

На правах рукописи



Handwritten signature of Nail Ibatov in blue ink, written over a horizontal line.

Гиниятуллин Наиль Ибатович

**МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ПОСТРОЕНИЯ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ
КОМПЛЕКСОВ МЕХАНОТЕРАПИИ**

Специальность 05.11.17 – Приборы, системы и изделия
медицинского назначения

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Рязань – 2016

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Федеральный закон № 323 – ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан Российской Федерации» и национальная программа «Здоровье работающего населения на 2010-2020 г.г.» предусматривают коренную модернизацию отечественной системы здравоохранения. В этих документах, являющихся руководством к действию, как для медиков, так и специалистов, занимающихся разработкой и внедрением медицинской техники, сформулирован ряд приоритетов, в числе которых – «развитие медицинской реабилитации и профилактики». В приказе Минздрава РФ № 1705н от 29.12.2012 «О порядке организации медицинской реабилитации» большое внимание уделяется оснащению центров медицинской реабилитации отечественным оборудованием для пассивной, активно-пассивной механотерапии и кинезитерапии. В связи с этим, тематика диссертации, а именно «разработка и создание автоматизированных аппаратно-программных комплексов механотерапии, которые рассматриваются, как средства восстановления нарушенной поливариантной костно-мышечной системы» приобретает особую актуальность. Речь идет о создании отечественных средств, обеспечивающих решение задач импортозамещения и насыщения рынка услуг.

В силу ряда причин, обусловленных спецификой современной жизнедеятельности населения промышленно развитых стран, прежде всего, низкой двигательной активностью, высоким уровнем нервно-психического напряжения, широкое распространения получила неврологическая заболеваемость позвоночника. Как показывает статистика, первое место занимает остеохондроз, на который приходится 48% всех заболеваний нервной системы и подавляющее количество дней нетрудоспособности. На болезни нервов в пояснично-крестцовой и шейно-плечевой областях приходится 80-90% всех случаев поражения периферической нервной системы. Причем примерно 4/5 из них связаны с остеохондрозом позвоночника. Важно также отметить, что эта болезнь поражает людей в социально активном возрасте, длится долго, протекает подчас тяжело, склонна к рецидивам и инвалидизации и поэтому наносит значительный экономический ущерб обществу.

Клинические исследования последних лет свидетельствуют также о том, что остеохондроз «молодеет» – этому заболеванию все больше подвержены подростки 12-15 лет. Более половины школьников имеют ту или иную степень искривления позвоночника, которое называют безобидным «нарушением осанки», хотя часть этих «искривлений» – это уже начало остеохондроза позвоночника, который у детей развивается бессимптомно. У взрослых при изменениях в позвоночнике зачастую появляются незначительные, быстро проходящие боли в мышцах, позвоночнике, на которые обычно не обращают внимания. Постепенно болезнь переходит в более стойкие формы.

К 35-40 годам компенсаторные возможности организма снижаются и он без дополнительной помощи с болезнью справляется с трудом. Поэтому профилактическое лечение остеохондроза должно быть организовано на государственном уровне. Ученые-врачи, ведущие специалисты утверждают, что моло-

дые люди до 30 лет, даже ведущие здоровый образ жизни (рациональное питание, достаточный сон, отдых, занятия оздоровительной гимнастикой по любой доступной системе и т.д.) один раз в год нуждаются в коррекции позвоночника, а людям старше 40 лет – как минимум 2 раза в год требуется проводить профилактическое лечение позвоночника.

Мировая медицинская наука и клиническая практика предъявляют новые современные требования к методам и аппаратам механотерапии:

- внедрение новых медицинских методик на основе новейших знаний о природе нарушений поливариантной костно-мышечной системы;
- аппаратно-программное управление автоматизированными комплексами механотерапии;
- применение методов моделирования биомеханических процессов;
- сочетанное действие (механическое воздействие, вибрация, магнитное поле, гидромассаж, тепло ...) и др.

Как показал анализ, выполненный в диссертации, современные аппараты, в том числе зарубежные, не в полной мере отвечают предъявляемым требованиям. В настоящее время Правительством РФ поставлена особая задача – увеличить импортозамещение медицинских изделий до 2020 года на 35 % (Российская газета № 2 от 13.01.2015 г.). В этом аспекте рассматриваемая научно-практическая работа является своевременной, актуальной, направленной на коммерциализацию новых высокотехнологичных изобретений в области механотерапии, что важно для ускорения процесса импортозамещения изделий медицинского назначения и имеет особую научную и практическую значимость.

Степень разработанности темы. Основоположителем медицинской механотерапии был шведский физиотерапевт академик Шведской Академии наук Густав Цандер. Он изобрел аппараты механотерапии для выпрямления и вытяжения позвоночника. Первыми показаниями для механотерапии были восстановление функций позвоночника, суставов и мышц после травм, ревматизмов, болезни сердца и сосудов.

Огромная заслуга в развитии, обосновании и внедрении в клиническую практику аппаратов механотерапии принадлежит И.З. Забулдовскому, Г.К. Соловьеву, М.Я. Брейтману, В.И. Цукерману, В.Н. Мошкову, А. Рейбмаеру, М. Герцу, Г. Крукенбергу, В. Дегу и другим передовым отечественным и зарубежным ученым.

К аппаратам механотерапии нового поколения относятся **автоматизированные механотерапевтические аппараты серии «ОРМЕД»**, которые объединяют в себе новейшие медицинские технологии реабилитации и лечения заболеваний позвоночника и суставов за счет механического дозированного вытяжения и роликового вибромассажа позвоночника, сочетающегося с тепловой релаксацией паравертебральных мышц.

Научная проблема, решению которой посвящена диссертация, – повышение качества медицинских технологий по механотерапии позвоночника путем дальнейшей разработки методов и средств проектирования автоматизированных высокоэффективных аппаратов, опирающихся на физиологические меха-

низмы лечебного действия и на их биомеханические модели с привлечением принципов взаимозависимости и взаимодействия технической системы и живого организма.

Объект исследования. Автоматизированные комплексы и системы механотерапии позвоночника для дозированного вытяжения и вибрационно-механического воздействия на костно-мышечную систему, направленные на реализацию высокоэффективных новых медицинских технологий реабилитации, профилактики и лечения заболеваний человека, опираясь на аппаратно-программные средства.

Методы исследований. Анализ состояния и обобщение структурно-функциональных схем, физиологических механизмов лечебного действия и методов построения вибрационно-механического дозированного воздействия аппаратов в процессе коррекции патобиомеханических изменений, возникающих при дегенеративно-дистрофических заболеваниях позвоночника в соответствии с фундаментальным физиологическим законом сокращения и расслабления глубоких мышц путем численного моделирования сочетанного действия магнито-механотерапии и гидродинамических процессов.

Цель научного исследования. Разработка методов и создание средств для построения аппаратов механотерапии на основе структурного анализа, обобщения, систематизации принципов построения биомеханических моделей и их физиологических механизмов лечебного действия, обеспечивающих реализацию высокоэффективных медицинских технологий дозированного вытяжения и вибрационно-механического воздействия на позвоночник и подготовка аппаратно-программных комплексов механотерапии к серийному производству.

Задачи научного исследования. Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи.

1. Анализ современного состояния отечественных и зарубежных аппаратов механотерапии, оценка их функциональных возможностей и соответствия современным требованиям со стороны новейших медицинских технологий реабилитации и лечения.

2. Выявление новых медицинских знаний о физиологических механизмах лечебного действия факторов механической природы на структуру биомеханики позвоночника. Анализ лечебных свойств и функциональных возможностей базовых аппаратов механотерапии.

3. Разработка научно-методологических основ проектирования и эксплуатации высокоэффективных аппаратов механотерапии, обеспечивающих реализацию современных медицинских технологий реабилитации, профилактики и лечения заболеваний человека и выработка научно-обоснованных рекомендаций по применению их в клинической практике.

4. Обоснование и построение алгоритмов управления и аппаратно-программного обеспечения медицинских технологий лечения, профилактики и реабилитации.

5. Разработка аппаратно-программных средств, предназначенных для массового применения в клинической практике и научных исследованиях по

проблемам патобиомеханических изменений, обусловленных дистрофическими заболеваниями позвоночника.

6. Уточнение параметров аппаратов путем численного моделирования магнито-механотерапии и гидродинамических процессов.

7. Анализ и обоснование клинико-физиологических особенностей механизмов лечебного воздействия тракционной терапии в практике лечения межпозвонковых грыж на аппаратах механотерапии.

8. Научно-методическое обеспечение, техническое сопровождение подготовки и серийного производства аппаратов комплексной механотерапии, внедрение их в клиническую практику.

Научная новизна результатов работы.

1. Проведен сравнительный анализ, предложена классификация и выявлены обобщенные конструктивные схемы и приемы улучшения основных лечебных параметров аппаратов механотерапии. Показано, что третья базовая группа механотерапевтических аппаратов, предназначенных для комплексного лечения, реабилитации и коррекции функционального состояния позвоночника, удовлетворяет целому комплексу клинико-физиологических требований и представляет собой новое перспективное направление в практике разработок систем механотерапии.

2. Исследованы физиологические механизмы лечебного действия, предложены биомеханические модели механотерапевтических аппаратов и обосновано комплексное использование их в реализации новых медицинских технологиях коррекции функционального состояния позвоночника.

3. Предложен способ применения волоконно-оптических преобразователей, предназначенных для организации биотехнической обратной связи в автоматизированных комплексах механотерапии, в частности, для определения местоположения массажной тележки относительно позвоночника, отличающиеся особым способом прецизионного изготовления торцов квантующих пучков, что позволяет провести расчет параметров датчиков в зависимости от заданных значений шага и числа уровней квантования.

4. Проведен биомеханический расчет дистракционных усилий на поясничный отдел позвоночника при аутогравитационном вытяжении под действием веса нижнего сегмента тела на наклонной плоскости при одновременном вибрационно-механическом массаже, который позволил сделать вывод о том, что при увеличении угла наклона достигается возможность для плавного увеличения силы вытяжения, что уменьшает возбудимость мышечных и связочных проприоцепторов и постепенно понижает патологически повышенный мышечный тонус и снимает миофасциальный болевой синдром.

5. Предложены режимы, методы и виды тракции позвоночника, реализованные на аппаратах механотерапии серии «ОРМЕД», позволяющие проводить безоперационное лечение грыж, отличающиеся использованием аппаратных методов декомпрессии межпозвонковых дисков путем снижения высокого междискового давления за счет увеличения межпозвонкового пространства.

6. Разработан метод векторного вытяжения, позволяющий увеличить пульсовой приток крови по интракраниальному отделу вертебрально-базиллярной системы, который может быть рассмотрен как патогенетический метод коррекции сосудистой недостаточности, что очень актуально для людей, перенесших мозговую ишемический инсульт.

7. Предложены эффективные методы кинезитерапии, проводимые на аппарате «ОРМЕД-кинезо», не имеющем аналогов, отличающиеся возможностью обеспечивать дозированные амплитуды движений путем механического воздействия на позвоночник, что способствуют развитию гибкости и подвижности грудной клетки, увеличивая объем и экскурсию легких при тугоподвижности расслабленной мышечной силы грудной клетки.

8. Разработан автоматизированный комплекс подводного вытяжения, отличающийся наличием специальных гидромассажных форсунок, позволяющий применить сочетанные методы механического воздействия на позвоночник, что важно для повышения лечебного эффекта за счет расслабления околопозвоночных мышц. Предложен метод численного моделирования гидродинамических процессов в гидромассажных аппаратах механотерапии, отличающийся использованием зоны снижения давления и скорости потока, что позволяет выработать рекомендации по выбору расстояния от форсунки до тела пациента.

9. Разработана полеформирующая подсистема, установленная на массажной тележке, обеспечивающая генерацию импульсного (бегущего) магнитного поля, с целью достижения синергетического эффекта в зоне воздействия на позвоночник за счет механического массажа, вытяжения, действия тепла, вибрации и магнитного поля. Оптимизирован выбор параметров магнитотерапевтической подсистемы при формировании магнитных полей с заданными характеристиками.

В совокупности предложенные биомеханические модели, физиологические механизмы, методы численного моделирования сочетанного действия магнито-механотерапии и гидродинамических процессов, аппаратно-программное обеспечение и оптимизация параметров аппаратов составляют научную новизну и теоретическую основу методов и средств построения многофункциональных высокоэффективных аппаратно-программных комплексов механотерапии.

Достоверность результатов разработки и исследований проверена протокольными техническими, медицинскими испытаниями и проведением государственной регистрации в системе Росздравнадзора, а также методами биомеханического моделирования биомедицинских систем с составлением рабочих алгоритмов управления и программным обеспечением медицинских технологий реабилитации, профилактики используемых в клинической практике.

Практическая значимость работы состоит в том, что:

- разработаны разрешающие нормативно-технические документы, необходимые для организации серийного производства аппаратов механотерапии и для решения вопросов коммерциализации новых разработок;
- разработаны, внедрены в производство и клиническую практику и успешно эксплуатируются 7 типов аппаратов серии «ОРМЕД»;

- предложенные методы и средства проектирования и эксплуатации аппаратов механотерапии позволяют решать новые задачи, которые ставятся клинической практикой по реализации высокоэффективных технологий профилактики, реабилитации и лечения заболеваний костно-мышечной системы;

- аппаратно-программное обеспечение методов лечения вертеброгенных болевых синдромов, разработанных на основе гидро-кинезо-магнито-механотерапевтических принципов, путем дозированного вытяжения и вибрационно-механического воздействия на костно-мышечную систему позвоночника, успешно используется в санаторно-курортных и лечебно-профилактических учреждениях РФ и стран СНГ;

- созданные на основе разработанных аппаратов механотерапии технологии лечения и физической реабилитации больных, страдающих дистрофическими заболеваниями позвоночника, являются весьма эффективными методами коррекции патобиомеханических нарушений функционального состояния позвоночника;

- разработаны способ лечения заболеваний позвоночника (патент РФ № 2308257 от 20.10.2007 г.) и промышленные образцы автоматизированных комплексов механотерапии позвоночника, защищенные 19 патентами РФ;

- на основе результатов клинических испытаний предложенных аппаратов разработана новая медицинская технология «Вибротракции в лечении деформирующих дорсопатий» (разрешение на применение ФС №2009/174, выданное 01.07.2009 г. Росздравнадзором);

- внедрение автоматизированных комплексов с программно-аппаратным управлением в клинической практике рассматривается как результат создания инновационного направления в разработке методик проектирования высокоэффективных аппаратов механотерапии;

- внедрение утвержденных в МЗ РФ научно-методических и клинических рекомендаций по применению разработанных механотерапевтических комплексов серии «ОРМЕД», а также внедрение принципов коммерциализации разработанных аппаратов и подготовка их к серийному производству на промышленной основе, являются важным этапом ускорения процесса импортозамещения изделий медицинского назначения.

