал об обустройстве спортивного комплекса дома, предполагаемая стоимость экзоскелета планируется не выше флагманского смартфона, что существенно ниже обустройства собственной спортивной комнаты, а благодаря функции мультиносимости, им сможет пользоваться как отец семейства, так и мать и даже подросток.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Выполнена сравнительная характеристика имеющихся аналогов, представлены способы решения основных проблем разработки и внедрения устройства.
2. Разработано электронно-программное средство для уменьшения периода реабилитации пациента после утраты мышечной массы. Детально расписан новый способ нагрузки мышечных групп.
3. В результате завершения проектирования были выявлены рекомендации по использованию и возможной коммерциализации, а также внедрению продукта в производство.

Рекомендации по практическому использованию результатов

1. Полученные результаты внедрены в учебный процесс на кафедре проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» в учебный курс «Физические основы проектирования радиоэлектронных средств».
2. Полученные результаты могут быть внедрены в медучреждения и реабилитационные центры, а также целесообразным будет и приобретение устройства в личное пользование для эксплуатации в повседневной жизни.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

Статьи в сборниках научных трудов

1. Соколовский, В.А. Особенности разработки медицинского экзоскелета для уменьшения периода реабилитации пациента / В.А. Соколовский // НИТ. – 2019. – С. 48–49.

2. Соколовский, В.А. Крепёжная система нагрузочного экзоскелета предназначенного для уменьшения периода реабилитации больного после утраты мышечной массы / В.А. Соколовский // I Международная научно-практическая интернет-конференция «Достижения и перспективы науки, образования и производства: 2020». – Киев, 2020. – С. 252.

3. Визуальная схема расположения основных элементов нагрузочного экзоскелета [Электронный ресурс. Репозиторий БГУИР]. – Режим доступа: <https://libeldoc.bsuir.by/handle/123456789/42506>. – Дата доступа: 20.01.2021.

4. Основной функциональный блок нагрузочного экзоскелета [Электронный ресурс. Репозиторий БГУИР]. – Режим доступа: <https://libeldoc.bsuir.by/handle/123456789/42504>. – Дата доступа: 20.01.2021.

Тезисы конференций

5. Соколовский, В.А. Обоснование выбора материалов и компонентов медицинского экзоскелета / В.А. Соколовский // Электронные системы и технологии: сборник тезисов докладов 56-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 18 – 20 мая 2020 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2020. – С. 202.

6. Соколовский, В.А. Эргономические особенности медицинского экзоскелета: анатомическая параметризация / В.А. Соколовский // Электронные системы и технологии: сборник тезисов докладов 56-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 18 – 20 мая 2020 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2020. – С. 203.

7. Соколовский, В.А. Важность промышленного дизайна при разработке электронно-программного средства / В.А. Соколовский, А.Ю. Покрепо // Электронные системы и технологии: сборник тезисов докладов 57-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 18 – 20 апреля 2021 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2021. – С. 182.

8. Соколовский, В.А. Применение передаточного механизма в функциональных узлах экзоскелета / В.А. Соколовский, А.Ю. Покрепо // Электронные системы и технологии: сборник тезисов докладов 57-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 18 – 20 апреля 2021 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2021. – С. 186.

РЭЗІЮМЭ
Сакалоўскі Уладзіслаў Аляксандравіч
Электронна-праграмны сродак змяншэння
перыяду рэабілітацыі хворага пасля страты
мышачнай масы за кошт нагрузачнага экзоскелета

Ключавыя словы: нагрузачны экзаскелет, медыцынскі экзоскелет, мадэль.

Мэта працы: распрацоўка электронна-праграмнага сродкі для скарачэння тэрміну ме-дыцинскай рэабілітацыі пацыентаў, якія праходзяць курс фізіятэрапіі па аднаўленні нармальнага функцыянавання мышачнай масы, папакутавалі пасля пералому (або любога іншага выгляду дэфармацыі) шляхам праектавання прылады, якія выкарыстоўваюцца ў паўсядзённым жыцці, і далейшага выкарыстанне для павышэння фізічных характарыстык і ўмацавання мышачнай масы.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: выкананая параўнальная характарыстыка наяўных аналагаў, паўстаўшы-ны спосабы вырашэння асноўных праблем распрацоўкі і ўкаранення прылады. Распрацавана электронна-праграмнага сродак для разумны-шэння перыяду рэабілітацыі пацыента пасля страты мышачнай масы. Дэталёва распісаны новы спосаб нагрузкі цягліцавых груп. У выніку завяршэння праектавання былі выяўлены рэкамендацыі па КАРЫСТАННЯ-ванію і магчымай камерцыялізацыі, а таксама ўкараненню прадукту ў вытворчасць.

Ступень выкарыстання: атрыманыя вынікі могуць быць укаранёныя ў медустановы і рэабілітацыйныя цэнтры, а таксама мэтазгодным будзе і набыццё прылады ў асабістае карыстанне для эксплуатацыі ў паўсядзённым жыцці.

Вобласць ужывання: медыцына, спорт.

РЕЗЮМЕ

Соколовский Владислав Александрович Электронно-программное средство уменьшения периода реабилитации больного после утраты мышечной массы за счёт нагрузочного экзоскелета

Ключевые слова: нагрузочный экзоскелет, медицинский экзоскелет, модель.

Цель работы: разработка электронно-программного средства для сокращения срока медицинской реабилитации пациентов, проходящих курс физиотерапии по восстановлению нормального функционирования мышечной массы, пострадавших после перелома (или любого другого вида деформации) путём проектирования устройства, эксплуатируемого в повседневной жизни, и дальнейшего использования для повышения физических характеристик и укрепления мышечной массы.

Полученные результаты и их новизна: выполнена сравнительная характеристика имеющихся аналогов, представлены способы решения основных проблем разработки и внедрения устройства. Разработано электронно-программное средство для уменьшения периода реабилитации пациента после утраты мышечной массы. Детально расписан новый способ нагрузки мышечных групп. В результате завершения проектирования были выявлены рекомендации по использованию и возможной коммерциализации, а также внедрению продукта в производство.

Степень использования: полученные результаты могут быть внедрены в медучреждения и реабилитационные центры, а также целесообразным будет и приобретение устройства в личное пользование для эксплуатации в повседневной жизни.

Область применения: медицина, спорт.

SUMMARY

Sokolovskiy Vladislav Aleksandrovich
Electronic software reduction tool
the period of rehabilitation of the patient after the loss
muscle mass due to the loading exoskeleton

Keywords: load exoskeleton, medical exoskeleton, model.

The object of study: development of an electronic software tool for shortening the period of medical rehabilitation of patients undergoing physiotherapy to restore the normal functioning of muscle mass who have suffered after a fracture (or any other type of deformation) by designing a device used in everyday life, and further use to increase physical characteristics and strengthening of muscle mass.

The results and novelty: a comparative characteristic of the existing analogues is made, methods of solving the main problems of the development and implementation of the device are presented. An electronic software tool has been developed to reduce the patient's rehabilitation period after loss of muscle mass. A new method of loading muscle groups is described in detail. As a result of the completion of the design, recommendations were identified for the use and possible commercialization, as well as the introduction of the product into production.

Degree of use: the results obtained can be implemented in medical institutions and rehabilitation centers, and it will also be advisable to purchase a device for personal use for use in everyday life.

Sphere of application: medicine, sports.