Реализация и внедрение результатов диссертационной работы.

Основные результаты диссертационной работы внедрены в научных, учебных и клинических учреждениях России и стран СНГ: ФГУ Центральный институт травматологии и ортопедии им. Приорова; ГУП Санаторий «Янган-Тау» РБ; Центральная клиническая больница РАН; Больница скорой помощи МЗ РФ, г. Уфа; ФГБУ «Российский научный центр медицинской реабилитации и курортологии МЗ РФ»; ФГУ «НИИ курортологии и физиотерапии», ФМБА г. Томск; центр восстановительной медицины и реабилитации поликлиники Алтайского ГМУ; НУЗ «Дорожная клиническая больница на ст. Самара»; РНПЦ неврологии и нейрохирургии МЗ Республики Беларусь, г. Минск.

Научно-методические результаты внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет» на кафедре

«Информационно-измерительная и биомедицинская техника» при подготовке студентов, обучающихся по направлению «Биотехнические системы и технологии».

Предложенные методики алгоритмов синтеза систем управления используются в научно-внедренческом предприятии (НВП) «Орбита» при проектировании и в процессе организации промышленного производства аппаратно-программных комплексов серии «ОРМЕД».

Содержание диссертации **соответствует паспорту специальности 05.11.17** «Приборы, системы и изделия медицинского назначения» (п. 1, 2).

Основные положения, выносимые на защиту.

1. Методы и средства для построения и эксплуатации автоматизированных комплексов механотерапии на основе применения аппаратно-программных средств в сочетании с технологиями дозированного вытяжения и вибрационно-механического воздействия на костно-мышечную систему, направленные на реализацию высокоэффективных медицинских технологий профилактики, реабилитации и лечения заболеваний позвоночника.

2. Биомеханические модели и физиологические механизмы коррекции патобиомеханических изменений, возникающих при дистрофических заболеваниях позвоночника, которые в совокупности составляют базовую основу методики проектирования высокоэффективных аппаратов механотерапии. Структурно-функциональный анализ обобщенных конструктивных схем и направления улучшения основных лечебных характеристик аппаратов механотерапии.

3. Способ применения волоконно-оптических преобразователей, предназначенных для организации биотехнической обратной связи в автоматизированных комплексах механотерапии, в частности, для определения местоположения массажной тележки относительно позвоночника, отличающиеся особым способом прецизионного изготовления торцов квантовых пучков, что позволяет провести расчет параметров датчиков в зависимости от заданных значений шага и числа уровней квантования.

4. Методы, режимы и виды тракции позвоночника, реализованные на аппаратах механотерапии серии «ОРМЕД», отличающиеся использованием сочетанных аппаратных методов тракционного и вибрационного воздействия для декомпрессии межпозвонковых дисков путем снижения высокого междискового давления за счет увеличения межпозвонкового пространства, и позволяющие проводить безоперационное лечение грыж.

5. Автоматизированный комплекс подводного вытяжения, отличающийся наличием специальных гидромассажных форсунок, позволяющий применить сочетанные методы механического воздействия на позвоночник. Метод численного моделирования гидродинамических процессов в гидромассажных аппаратах механотерапии, отличающийся использованием зоны снижения давления и скорости потока, что позволяет выработать рекомендации по выбору расстояния от форсунки до тела пациента.

6. Полеформирующая подсистема, установленная на массажной тележке, обеспечивающая генерацию импульсного (бегущего) магнитного поля, с целью

достижения синергетического эффекта в зоне воздействия на позвоночник за счет механического массажа, вытяжения, действия тепла, вибрации и магнитного поля.

7. Научно-методические и клинические рекомендации по применению разработанных аппаратов механотерапии, обеспечивающие повышение эффективности лечения и реабилитации относительно контрольных исследовательских групп на 15-40% в зависимости от нозологии, и нормативно-технические разрешающие документы, используемые для организации серийного производства и импортозамещения, которые составляют практическую ценность и необходимы для внедрения разработанных аппаратов в клиническую практику.

Апробация работы. Основные положения работы и результаты исследований были представлены и получили одобрение на 25 международных и Всероссийских научно-технических и медицинских форумах, конгрессах, конференциях, в том числе на Международном симпозиуме (Марокко, г. Агадир 2003); на XII Международном симпозиуме (Италия, 2007); на XIV научно-технической конференции с участием зарубежных специалистов: «Датчики – преобразователи информации систем измерения, контроля и управления «Датчик – 2002», г. Москва, МГИЭМ; на X, XI, XII Международных конгрессах «Реабилитация и санаторно-курортное лечение» в 2012, 2013, 2014 годах, г. Москва; на V, VI, VII Международном конгрессе «Восстановительная медицина и реабилитация» в 2008, 2009, 2010 годах, г. Москва; на Международном конгрессе «Актуальные проблемы восстановительной медицины курортологии и физиотерапии «Здравница - 2008», г. Москва; на Российской неделе «Здравоохранение» в 2005, 2007, 2010, 2012, 2013, 2014 годах, г. Москва, Центральный выставочный комплекс «Экспоцентр» и в 18 региональных медицинских форумах-выставках России и стран СНГ в период с 2000 по 2016 годы.

Публикации. В диссертации обобщены 90 публикаций, в том числе 12 в изданиях, рекомендованных ВАК, 2 монографии. Технические решения защищены 20 патентами РФ и 1 свидетельством о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Личный вклад соискателя. Все результаты диссертационной работы, в том числе постановка задач, разработка и исследование защищаемых методов, моделей и алгоритмов, основные научные результаты, выводы и рекомендации принадлежат автору лично. Автоматизированные аппараты и комплексы механотерапии, реализующие разработанные методы, созданы под непосредственным руководством автора. Участие соавторов сводится к методическим консультациям и получению экспериментальных результатов по предложенным автором постановке задач и технологиям.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, шести глав, выводов по работе, списка используемых источников и приложений. Основная часть работы изложена на 277 страницах, содержит 90 рисунков и 17 таблиц. Список литературы включает 152 позиции.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность проблемы исследования, сформулирована цель диссертационной работы, приведен перечень задач для ее достижения, указаны положения, выносимые на защиту и определяющие научную новизну и практическую ценность результатов исследований.

В первой главе приведен анализ состояния и тенденции развития аппаратов механотерапии позвоночника. По результатам обобщения и анализа принципов построения проведена классификация и выявлены приемы улучшения характеристик аппаратов механотерапии с позиции лечебного применения факторов механической природы (рисунок 1).

Общим признаком механотерапевтических аппаратов, проявляющимся в различных лечебно-реабилитационных устройствах, является наличие подвижных механических элементов, которые непосредственно определяют способ лечения с помощью методик механотерапии. Поэтому при анализе и классификации принципов построения целесообразно рассматривать их по виду применяемых механических узлов и по функциональному назначению.

Аппараты механотерапии по виду и по функции применяемых механических узлов разделены три основные группы (рисунок 1).



Рисунок 1 – Схема классификации аппаратов механотерапии

В аппаратах механотерапии, предназначенных для восстановления подвижности и движения в суставах, используют принципы рычага, маятника, блока, эксцентрика и пружины. **Эти аппараты относят к аппаратам 1-й группы.** Принцип действия аппаратов механотерапии этой группы основан на использовании траектории движения механического узла в зависимости от примененно-

го вида кинезитерапии для лечения травм и заболеваний опорно-двигательного аппарата позвоночника и суставов.

В автоматизированных аппаратах и тренажерах механотерапии 2-й группы (рисунок 1) используется управление программным обеспечением со специально разработанными мотивирующими упражнениями, симуляторами повседневной активности для обеспечения самостоятельных функциональных тренировок. Аппараты механотерапии этой группы, применяемые в настоящее время, относятся к роботизированной механотерапии, так как они позволяют проводить эффективную реабилитацию пациентов с острыми нарушениями двигательных функций, при отсутствии активности в мышцах верхних и нижних конечностей. На этих аппаратах проводят биоуправляемую механокинезитерапию на подвижной платформе – сбалансированное по силе и координации движений воздействие на отдельные мышечные группы пациента.

3-ю группу аппаратов механотерапии (рисунок 1) составляют базовые механотерапевтические аппараты серии «ОРМЕД», разработанные автором на основе новых медицинских технологий и предназначенные для комплексного лечения, реабилитации, профилактики и коррекции функционального состояния позвоночника и суставов (таблица 1).

Таблица 1. Базовые профессиональные механотерапевтические комплексы серии «ОРМЕД»

Аппарат	Метод, назначение	Новизна
 «ОРМЕД-профессионал»	Дозированное вытяжение, вибрационный массаж и механическое локальное воздействие на костно-мышечную систему позвоночника. Позволяет лечить межпозвонковые грыжи без хирургического вмешательства.	Патенты РФ №№ 2195243, 2265427, 2275941
 «ОРМЕД-тракцион»	Дифференцированное и векторное вытяжение шейного и поясничного отделов позвоночника и суставов по заданной программе. Техническое средство для специалистов, сочетающих мануальный медицинский массаж и вытяжение.	Патенты РФ №№ 2299046, 2366396
 «ОРМЕД-профилактик»	Дозированное аутогравитационное вытяжение на наклонной плоскости под действием силы тяжести тела пациента за счет изменения угла наклона кушетки и паравертебрального вибрационно-механического массажа по заданной программе.	Патенты РФ №№ 2262915, 2512959, 2539421
 «ОРМЕД-релакс»	Тепловое, вибрационно-механическое и магнитное воздействие на позвоночник. Реабилитация больных с неврологическими проявлениями грудного и поясничного остеохондроза. Рекомендован для профилактики и лечения нарушений осанки и сколиоза 1 и 2 степени у детей.	Патенты РФ №№ 2320165, 2336069, 2386428, Свид. РФ о гос. регр. прогр. для ЭВМ № 2016614782

Окончание таблицы 1.

 <p>«ОРМЕД-кинезо»</p>	<p>Дозированное динамическое изменение углов между звеньями позвоночника при сгибании и разгибании его в положении лежа, в пассивном режиме работы мышц туловища.</p>	<p>Патент РФ № 2407505</p>
 <p>«АКВА-релакс»</p>	<p>Проведение бесконтактного гидромассажа – без непосредственного контакта тела с водой. Поверхность ванны - тонкое эластичное покрытие, позволяющее полностью исключить контакт пациента с водой.</p>	<p>Патент РФ № 2466882</p>
 <p>«АКВА-тракцион»</p>	<p>Дозированное аппаратно-программное, подводное вытяжение шейного и поясничного отделов позвоночника с встроенным механизмом подъема пациента, с функциями гидро-аэромассажа и подводного душа-массажа (ПДМ). Широкое применение в санаторно-курортной и восстановительной практике.</p>	<p>Патент РФ № 2465882</p>

Во второй главе для создания методики проектирования автоматизированных комплексов механотерапии в соответствии с принципами построения биотехнических систем разработаны биомеханические модели сочетанного механотерапевтического воздействия на основе вытяжения и механического массажа позвоночника. С помощью биомеханических моделей показано, что впервые предложенные сочетанные воздействия (паравертебральный роликовый массаж + вибрация + вытяжение) при комплексном применении позволяют усилить лечебный эффект процедур.

Для описания методики получения, преобразования и передачи управляющих сигналов при лечебно-механическом воздействии на пациента и определения места, функции исполнительных механизмов и узлов комплекса в обобщенном виде, без рассмотрения каких-либо конкретных систем, воспользуемся структурно-функциональной схемой автоматизированного комплекса для вибрационно-механического массажа и вытяжения позвоночника, представленной на рисунке 2. Комплекс состоит из блока датчиков контроля заданных режимов вытяжения и вибрационно механического массажа, программного блока и блока исполнительных механизмов.

Основное функциональное назначение автоматизированного комплекса состоит в том, чтобы получить от датчиков информацию $x(t)$ о значениях заданных контролируемых параметров и внесении их в программный блок, где после обработки с учетом установленных ограничений, выдается выходной сигнал $y = f(x)$ для управления электромеханическими параметрами исполнительных механизмов, установленных в блоке, с целью коррекции путем биомеханического лечебного воздействия на позвоночник.

Программный блок (рисунок 2) предназначен для управления работой аппарата, на основе, записанной в его памяти программы и информационных сигналов, поступающих с других источников. Для этого входы программного бло-

ка соединены с выходами датчиков физических величин. Выходы программного блока подключены к входам исполнительных механизмов.

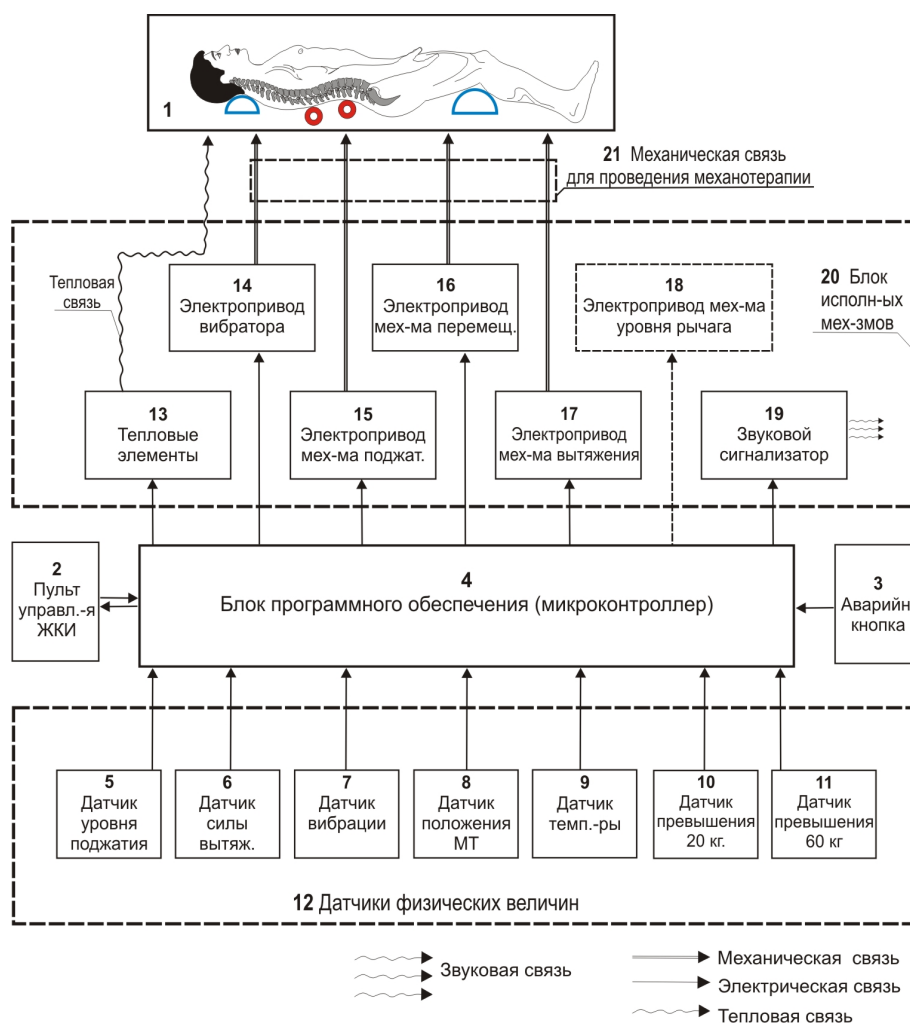


Рисунок 2 – Обобщенная структурно-функциональная схема автоматизированного комплекса механотерапии: 1 – пациент; 2 – пульт управления; 3 – аварийная кнопка; 4 – программный блок на базе микроконтроллера; 5 – датчик высоты роликов массажеров; 6 – датчик силы вытяжения; 7 – датчик уровня вибрации; 8 – датчик положения массажной тележки (роликов массажеров); 9 – датчик температуры; 10 – датчик превышения 20 кг силы вытяжения; 11 – датчик превышения 60 кг силы вытяжения; 12 – блок датчиков первичной информации; 13 – тепловые элементы; 14 – электродвигатель вибратора; 15 – электропривод установки роликов-массажеров; 16 – электропривод механизма линейного перемещения массажной тележки; 17 – электропривод вытяжения; 18 – электропривод уровня тягового рычага; 19 – звуковой сигнализатор; 20 – блок исполнительных механизмов; 21 – механические связи с пациентом для проведения механотерапии

Пульт управления предназначен для ввода в программный блок параметров процедур, управления работой аппарата в ручном режиме и индикации поступающих на него информационных сигналов. Он представляет собой совокупность сенсорных переключателей и индикаторов.

Рассмотренная обобщенная схема аппарата обеспечивает возможность одновременного (комплексного) или раздельного воздействия на позвоночный

столб теплом, вибрацией, механическим аппаратным массажем с индивидуализацией сил механического массажа и дозированного вытяжения позвоночника.

Проведено детальное описание устройства и принципа работы автоматизированного механотерапевтического комплекса для вытяжения и вибрационно-механического массажа позвоночника на уровне функциональных исполнительных механизмов и датчиков физических величин. Показана возможность использования волоконно-оптических датчиков в автоматизированных комплексах механотерапии, где блок датчиков служит для организации биотехнической обратной связи и контроля заданных режимов аппарата.

В третьей главе рассмотрены принципы применения предложенных методов и средств для разработки высокоэффективных автоматизированных аппаратов механотерапии и программное обеспечение проведения комплексных процедур на их основе. В работе изложен принцип действия аппаратов тракционной терапии позвоночника на наклонной плоскости – аутогравитационное вытяжение позвоночника.

Наиболее простым способом сухого вытяжения является вытяжение на наклонной плоскости весом тела пациента. При этом нагрузка на позвоночник при проведении процедуры регулируется за счет изменения угла наклона плоскости. Способ реализован в разработанной механотерапевтической установке «Ормед-профилактик» (рисунок 3), ориентированной на использование для реабилитации и профилактики больных с неврологическими проявлениями грудного и поясничного остеохондроза.

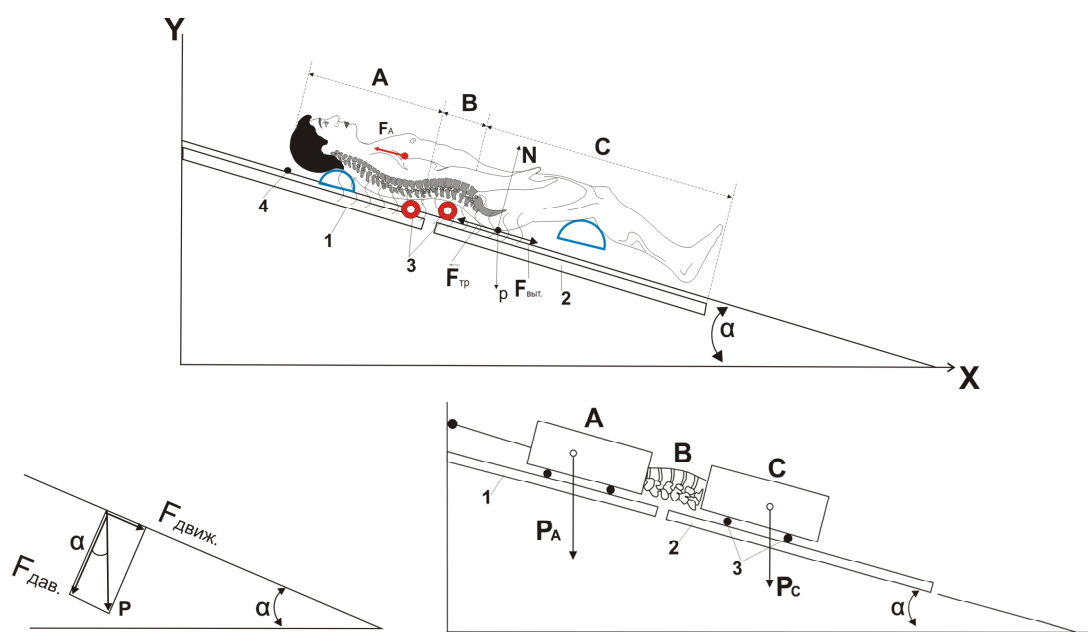


Рисунок 3 – Биомеханическая модель распределения дистракционных усилий при вибрационно-механическом роликовом массаже и гравитационной разгрузке позвоночника на наклонной плоскости на примере аппарата «ОРМЕД – профилактик»: 1 – неподвижная секция; 2 – подвижная секция кушетки; 3 – ролики-массажеры; 4 – точка фиксации пациента на наклонной плоскости; А – грудной отдел; В – верхний сегмент тела; С – нижний сегмент тела; α – угол наклона кушетки; P – сила тяжести; $F_{тр}$ – сила трения; F_A – сила реакции со стороны верхнего сегмента тела

На рисунке 3 показана биомеханическая модель распределения дистракционных усилий на принципах биотехнической системы при роликовом массаже и гравитационной разгрузки позвоночника на наклонной плоскости для случая проведения процедуры паравертебрального вибромеханического массажа и аутогравитационного вытяжения позвоночника на аппарате «ОРМЕД-профилактик».

Для анализа биомеханической модели этой процедуры исследуем наклонную плоскость и пребывающего на ней пациента как биотехническую систему, на которую действуют внешние силы. Для этого устанавливаем величину действующих сил, линии их действия, направление и точки приложения.

С увеличением угла α наклона на поясничный отдел позвоночника начинает действовать сила вытяжения $F_{\text{выт}}$:

$$F_{\text{выт}} = 0,55 P \cdot K / \cos \alpha, \quad (1)$$

где P – вес тела, $0,55$ – % массы нижней части туловища, K – коэффициент трения скольжения, α – угол наклона плоскости к горизонту. Получены зависимости (рисунок 4) дистракционных усилий от угла наклона плоскости при подъеме и опускании кушетки.

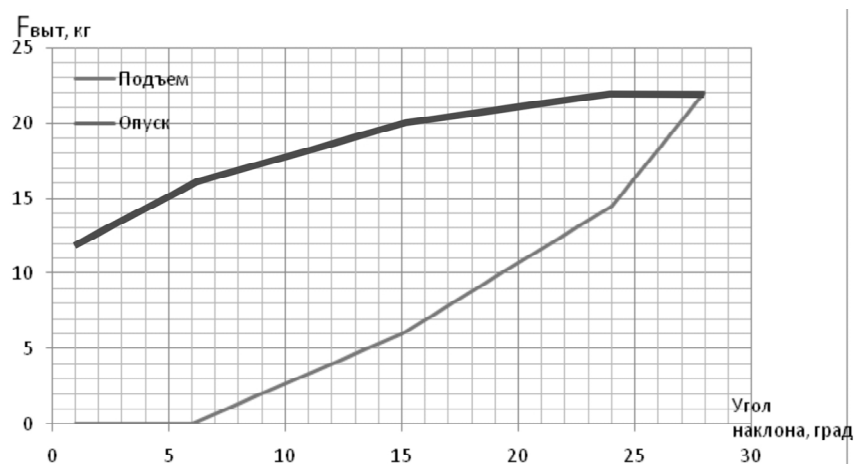


Рисунок 4 – Зависимости дистракционных усилий от угла наклона плоскости

Проведенный биомеханический расчет дистракционных усилий на поясничный отдел позвоночника при гравитационном вытяжении под действием веса нижнего сегмента тела на наклонной плоскости позволил сделать вывод, что при средних значениях угла наклона плоскости дистракционное усилие возрастает практически линейно.

В работе рассмотрены профессиональные многофункциональные аппараты механотерапии для проведения комплексных процедур.

В последнее время широко развивается новое направление в физиотерапии и курортологии – применение сочетанных методов, когда 2 или 3 физических фактора действуют одновременно.

В комплексных процедурах, проводимых на разработанных аппаратах механотерапии, используют сочетанные методы лечения, как механический (роликовый) паравертебральный массаж + вибрация + теплолечение (обогрев) + тракция + магнитное поле.

Рассмотрен общий принцип применения сочетанных методов в лечебном процессе на примере организации и проведения комплексных процедур на аппарате «ОРМЕД-профессионал».

Аппарат позволяет проводить вытяжения в переменном режиме, корректировать в процессе лечения параметры, осуществлять полный контроль, проводить динамические наблюдения. Рычаги вытяжения позволяют провести вытяжение под различными углами, как по вертикали, так и по горизонтали.

В ходе исследований были выявлены наиболее эффективные режимы непрерывной и прерывистой тракции. Непрерывные тракции, характеризующиеся постоянным тракционным усилием, результативны для оказания декомпрессионного воздействия (рис. 5, а). Переменные тракции характеризуются постепенно увеличивающейся тягой, а также удержанием максимального уровня в течение заданного интервала времени с последующим уменьшением тяги вплоть до полного расслабления (рис. 5, б, в, г). Выявлено, что прерывистая тракция оказывает менее резкое, но более интенсивное воздействие.

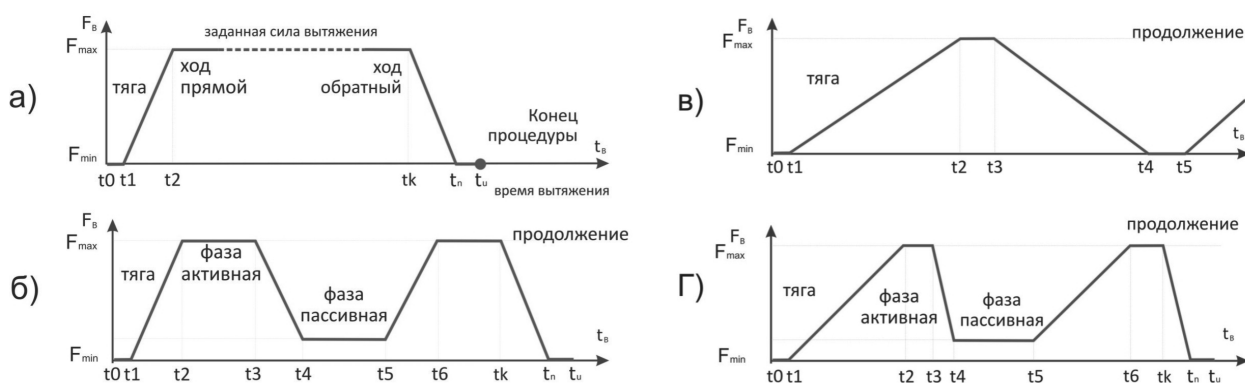


Рисунок 5 – Режимы вытяжения: а – постоянное вытяжение с применением усилия в непрерывном интервале времени; б – переменное интермиттирующее вытяжение в течение коротких интервалов времени; в – сходящийся режим вытяжения для проведения пробной тракции; г – специальное вытяжение (опытно-тренировочное) используется в целях изучения отклонений и коррекции функционального состояния позвоночника и суставов (медленное увеличение и быстрое уменьшение нагрузки тракции)

Режимы переменной тракции могут быть рассмотрены как один из видов постизометрической релаксации в виде растяжения и сокращения мышц. Динамическое растяжение, подразумевающее чередование фаз напряжения и расслабления, подвергающихся вытяжению мышц, является одним из наиболее эффективных методов укрепления и одновременного растяжения мышечной ткани, что особенно важно при наличии миофасциальных болевых синдромов в области спины, которые вызваны патобиомеханическими изменениями костно-мышечной системы.

При проектировании аппаратов серии «ОРМЕД» были внедрены следующие режимы вытяжения.

Обычное недифференцированное вытяжение при диффузном поражении межпозвоночного диска шейного отдела позвоночника. При этом длина тя-

говых ремней с той и другой стороны равны: $L_1 = L_2$, следовательно, силы вытяжения P_1 и P_2 также равны (рисунок 6).

Дифференцированное вытяжение во фронтальной плоскости. В данном случае силы вытяжения с правой и левой сторон не равны, что достигается за счет разности длин тяговых ремней L_1 и L_2 .

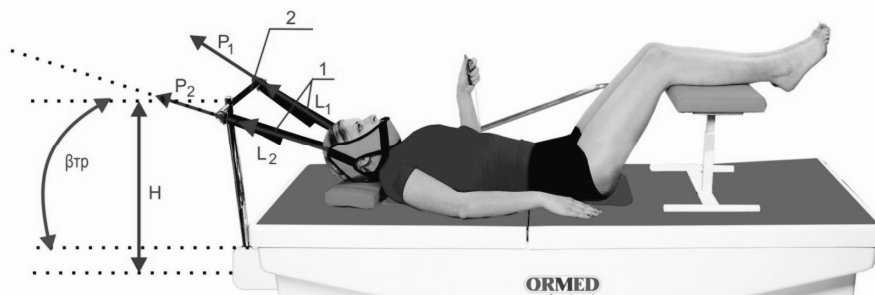


Рисунок 6 – Схема вытяжения шейного отдела позвоночника

При этом на больной стороне длина L_2 больше, чем на здоровой, что приводит к неравенству сил: $P_1 \neq P_2$ и появлению изгибающего момента силы, приложенной к шейному отделу позвоночника на уровне патологического участка межпозвонкового диска (при $L_1 > L_2$ – наклон головы влево, а при $L_1 < L_2$ – наклон головы вправо) (рисунок 6).

Векторное вытяжение в сагиттальной плоскости. В данном случае векторное вытяжение достигается путем изменения угла тракции по отношению к горизонту, т. е. к осевой линии позвоночного столба. Изменение угла тракции сводится к физическому изменению высоты H тягового головного рычага (балки) путем ее подъема или опускания (рисунок 6).

В данном случае угол $\beta_{тр}$ является векторным углом вытяжения, т.е. вектор (направление) силы тяги $F_{тр} = P_1 + P_2$. При этом вектор-направление под углом $\beta_{тр}$ является определяющим в достижении лечебного эффекта в процессе лечения больных с сосудисто-мозговой недостаточностью, обусловленной патологией шейного отдела позвоночника. Угол (вектор тяги) может быть направлен как вперед (вверх, до 25°), так и назад (вниз, до $5-10^\circ$) или быть нулевым.

Метод векторного вытяжения приводит к увеличению пульсового притока крови по интракраниальному отделу вертебрально-базиллярной системы и может быть рассмотрен как патогенетический метод коррекции вертебрально-базиллярной сосудистой недостаточности, что очень актуально для людей, перенесших мозговую ишемический инсульт.

Дифференцированные и векторные методы вытяжения применяются, когда клиническая картина больного представляет одностороннюю симптоматику (справа или слева, спереди или сзади). Применение векторного и дифференцированного вытяжений позволяет найти правильное направление локального воздействия на шейный, поясничный и грудной отделы позвоночника и подобрать соответствующее усилие тракции.

В четвертой главе изложен метод подводного вытяжения позвоночника. Его успех объясняется тем, что в теплой воде под действием небольшой на-

грузки на позвоночник происходит полное расслабление мышц, рефлекторно улучшается кровообращение, а значит, и трофика органов и систем.

В результате уменьшения гравитационной нагрузки на опорно-двигательный аппарат пациента растягивание околопозвоночных эластичных тканей и связок происходит более физиологично и безопасно. Дополнительный лечебный эффект возникает при использовании подводного душа-массажа с различными насадками перед проведением процедур.

Предлагаемый автоматизированный комплекс подводного вытяжения «АКВА-тракцион» (таблица 1) имеет ряд преимуществ перед другими аппаратами тракционной терапии, которые применяются в клинической практике в настоящее время. В корпусе, ванны на уровне паравerteбральной зоны установлены гидромассажные форсунки для расслабления околопозвоночных мышц и связок, что важно для повышения лечебного эффекта в процессе проведения процедуры по тракционной терапии. Дополнительно ванна комплектуется ручным подводным душем-массажем для подготовки пациента к тракциям.

Принцип работы бесконтактной гидромассажной ванны «АКВА-релакс» основан на передаче воздействия струй воды на тело пациента через тонкую пленку. Массирующие тело струи задаются 24 форсунками, автоматически скомбинированными в группы, которые создают режимы массажа «Релаксация», «Интенсивность», «Силовая», «Пульсация» на шести зонах – от шейно-воротниковой до зоны голеней. Имеется возможность ручного управления форсунками при выборе зоны массажа и длительного включения их в заданной зоне. Электронный блок управления вместе с выносным пультом управления и соответствующим аппаратно-программным обеспечением образуют систему управления работой ванны. С помощью кнопок пульта дистанционного управления есть возможность выбирать и изменять массажные программы: регулировать интенсивность давления водяной струи, выбрать зону и тип массажа, установить длительность процедуры.

В работе решена задача моделирования гидродинамических процессов в гидромассажных аппаратах механотерапии, направленных на реализацию медицинских технологий по гидротерапии позвоночника. Результаты теоретических исследований были внедрены в аппараты «АКВА-тракцион» и «АКВА-релакс» (патент № 2465882 от 15.02.2011).

При проектировании систем гидро-механотерапии были учтены множество факторов, таких как входное давление потока жидкости, давление оказываемое на тело человека, скорость потока жидкости, пятно контакта жидкости на тело пациента, температура рабочей среды и т.д.

Разработанная методика численного моделирования гидродинамических процессов с использованием современных программных комплексов позволила сократить временные затраты при проектировании гидромассажных аппаратов для механотерапии и выдать рекомендации по выбору основного и вспомогательного гидрооборудования (рисунок 7).

Одним из важнейших элементов гидротерапии является форсунка, предназначенная для дозированной и направленной подачи потока жидкости. Гидро-

массажные форсунки осуществляют подачу воды под давлением через отверстия малого диаметра.

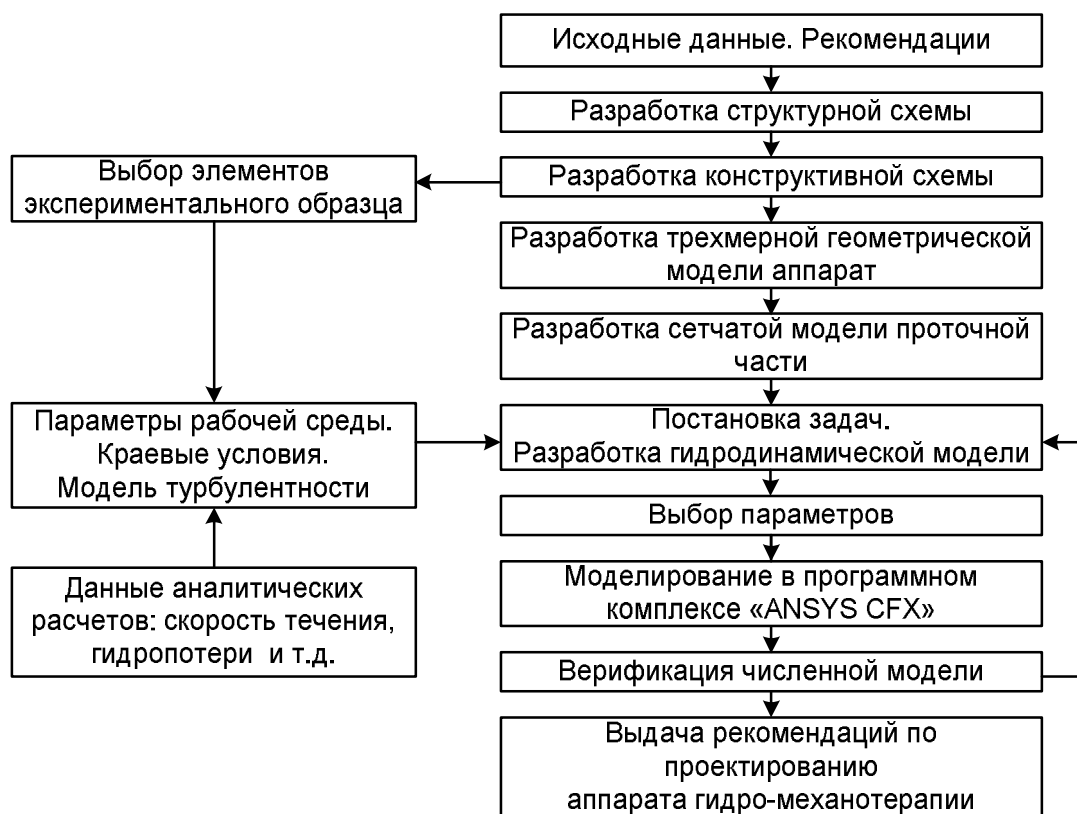


Рисунок 7 – Блок-схема моделирования гидродинамических процессов в гидромассажных аппаратах для механотерапии

Как показывает анализ результатов, эффективность процедур зависит от правильного контакта струи и давления потока жидкости. Для верного расчета конечного давления, которое оказывает влияние на тело пациента, были учтены гидравлические потери по тракту трубопроводов и гидроэлементов.

Выявлено, что эффективность гидротерапии зависит от устройства форсунок. Увеличение количества форсунок позволяет охватить больше участков на теле человека, но при этом снижается давление струи жидкости. Сформулированы рекомендации по выбору числа форсунок, найден оптимальный диаметр отверстий, который составил $6 \div 15$ мм (рисунок 8).

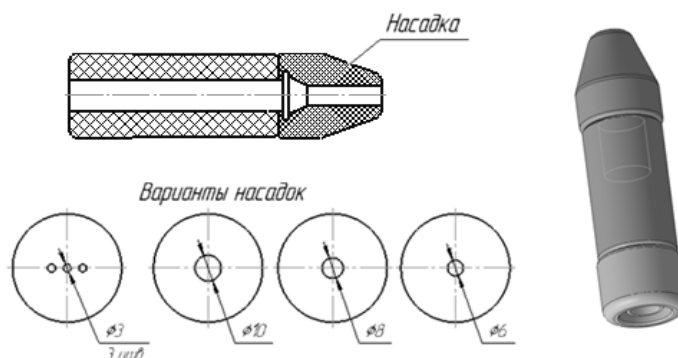


Рисунок 8 – Форсунка подводного гидромассажа с различными видами насадок

Моделирование гидродинамических процессов течения жидкости в форсунках с различными типами выполнялось путем численного расчета в программном комплексе ANSYS CFX (рисунок 9).

В результате численного моделирования выявлены зоны снижения давления и скорости потока (рисунок 10), что позволило выдать рекомендации о выборе расстояния от форсунки до тела пациента. Результаты численного моделирования и полученные аналитические зависимости обеспечили возможность оптимизированного подбора насосного и вспомогательного оборудования.

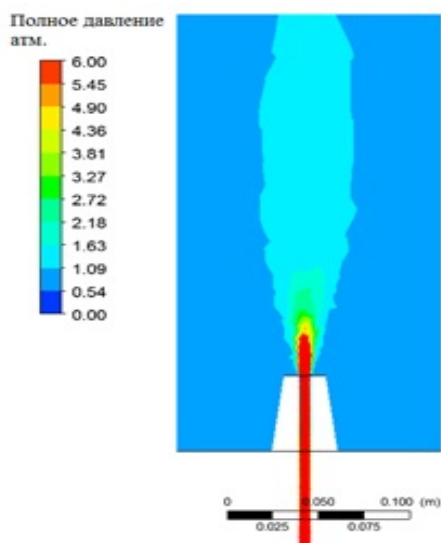


Рисунок 9– Изменение полного давления при вылете струи жидкости из форсунки гидромассажа

Дозирование процедуры необходимо осуществлять по силе массирующего воздействия, которое может быть различным в зависимости от величины давления водной струи и зазора между насадкой и телом пациента. Как правило, давление струи в лечебных методиках не превышает 5 атм. Наличие насадок с различной величиной поперечного сечения позволяет направлять на пациента компактную узкую струю под значительным давлением, а также

более широкую струю меньшего давления. Рекомендованная величина зазора находится в диапазоне от 8÷10 до 15÷20 см.

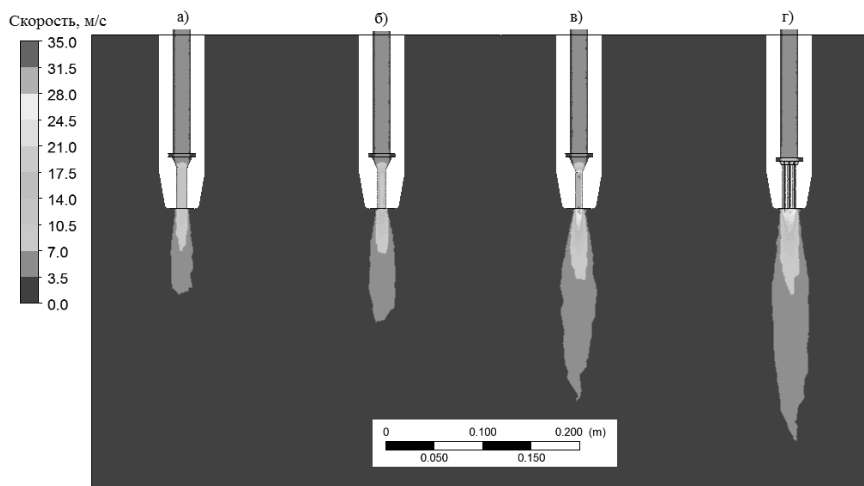


Рисунок 10 – Изменение скорости по тракту ПДМ для различных типов насадок:
а) $d=10\text{мм}$; б) $d=8\text{мм}$; в) $d=6\text{мм}$; г) $d=3\text{мм}$

Установлено, что малый угол наклона водной струи к телу пациента в пределах $15\div 40^\circ$ обеспечивает легкое поверхностное действие. Увеличение угла наклона до 90° дает возможность производить на ткани более сильное и глубокое воздействие. Поглаживающего эффекта можно добиться при давлении струи $1\div 1,5$ атм., держа форсунку на расстоянии $10\div 15$ см от поверхности тела

(под углом $25\div 30^\circ$). Реализацию режима растирание необходимо проводить при давлении $2\div 4$ атм. на расстоянии $5\div 10$ см от поверхности тела до форсунки (под углом $60\div 90^\circ$).

В пятой главе рассмотрены предложенные биомеханические модели, физиологические механизмы лечебного действия аппаратов, методы оптимизации путем численного моделирования сочетанного действия магнито-механотерапии. Проведен анализ физиологических механизмов лечебного действия, принципов вытяжения, магнитотерапии и вибрационно-механического воздействия аппаратов «ОРМЕД» на глубокие мышцы позвоночника, межпозвонковых дисков и спины.

Предложена методика проектирования аппаратов сочетанного (совместного) действия механотерапии и магнитного поля для применения в клинической практике. С целью повышения результативности лечения и достижения синергетического эффекта аппараты механотерапии снабжены дополнительной подсистемой магнито-терапевтического воздействия.

Полученные результаты исследований были внедрены в механотерапевтический аппарат «ОРМЕД-релакс» (рисунок 11), реализующий комплексное лечение заболеваний позвоночника за счет теплового, вибрационно-механического и магнито-терапевтического совместного воздействия на костно-мышечную систему позвоночника.

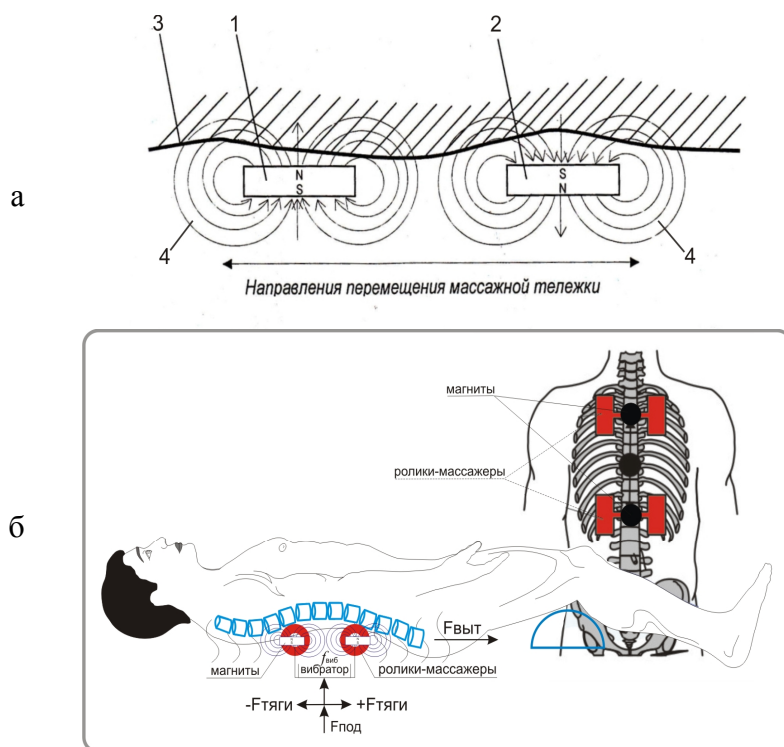


Рисунок 11 – Биомеханическая модель сочетанного действия магнито-механотерапии на позвоночник: а – схема воздействия магнитного поля на позвоночник; б – схема расположения магнитов относительно роликов-массажеров; $F_{\text{тяги}}$ – сила тяги массажной тележки; $F_{\text{под}}$ – сила поджатия роликов-массажеров к мышцам спины; $F_{\text{выт}}$ – сила дозированного вытяжения позвоночника; $f_{\text{виб}}$ – частота механической вибрации роликов-массажеров; 1,2 – постоянные магниты; 3 – спина (позвоночник) пациента; 4 – направление магнитных силовых линий

Аппарат формирует переменное магнитное поле за счет возвратно-поступательного движения постоянных магнитов, установленных на массажной тележке. Биомеханическая модель сочетанного действия магнито-механотерапии показана на рисунке 11.

Исходная информация для оценки магнитотерапии при проведении тракционных процедур механотерапии заключена в распределении магнитного поля в области положения позвоночника. Повышение качества лечения магнитным полем, обеспечивается за счет оптимизации характеристик магнитной системы, выявленных в ходе моделирования магнитного поля.

Расчет магнитного поля в области воздействия проводился на базе скалярного магнитного потенциала, с последующим переходом к распределению вектора напряженности магнитного поля.

Контур в виде окружности с током I радиуса b , образованный тонкой замкнутой токовой нитью, будет эквивалентен с точки зрения создаваемого им магнитного поля двойному слою магнитных зарядов, опирающихся на контур. При этом скалярный магнитный потенциал φ_m в точке пространства N определяется как

$$\varphi_m = \frac{I}{4\pi} \Omega, \quad (2)$$

где Ω – телесный угол, под которым виден контур из точки пространства N .

Величина телесного угла, под которым указанный контур виден из точки N (рисунок 12), определяется по следующей формуле:

$$\Omega = \Omega_{\max} \cos(\alpha) = \frac{S_{\text{seg}}}{r^2} \frac{h}{h_0}, \quad (3)$$

где Ω_{\max} – максимальный телесный угол для контура, располагающегося на расстоянии h_0 ; S_{seg} – площадь кругового сегмента, опирающегося на рассматриваемый контур; r – радиус шарового сегмента; h – расстояние от плоскости контура до точки N ; α – угол смещения относительно направления, обладающего максимальным телесным углом.

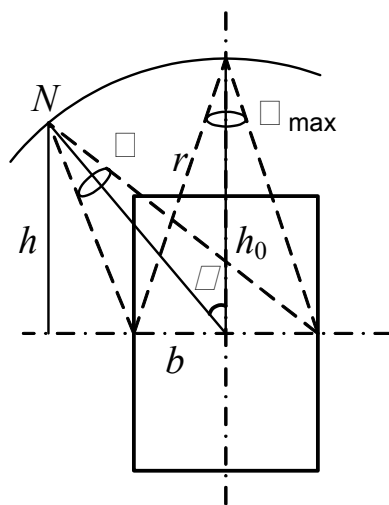


Рисунок 12 – Взаиморасположение магнита и анализируемой точки пространства

Учитывая, что площадь поверхности шарового сегмента определяется как $S_{seg} = 2\pi r d$, где высота сегмента $d = r - h_0$, получаем, что $\Omega = \frac{2\pi r(r - h_0)}{r^2} \cdot \frac{h}{h_0}$.

Далее выполняется переход к описанию телесного угла с использованием радиуса магнита:

$$r = \sqrt{b^2 + h_0^2}, \text{ а } \Omega = 2\pi \left(1 - \frac{h_0}{\sqrt{b^2 + h_0^2}} \right) \frac{h}{h_0} = 2\pi h \left(\frac{1}{h_0} - \frac{1}{\sqrt{b^2 + h_0^2}} \right). \quad (4)$$

Введя систему координат OXY , перейдем к рассмотрению осесимметричной задачи, где ось контура будет параллельна оси Y . Пусть контур располагается в плоскости y_i , а точка пространства N характеризуется координатами (x_N, y_N) .

$$\text{Тогда } h = y_N - y_i, \quad h_0 = \sqrt{b^2 + (y_N - y_i)^2 + (x_N - x_i)^2}, \quad (5)$$

а скалярный магнитный потенциал в точке N определяется как

$$\begin{aligned} \varphi_m &= \frac{I}{4\pi} \Omega(x_N - x_i, y_N - y_i) = \\ &= \frac{I}{2} (y_N - y_i) \left(\frac{1}{\sqrt{(y_N - y_i)^2 + (x_N - x_i)^2}} - \frac{1}{\sqrt{b^2 + (y_N - y_i)^2 + (x_N - x_i)^2}} \right). \end{aligned} \quad (6)$$

Выполнив переход от контура с током к двойному слою магнитных зарядов, получим эквивалентную поверхностную плотность зарядов $\sigma = \pm \mu \frac{I}{d} = M_r$, где μ – магнитная проницаемость среды, d – расстояние между слоями магнитных зарядов. Далее вернувшись к исходному цилиндрическому магниту и определив высоту $l = n d$, представим его в виде совокупности n идентичных двойных слоев магнитных зарядов. Итогом будут два не скомпенсированных слоя, располагающихся на верхней и нижней торцевых поверхностях магнита, а скалярный магнитный потенциал, определяемый магнитом:

$$\varphi_m = \frac{M_r}{4\pi\mu} \left(\Omega \left(x_N - x_i, y_N - y_i - \frac{l}{2} \right) - \Omega \left(x_N - x_i, y_N - y_i + \frac{l}{2} \right) \right). \quad (7)$$

Для полеформирующих магнитных систем, состоящих из нескольких магнитов, итоговый скалярный магнитный потенциал находится как алгебраическая сумма потенциалов. На заключительном этапе выполняется переход к вектору магнитной индукции. Практическая реализация модели осуществлена в среде LabVIEW, при этом создан ряд виртуальных приборов, совместно функционирующих в единой программе (рисунок 13), посредством которых проведено моделирование магнитного поля.

На первом этапе моделирования выполняется расчет магнитного поля, создаваемого двумя постоянными магнитами цилиндрического сечения.

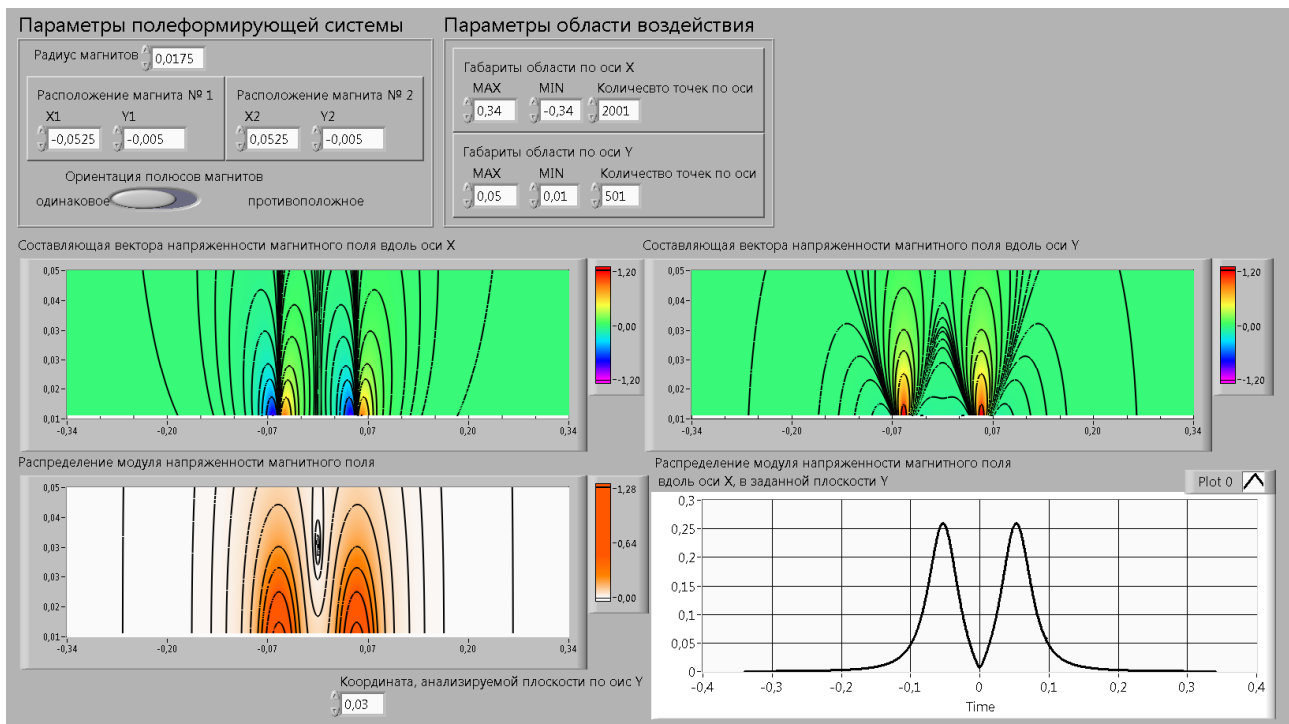


Рисунок 13 – Интерфейс программы моделирования магнитного поля

Оси магнитов располагаются параллельно, при этом торцевые поверхности магнитов принадлежат одной плоскости. Расчет магнитного поля проводится для плоскости, расположенной перпендикулярно торцевым поверхностям магнитов (рисунок 14).

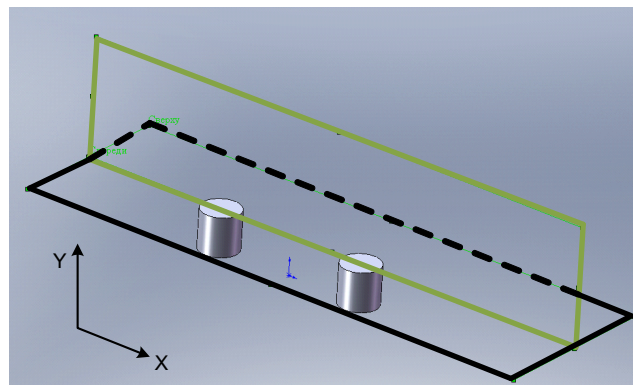


Рисунок 14 – Схема расположения магнитов

В расчетах диаметр магнита задан равным 36 мм, а высота – 10 мм. Исходный размер расчетной области обозначен координатами $(x_{\min}, y_{\min}) = (-50, -20)$, $(x_{\max}, y_{\max}) = (50, 20)$, а координаты центров магнитов - $(x_1, y_1) = (-3, 0)$, $(x_2, y_2) = (3, 0)$. Вычисление произведено для вариантов с одинаковой и противоположной ориентацией полюсов. Полученные зависимости соответствуют классическим распределениям магнитного поля, что подтверждает возможность использования модели для исследований системы, состоящей из постоянных цилиндрических магнитов.

При установке полеформирующей системы в аппарат механотерапии область воздействия всегда располагается выше торцевых поверхностей магнитов. В данном случае необходимо определиться с выбором расстояния между постоянными магнитами и взаимной ориентацией их полюсов. Вычисление модуля напряженности магнитного поля выполнено для точек, расположенных на удалении 8 см от торцевой поверхности магнитов. При этом показано, что выбор ориентации полюсов магнитов существенным образом сказывается на значении напряженности магнитного поля при малых расстояниях между осями магнитов. Предпочтительнее сделать выбор в пользу одинаковой ориентации полюсов магнитов для получения магнитного поля с высоким значением напряженности. При значительных расстояниях, превышающих 18 см, рекомендуется располагать магниты с противоположной ориентацией полюсов, что обеспечит более высокое значение напряженности магнитного поля в области воздействия. При разработке магнитотерапевтической подсистемы выполнен поиск оптимального расстояния между магнитами. В качестве критерия оптимизации выбрано значение энергии формируемого магнитного поля в области воздействия. При этом, чем больше энергии магнитного поля будет сообщено биоструктуре, тем выше будет уровень силового воздействия. Учитывая симметрию человека относительно сагиттальной плоскости, проходящей в направлении сагиттальной оси, при расчете энергии достаточно проводить анализ в плоскости. При этом следует ограничиться участком, габариты которого определяются антропометрическими размерами группы позвонков. Тогда критерий оптимальности будет представлен следующим выражением

$$R((x_1 - x_2)^*) = \max \frac{1}{S} \iint_S |\overline{H}|^2 dS. \quad (8)$$

Поиск оптимального значения осуществлен численным методом путем расчета среднего значения энергии магнитного поля в области воздействия. Вычисление проведено для вариантов, когда расстояние между магнитами изменялось в пределах от 3 до 50 см. Среднее значение определялось в относительных единицах при одинаковой и противоположной ориентации полюсов магнитов. Результаты исследования показали, что при минимальном расстоянии между магнитами в случае одинаковой ориентации полюсов среднее значение энергии, излучаемой полеформирующей системой, будет максимально. Использование варианта с противоположной ориентацией полюсов магнитов требует размещения формирователей поля на границах области воздействия. Определены зависимости изменения распределения магнитного поля при движении массажной тележки (рисунок 15) при области воздействия 670 мм и средней скорости движения тележки 30,5 мм/с (рисунок 16).

Установлена пространственно-временная форма массажного воздействия магнитного поля. Полученные результаты позволяют оценить изменение относительной интенсивности воздействия магнитного поля в процессе терапевтической процедуры. При этом полеформирующая подсистема, расположенная на массажной тележке, создает не только бегущее магнитное поле, но и вращающееся.

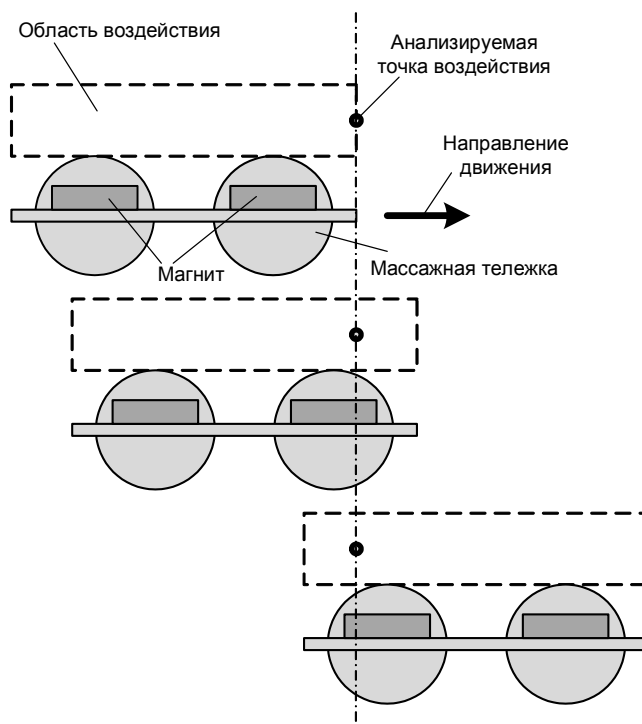


Рисунок 15 – Схема взаиморасположения массажной тележки и анализируемой точки воздействия магнитного поля

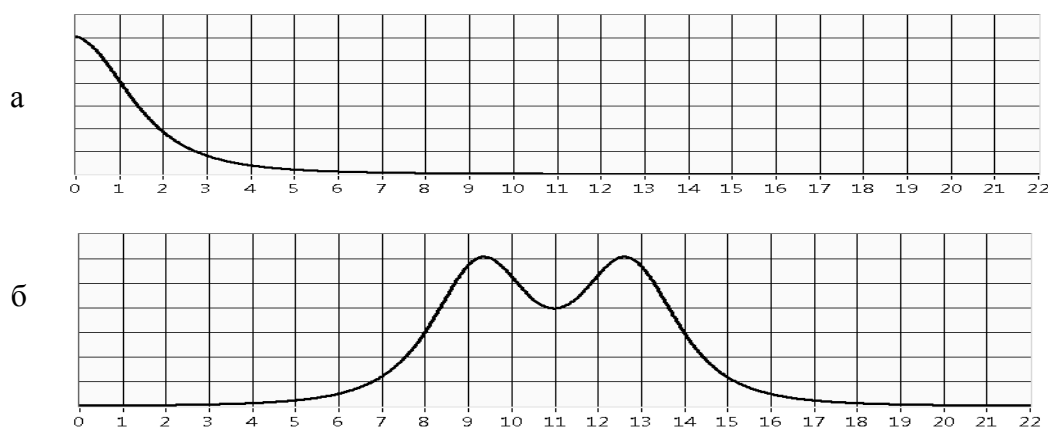


Рисунок 16 – Изменение модуля магнитной индукции поля во времени (с) при движении массажной тележки: а - для крайней точки области воздействия; б – для средней точки области воздействия

Перемещение поля и вращение вектора магнитной индукции в конкретной выбранной точке области воздействия обусловлены перемещением массажной тележки. Применение таких полей способствует повышению уровня лечебного эффекта. В ходе моделирования были вычислены составляющие вектора напряженности магнитного поля для точки, расположенной в центре области воздействия. Расчет производился при перемещении массажной тележки из одного крайнего положения в другое. Время перемещения тележки было задано равным 22 с. Для каждого момента времени определялось направление вектора напряженности магнитного поля. Расчеты показали, что вектор напряженности

магнитного поля поворачивается на 447 градусов при перемещении тележки из одного крайнего положения в другое (рисунок 17).

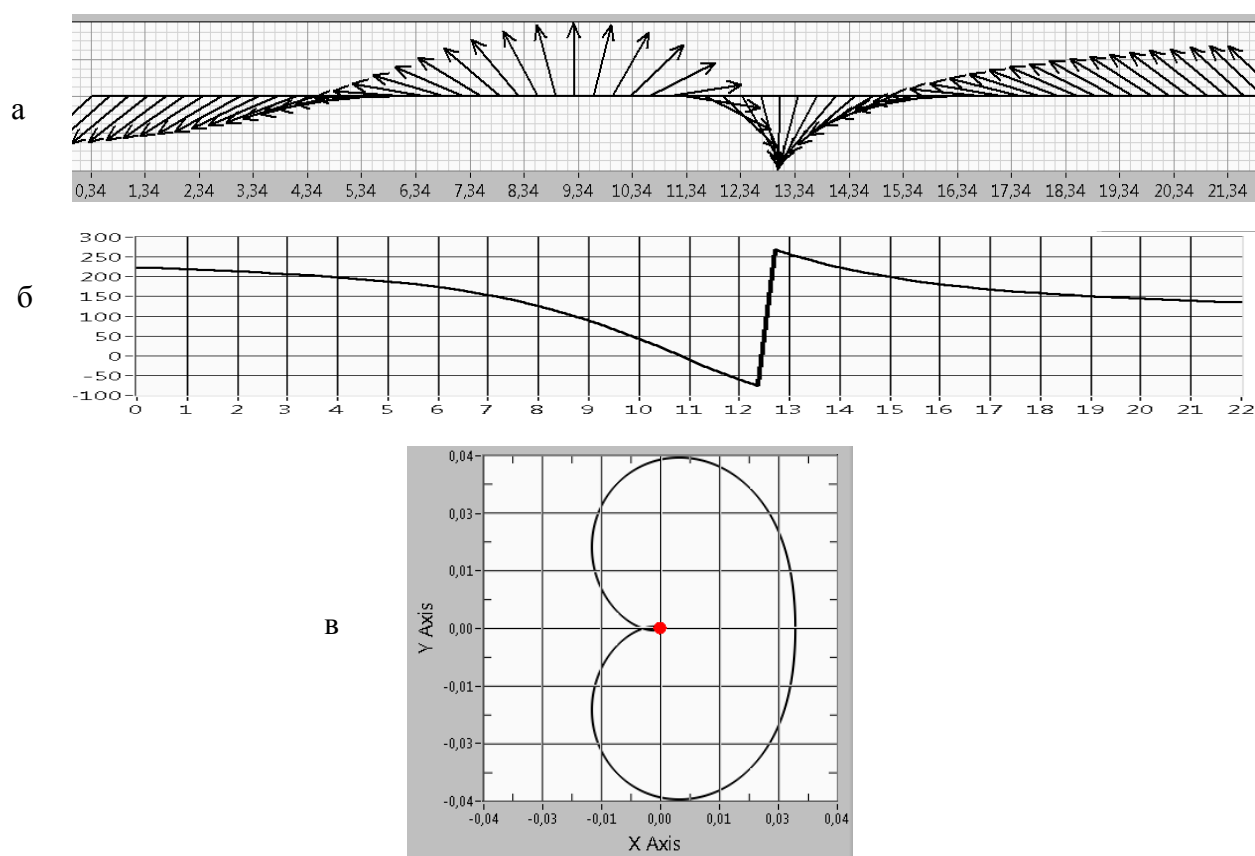


Рисунок 17 – Зависимость изменение направление вектора напряженности магнитного поля в центральной точке области воздействия при движении массажной тележки из левого крайнего положения в правое крайнее положение: а – поле направлений; б – изменения угла вектора; в – годограф, характеризующий соответствие направления и модуля вектора напряженности магнитного поля

В ходе механотерапевтической процедуры массажная тележка вибрирует, в результате чего магниты смещаются вдоль вертикальной оси на величину ± 1 мм. Вибрация приводит к тому, что при фиксированном положении массажной тележки, магнитное поле меняется. По итогам моделирования установлено, что относительная величина изменения магнитного поля может достигать порядка 5 %. Девиация поля приводит к изменению силового воздействия оказываемого полем на организм пациента, таким образом, за счет магнитного поля осуществляется массаж внутренних структур организма.

В шестой главе приведены результаты технических, медицинских и производственных испытаний аппаратов механотерапии. Обобщены результаты разработки и согласования разрешающей нормативно-технической и методической документации, необходимой для организации серийного производства и для коммерциализации изобретений по аппаратам механотерапии.

Технико-экономические расчеты показали, что оснащение государственных лечебно-профилактических учреждений РФ аппаратами серии «ОРМЕД»

позволит достичь значительного экономического эффекта от импортозамещения медицинских изделий.

Проведен обобщенный анализ новых медицинских технологий, полученных в результате 15-летнего опыта использования аппаратов механотерапии в клинической практике.

Основные результаты и выводы по работе

В работе решена научная проблема, направленная на повышение качества механотерапии путем дальнейшей разработки методики проектирования автоматизированных аппаратов, опирающихся на физиологические механизмы лечебного действия и на их биомеханические модели с привлечением принципов взаимозависимости технической системы и живого организма.

Решение вышеозначенной проблемы позволило получить следующие результаты диссертационного исследования.

1. Сравнительным анализом известных и разработанных аппаратов механотерапии и предложенной классификацией показано, что третья базовая группа механотерапевтических аппаратов, предназначенных для комплексного лечения, реабилитации и коррекции функционального состояния позвоночника удовлетворяет целому комплексу клинико-физиологических требований и рассматривается как новое перспективное направление в практике разработок данного класса аппаратов. Успешное решение задач повышения качества аппаратов механотерапии может быть достигнуто путем дальнейшей разработки методов и средств проектирования автоматизированных высокоэффективных комплексов, опирающихся на физиологические лечебные механизмы и на их биомеханические модели.

2. Предложены режимы, методы и виды тракции позвоночника, реализованные на высокоэффективных аппаратах механотерапии серии «ОРМЕД», отличающиеся использованием сочетанных аппаратных методов тракционного и вибрационного воздействия для декомпрессии межпозвонковых дисков, позволяющие проводить безоперационное лечение грыж путем снижения высокого междискового давления за счет увеличения межпозвонкового пространства, с использованием аппаратных методов декомпрессии межпозвонковых дисков. Разработан метод векторного вытяжения, который приводит к увеличению пульсового притока крови по интракраниальному отделу вертебрально-базиллярной системы и может быть рассмотрен как патогенетический метод коррекции сосудистой недостаточности, что очень актуально для людей, перенесших мозговую ишемический инсульт.

3. Разработан автоматизированный комплекс подводного вытяжения «АКВА-тракцион», имеющий ряд преимуществ перед другими аппаратами тракционной терапии, которые применяются в клинической практике в настоящее время. Для этого в корпусе ванны на уровне паравертебральной зоны установлены гидромассажные форсунки для расслабления околопозвоночных мышц и связок, что важно для повышения лечебного эффекта в процессе проведения процедуры тракционной терапии. Дополнительно ванна комплектуется

ручным подводным душем-массажем для подготовки пациента к тракции. Сочетанное воздействие на позвоночник пациента теплой воды, вытяжения и гидромассажа в процессе одной процедуры наиболее физиологично, дозируемо по степени нагрузки и безопасно.

4. Предложен принцип построения бесконтактной гидромассажной ванны «АКВА-релакс», основанный на передаче воздействия струй воды на тело пациента через тонкую пленку. Массирующие тело струи задаются 24 форсунками, автоматически скомбинированными в группы, которые создают режимы массажа «Релаксация», «Интенсивность», «Силовая», «Пульсация» на шести зонах – от шейно-воротниковой до зоны голеней. При этом имеется возможность ручного управления форсунками при выборе зоны массажа и длительного включения их в заданной зоне. Электронный блок управления вместе с выносным пультом управления и соответствующим аппаратно-программным обеспечением образуют систему управления работой ванны.

5. Сформулированы рекомендации по результатам численного моделирования гидродинамических процессов в гидромассажных аппаратах механотерапии и выявленным зонам снижения давления и скорости потока, позволяющие осуществить рациональный выбор расстояния от форсунки до тела пациента, а также подобрать насосное и вспомогательное оборудование с оптимальными параметрами. Дозирование параметров процедуры гидромассажа необходимо осуществлять по силе массирующего воздействия, которое может быть различным в зависимости от величины давления водной струи и зазора между насадкой и телом пациента. Наличие насадок с различной величиной поперечного сечения позволяет направлять на тело пациента компактную узкую струю под значительным давлением или более широкую струю меньшего давления.

6. Впервые разработан биомеханический аппарат кинезо-механотерапии позвоночника «ОРМЕД-кинезо», являющийся уникальной установкой, не имеющей ни отечественных, ни зарубежных аналогов. Аппарат предназначен для дозированного динамического изменения углов сгибания и разгибания в грудном и поясничном отделах позвоночника в пассивном режиме и в положении лежа без активного участия мышц туловища. При этом происходит физиологичное вытяжение в шейном, грудном и поясничном отделах позвоночника в зависимости от веса пациента.

7. Впервые предложен сочетанный метод осуществления механо- и магнитотерапии. Показано, что выбор ориентации полюсов магнитов существенным образом сказывается на величине напряженности магнитного поля при малых расстояниях между осями магнитов. Предпочтительнее сделать выбор в пользу одинаковой ориентации полюсов магнитов для получения магнитного поля с высоким значением напряженности. При больших расстояниях между осями магнитов рекомендуется располагать магниты с противоположной ориентацией полюсов, что обеспечивает более высокое значение напряженности магнитного поля в околопозвоночной зоне воздействия.

В результате сочетанного действия механотерапии и магнитного поля достигается синергетический эффект за счет механического массажа, вытяжения,

тепла, вибрации и магнитного поля, что важно для полной коррекции функционального состояния позвоночника. Полеформирующая подсистема, установленная на массажной тележке, создает не только бегущее магнитное поле, но и вращающееся. Перемещение поля и вращение вектора магнитной индукции в конкретной выбранной точке области воздействия обусловлены перемещением массажной тележки. Показано, что вектор напряженности магнитного поля поворачивается на 447 градусов при возвратно-поступательном перемещении тележки.

В ходе механотерапевтической процедуры массажная тележка вибрирует, в результате чего магниты смещаются вдоль вертикальной оси, что приводит к изменению магнитного поля в пределах 5 %. Девиация поля, в свою очередь, изменяет силовое воздействие, оказываемое полем на организм пациента, и осуществляет, таким образом, массаж внутренних структур организма.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ ОПУБЛИКОВАНО В СЛЕДУЮЩИХ ИЗДАНИЯХ

Монографии:

1. Гиниятуллин Н.И., Механотерапия: Тractionная терапия (лечение вытяжением) / Н.И. Гиниятуллин, С.В., Гавришев, М.Н. Гиниятуллин // – М.: Медицина, 2013. – 432 с.
2. Гиниятуллин Н.И. Волоконно-оптические преобразователи информации / Н.И. Гиниятуллин // – М.: Машиностроение, 2008. – 456 с.: ил.

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

3. Гиниятуллин Н. И. «Боли в спине» профессиональные механотерапевтические методы решения проблемы / Н. И. Гиниятуллин, Ю. Ф. Кузнецов // Практическая медицина. – 2010. – №3. – С.25-27.
4. Гиниятуллин Н. И. Механотерапевтическая установка «ОРМЕД-тракцион» в реабилитации пациентов с дистрофическими заболеваниями пояснично-крестцового отдела позвоночника / Н. И. Гиниятуллин // Практическая медицина. – 2014. – №2. – С.174-179.
5. Гиниятуллин Н. И. Реабилитация пациентов с болевым синдромом при шейном остеохондрозе позвоночника / Н. И. Гиниятуллин // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2014. – №4. – С.50-52.
6. Гиниятуллин Н. И. Кинезитерапия – лечение движением с помощью аппарата «ОРМЕД - кинезо» / Н. И. Гиниятуллин // Практическая медицина. – 2013. – №1. – С.237-239.
7. Гиниятуллин Н. И. «Механотерапия: состояние и тенденции развития» / Н. И. Гиниятуллин, В. А. Сулейманова, И. Р. Гильманшина // Медицинский вестник Башкортостана. – 2014. - №5. - С. 6-7.
8. Гиниятуллин Н. И. Механотерапия - пути решения проблемы «Боль в спине» / Н. И. Гиниятуллин, М. Н. Гиниятуллин, В. А. Сулейманова // Практическая медицина: Психиатрия. Неврология. - 2015. - №5. - С. 197-201.
9. Гиниятуллин Н. И. «Боль в спине»: проблема междисциплинарная, решение механотерапевтическое / Н. И. Гиниятуллин, М. Н. Гиниятуллин, В. А. Сулейманова // Медицинский алфавит. - 2015. - №10. - С. 36-39.
10. Гиниятуллин Н. И. Автоматизированные механотерапевтические комплексы и результаты их применения в клинической практике / Н. И. Гиниятуллин, В. И. Жулев, А. С. Маликов, М. Н. Гиниятуллин. // Биомедицинская радиоэлектроника. - 2015. - №5. - С. 46-55.
11. Гиниятуллин Н. И. Механотерапия при боли в спине. Оборудование «ОРМЕД»: профилактика, лечение и реабилитация / Н. И. Гиниятуллин, М.Н. Гиниятуллин, В.А. Сулейманова // лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2016. – №1. – С. 59-61.
12. Гиниятуллин Н. И. Подводное вытяжение как щадящий метод оздоровления позвоночника / Н. И. Гиниятуллин, М.Н. Гиниятуллин, В.А. Сулейманова // Медицинский вестник Башкортостана. – 2015. – №5. – С. 95-97.

13. Гиниятуллин Н. И. Векторное вытяжение позвоночника на аппаратах «ОРМЕД» / Н. И. Гиниятуллин, М.Н. Гиниятуллин, Е.А. Букарева // Медицинский вестник Башкортостана. – 2016. - №3. – С. 81-85.

14. Гиниятуллин Н. И. Аппараты механотерапии в решении проблемы боли в спине / Н. И. Гиниятуллин, М.Н. Гиниятуллин // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2016. – №4. – С. 58-61.

Патенты РФ:

15. Патент на пром. обр. № 50900. Аппарат для дозированного вытяжения и вибрационного массажа позвоночника / Н. И. Гиниятуллин.; заявл. 23.04.2001; опубл. 2002. – 2с.

16. Патент на изобр. №2195243. Устройство для вытяжения позвоночника / Н. И. Гиниятуллин, М. Н. Гиниятуллин.; заявл. 07.08.2001; опубл. 2002. Бюл. №36. – 6с.

17. Патент на изобр. №2366396. Устройство для вытяжения позвоночника / Н.И. Гиниятуллин, М.Н. Гиниятуллин, В. Н. Круглов, Д. В. Остапишин.; заявл. 04.04.2008; опубл. 2009. Бюл. №25. – 6с.

18. Патент на изобр. №2265427. Устройство для вытяжения позвоночника / Н. И. Гиниятуллин, М. Н. Гиниятуллин.; заявл. 28.04.2004; опубл. 2005. Бюл. №34. – 6с.

19. Патент на изобр. №2275941. Устройство для массажа и вытяжения позвоночника / Н. И. Гиниятуллин, М. Н. Гиниятуллин.; заявл. 03.05.2005; опубл. 2006. Бюл. №13. – 6с.

20. Патент на изобр. №2262915. Устройство для массажа и вытяжения позвоночника / Н. И. Гиниятуллин, М. Н. Гиниятуллин.; заявл. 01.06.2004; опубл. 2005. Бюл. №30. – 6с.

21. Патент на изобр. №2275894. Стол для массажа и мануальной терапии / Н. И. Гиниятуллин, М. Н. Гиниятуллин.; заявл. 07.06.2005; опубл. 2006. Бюл. №13. – 6с.

22. Патент на пром. обр. №65451. Аппарат для дозированного вытяжения позвоночника / Н. И. Гиниятуллин, М. Н. Гиниятуллин.; заявл. 05.07.2006; опубл. 2008. Бюл. №1. – 2с.

23. Патент на пром. обр. №61081. Стол для массажа и мануальной терапии / Н. И. Гиниятуллин, М. Н. Гиниятуллин.; заявл. 14.07.2005; опубл. 2006. Бюл. №12. – 2с.

24. Патент на пром. обр. №70539. Аппарат для вибрационно-механического массажа позвоночника / Н. И. Гиниятуллин, М. Н. Гиниятуллин, Э. Х. Мусабилова.; заявл. 16.07.2008; опубл. 2009. – 2с.

25. Патент на изобр. №2308257. Способ лечения заболеваний позвоночника / Н. И. Гиниятуллин, М. Н. Гиниятуллин, В. Н. Круглов.; заявл. 27.07.2006; опубл. 2007. Бюл. №29. – 6с.

26. Патент на пром. обр. №57780. Аппарат для вибрационного массажа и дозированного вытяжения позвоночника / Н. И. Гиниятуллин, М. Н. Гиниятуллин.; заявл. 11.08.2004; опубл. 2005. Бюл. №9. – 2с.

27. Патент на изобр. №2299046. Устройство для вытяжения позвоночника / Н. И. Гиниятуллин, М. Н. Гиниятуллин.; заявл. 31.08.2005; опубл. 2007. Бюл. №14. – 6с.

28. Патент на пром. обр. №50412. Устройство для массажа и вытяжения позвоночника / Н. И. Гиниятуллин, М. Н. Гиниятуллин.; заявл. 08.09.2005; опубл. 2006. Бюл. №2. – 3с.

29. Патент на изобр. №2386428. Аппарат для вибрационно-механического массажа позвоночника / Н. И. Гиниятуллин, М. Н. Гиниятуллин, Т. И. Кулишова, Э. Х. Мусабилова, Д. В. Остапишин.; заявл. 23.09.2008; опубл. 2010. Бюл. №11. – 6с.

30. Патент на изобр. №2320165. Устройство для вибрационно-механического массажа позвоночника / Н. И. Гиниятуллин, М. Н. Гиниятуллин, Ю. Ф. Кузнецов, Э. Х. Мусабилова, А. С. Шагаев.; заявл. 14.01.2006; опубл. 2008. Бюл. №9. – 6с.

31. Патент на изобр. №2336069. Аппарат для вибрационно-механического массажа позвоночника / Н. И. Гиниятуллин, М. Н. Гиниятуллин, Ю. Ф. Кузнецов, Э. Х. Мусабилова, А. С. Шагаев.; заявл. 24.01.2007; опубл. 2008. Бюл. №29. – 6с.

32. Патент на изобр. №2465882. Устройство для подводного горизонтального вытяжения позвоночника / Н. И. Гиниятуллин, М. Н. Гиниятуллин, И. Я. Ахметов.; заявл. 15.02.2011; опубл. 2012. Бюл. №31. – 6с.

33. Патент на изобр. № 2549674. Устройство для механизированного массажа позвоночника / Н. И. Гиниятуллин, М. Н. Гиниятуллин.; заявл. 28.11.2013, опубл. 2015. Бюл. №12. – 4с.

34. Патент на изобр. №2512959. Механотерапевтическая установка для массажа и гравитационного вытяжения позвоночника / Н. И. Гиниятуллин, М. Н. Гиниятуллин, З. М. Гафаров.; заявл. 03.12.2012; опубл. 2014. Бюл. №10. – 6с.

35. Свид. о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016614782 Моделирование магнитных полей для систем постоянных магнитов механотерапевтических аппа-

ратов / Н.И. Гиниятуллин, В.И. Жулев, М.Б. Каплан. – Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 04.05. 2016 г.

Публикации в других изданиях:

36. Гиниятуллин Н. И. Анализ принципов построения волоконно-оптических датчиков / Н. И. Гиниятуллин // Датчики и преобразователи информации систем измерения, контроля и управления: сб. тезисов докл. Междунар. науч.-техн. конф. – М.: МГИЭМ, 2002. – С.41-46.

37. Гиниятуллин Н. И. Автоматизированная система для лечения болезней опорно-двигательного аппарата с применением тепло-вибро-релаксации и вытяжения / Н. И. Гиниятуллин, Д. Х. Юсупов, Л. Б. Новикова // Электрификации сельского хозяйства: межвуз. сб. науч. тр. – Вып.1. – Уфа: БГАУ, 1999. – С. 81-82.

38. Гиниятуллин Н. И. «ОРМЕД»: базовый инструмент реабилитационно-восстановительной вертеброневрологии / Н. И. Гиниятуллин // Медицинская газета.– 2002. – № 93-94. – С.5.

39. Гиниятуллин Н. И. Автоматизированный комплекс для вытяжения и вибрационного массажа позвоночника / Н. И. Гиниятуллин, М. Н. Гиниятуллин // Научно-практические разработки факультета электрификации и автоматизации, рекомендуемые для внедрения: межвуз. сб. науч. тр. – Уфа: БГАУ, 2004. – С.43-44.

40. Гиниятуллин Н. И. «ОРМЕД» – аналогов на рынке нет / Н. И. Гиниятуллин, М. Н. Гиниятуллин // Медицинский вестник. – 2001. – № 25. – С. 5.

41. Гиниятуллин Н. И. «ОРМЕД» – ключ к здоровью позвоночника / Н. И. Гиниятуллин, М. Н. Гиниятуллин // Медицинский вестник. – 2002. – № 29. – С. 4.

42. Гиниятуллин Н. И. «ОРМЕД-3М» – избавит позвоночник от проблем / Н. И. Гиниятуллин, М. Н. Гиниятуллин // Медицинский вестник. – 2003. – № 45. – С. 3-4

43. Гиниятуллин Н. И. Аппарат новых технологий для реабилитационно-восстановительной физиотерапии в оздоровлении позвоночника / Н. И. Гиниятуллин, М. Н. Гиниятуллин // Курортные ведомости. – 2004. – № 1. – С. 45-46.

44. Гиниятуллин Н. И. Новое слово в оздоровлении позвоночника / Н. И. Гиниятуллин, М. Н. Гиниятуллин // Физкультура в профилактике, лечении и реабилитации. – 2004. – № 3. – С. 33-34.

45. Гиниятуллин Н. И. Автоматизированная система для лечения больных с неврологическими проявлениями остеохондроза путем вытяжения позвоночника / Н. И. Гиниятуллин, М. Н. Гиниятуллин // Новые технологии восстановительной медицины и курортологии: тезисы докл. IX Междунар. симпозиума. – Марокко, Агадир: 2003. – С. 64-66.

46. Гиниятуллин Н. И. «ОРМЕД» – базовый инструмент современной реабилитационно-восстановительной физиотерапии, курортологии и вертеброневрологии / Н. И. Гиниятуллин, М. Н. Гиниятуллин // Новые технологии восстановительной медицины и курортологии: тезисы докл. IX Междунар. симпозиума. – Марокко, Агадир: 2003. – С. 67-68.

47. Гиниятуллин Н. И. Новая технология в оздоровлении позвоночника / Н. И. Гиниятуллин, М. Н. Гиниятуллин, В. Н. Круглов // Материалы второй национально-практической международной конф. – М.: 2005. – С. 45-46.

48. Гиниятуллин Н. И. Базовый аппарат современной физиотерапии и курортологии / Н. И. Гиниятуллин, М. Н. Гиниятуллин, Ю. Ф. Кузнецов, Д. Х. Юсупов // Здравница -2005: материалы Междунар. конгр. – М.:2005. – С. 41-43.

49. Гиниятуллин Н. И. «ОРМЕД» – новые технологии в оздоровлении позвоночника / Н. И. Гиниятуллин, М. Н. Гиниятуллин, Ю. Ф. Кузнецов // Восстановительная медицина и реабилитация 2005: сб. тезисов докл. Междунар. науч.-техн. конгр. – М., 2005. – С. 34-35.

50. Гиниятуллин Н. И. Многофункциональный фактор современной вертеброневрологии по оздоровлению позвоночника / Н. И. Гиниятуллин, М. Н. Гиниятуллин, Ю. Ф. Кузнецов // Медицинская газета.– 2005. – № 45. – С. 5.

51. Гиниятуллин Н. И. Применение комплексной методики дозированного вытяжения позвоночника и вибрационного массажа с помощью автоматизированного комплекса «ОРМЕД»: методическое руководство / Н. И. Гиниятуллин, А. В. Шакула, В. А. Широков, В. Н. Круглов, А. А. Гусейнов, Ю. Ф. Кузнецов. – М.: Российский научный центр восстановительной медицины и курортологии, 2005. – 20с.

52. Гиниятуллин Н. И. Уникальные возможности восстановительной медицины (для летчиков) / Н. И. Гиниятуллин, Ю. Ф. Кузнецов // Аэрокосмический курьер. – 2010. – №5. – С. 45-46

53. Гиниятуллин Н. И. Боли в спине: решение проблемы путем коррекции функционального состояния позвоночника на аппаратах серии «ОРМЕД» / Н. И. Гиниятуллин // Вестник физиотерапевта. – 2010. – № 2. – С. 20-23.
54. Гиниятуллин Н. И. Боль в спине: коррекция функционального состояния позвоночника на аппаратах серии «ОРМЕД»: методические рекомендации / Н. И. Гиниятуллин, М. Н. Гиниятуллин. – Уфа: УПК, 2010. – 12с.
55. Гиниятуллин Н. И. Инновационные технологии профилактики, лечения и реабилитации функций позвоночника у спортсменов высокой квалификации: методические рекомендации / Н. И. Гиниятуллин, М. Н. Гиниятуллин. – Уфа: УПК, 2010. – 12с.
56. Гиниятуллин Н. И. Боли в спине: методы решения проблемы на аппаратах серии «ОРМЕД» / Н. И. Гиниятуллин, М. Н. Гиниятуллин // Вісник фізіотерапевта. – Киев: 2010. – №4. – С. 12-16.
57. Гиниятуллин Н. И. «ОРМЕД» в Республике Беларусь: новые методы и новые технологии оздоровления позвоночника и коррекции осанки / Н. И. Гиниятуллин // Курортные ведомости. – 2008. – №1. – С. 72-73.
58. Гиниятуллин Н. И. «Боль в спине – проблема решаемая» Лечение и профилактика патологий позвоночника на аппаратах «ОРМЕД» / Н. И. Гиниятуллин, Е. В. Исаева, М. Н. Гиниятуллин // Специальный выпуск «МГ». – 2013. – №35. – С. 7-10.
59. Гиниятуллин Н. И. Механотерапия трех столетий как система лечения и реабилитации функций позвоночника и суставов / Н. И. Гиниятуллин, Е. В. Исаева, М. Н. Гиниятуллин // Медицинская газета. – 2013. – №88. – С. 5-6.
60. Гиниятуллин Н. И. Механотерапия, или как жить без боли в спине. Профилактика лечения и реабилитация позвоночника. / Н. И. Гиниятуллин, М. Н. Гиниятуллин // Специальный выпуск «МГ». – 2014. – №25. – С. 7-10.
61. Гиниятуллин Н. И. «ОРМЕД» – современный доктор по оздоровлению позвоночника / Н. И. Гиниятуллин // Курортные ведомости. – 2005. – №6. – С. 40-41.
62. Гиниятуллин Н. И. «ОРМЕД» – сочетанные методы оздоровления позвоночника и коррекции осанки в санаторно-курортном лечении / Н. И. Гиниятуллин // Курортные ведомости. – 2007. – №3. – С. 74-75
63. Гиниятуллин Н. И. Методы проведения подводного вытяжения позвоночника / Н. И. Гиниятуллин // Курортные ведомости. – 2013. – №3. – С. 56-57.
64. Гиниятуллин Н. И. Применение аппарата дозированного вытяжения позвоночника «ОРМЕД» в детской и подростковой практике / Н. И. Гиниятуллин, Ю. Ф. Кузнецов // Курортные ведомости. – 2008. – №3. – С. 52-54.
65. Гиниятуллин Н. И. Физиологические механизмы лечебного действия аппаратов серии «ОРМЕД» и комплексное использование их в оздоровлении позвоночника / Н. И. Гиниятуллин // Курортные ведомости. – 2009. – №1. – С. 56-57.
66. Гиниятуллин Н. И. «ОРМЕД»: вклад в здоровье позвоночника членов локомотивных бригад / Н. И. Гиниятуллин // Медицинская газета. – 2009. – №62. – С. 5-6.
67. Гиниятуллин Н. И. Осанку школьника исправит «ОРМЕД» / Н. И. Гиниятуллин // Медицинская газета. – 2009. – №62. – С. 6.
68. Гиниятуллин Н. И. «ОРМЕД» – базовый аппарат Центра здоровья по формированию здорового образа жизни / Н. И. Гиниятуллин // Медицинская газета. – 2009. – №74. – С. 4-5.
69. Гиниятуллин Н. И. Тractionная терапия на аппаратах «ОРМЕД»: лечебное воздействие при вытяжении позвоночника / Н. И. Гиниятуллин // Курортные ведомости. – 2012. – №6. – С. 46-47.
70. Гиниятуллин Н. И. Подводное вытяжение как щадящий метод оздоровления позвоночника / Н. И. Гиниятуллин // Курортные ведомости. – 2013. – №6. – С. 54-55.
71. Гиниятуллин Н. И. Аутогравитационное вытяжение позвоночника на «ОРМЕД – профилактик» – эффективный способ лечения болей в спине / Н. И. Гиниятуллин // Курортные ведомости. – 2013. – №2. – С. 50-51.
72. Гиниятуллин Н. И. Механотерапия трех столетий. Состояние и тенденции развития / Н. И. Гиниятуллин // Курортные ведомости. – 2014. – №3. – С. 40-42.
73. Гиниятуллин Н. И. Механотерапия трех столетий как система лечения и реабилитации функции позвоночника и суставов / Н. И. Гиниятуллин, Е. В. Исаева // Санаторно-курортные оснащения. – 2014. – №1. – С. 53-55.

74. Гиниятуллин Н. И. Физиологические механизмы аппаратного массажа и тракционной терапии в практике лечения заболеваний позвоночника / Н. И. Гиниятуллин, Е. В. Исаева, М. Н. Гиниятуллин // Курортные ведомости. – 2014. – №3. – С. 43-45.
75. Гиниятуллин Н. И. Физиологические механизмы лечебных эффектов, полученных в результате изменения механотерапевтических аппаратов серии «ОРМЕД» в комплексном лечении дистрофических заболеваний позвоночника / Н. И. Гиниятуллин, Ю. Ф. Кузнецов // Медицинский алфавит. – 2010. – №2. – С. 10-14.
76. Гиниятуллин Н. И. Применение механотерапевтического комплекса серии «ОРМЕД» для реабилитации, профилактики и лечения заболеваний позвоночника и суставов: клинические рекомендации для врачей / Н. И. Гиниятуллин, В. Д. Сидоров, М. А. Хан, Т. В. Кулишова, Н. Ф. Мирютова, О. В. Подгорная, С. В. Гавришев, Ю. Ф. Кузнецов / Под ред. Н.И. Гиниятуллина // – Москва: РНЦМРиК, 2014. – 110с.
77. Гиниятуллин Н. И. Лечение заболеваний позвоночника – дополнительный доход в условиях санатория / Н. И. Гиниятуллин, Е. В. Исаева, М. Н. Гиниятуллин // Курортные ведомости. – 2014. – №3. – С. 60-61.
78. Гиниятуллин Н. И. Инновационные технологии тракционной терапии / Н. И. Гиниятуллин // Вісник фізіотерапевта. – Киев: 2010. – №1. – С. 16-21.
79. Гиниятуллин Н. И. Промышленная медицина: как сохранить здоровье работающего населения / Н. И. Гиниятуллин // Промышленная экологическая безопасность, охрана труда. – 2014. – №11. – С. 44-45.
80. Гиниятуллин Н. И. Механотерапевтические аппараты в медицине труда / Н. И. Гиниятуллин, М. Н. Гиниятуллин, В. А. Сулейманова // Промышленная экологическая безопасность, охрана труда. – 2014. – №11. – С. 46-47.
81. Гиниятуллин Н. И. Подводное вытяжение щадящий метод оздоровления позвоночника / Н. И. Гиниятуллин // Курортные ведомости. – 2015. – №5. – С. 67-51.
82. Гиниятуллин Н. И. Методика проектирования автоматизированных аппаратов механотерапии позвоночника / Н. И. Гиниятуллин // Материалы конференции – биотехнические, медицинские и экологические системы и комплексы – 2015. – С. 3-15.
83. Гиниятуллин Н. И. Моделирование гидродинамических процессов в гидромассажных аппаратах механотерапии / Н. И. Гиниятуллин, М. Н. Гиниятуллин, Р. Р. Калимуллин // Материалы конференции – биотехнические, медицинские и экологические системы и комплексы – 2015 – С. 184-188.
84. Гиниятуллин Н. И. Оптимизация расположения магнитов магнитотерапевтической подсистемы механотерапевтического аппарата / Н. И. Гиниятуллин, Каплан М.Б. // Материалы конференции – биотехнические, медицинские и экологические системы и комплексы – 2015 – С. 191-193.
85. Гиниятуллин Н. И. Импортозамещение – оборудование «ОРМЕД» для профилактики, лечения реабилитации позвоночника / Н. И. Гиниятуллин, М.Н. Гиниятуллин, В.А. Сулейманова // Медицинский вестник. – 2016. №1. – С. 8-9.
86. Гиниятуллин Н. И. Боль в спине: проблема междисциплинарная решение механотерапевтическое / Н. И. Гиниятуллин // Курортные ведомости. – 2016. №1 – С. 94-96.
87. Гиниятуллин Н. И. Как открыть клинику платных услуг по реабилитации и лечению заболеваний позвоночника / Н. И. Гиниятуллин, М.Н. Гиниятуллин, В.А. Сулейманова // Специальный выпуск «МГ», – 2014. – № 88. – С. 1-4.
88. Гиниятуллин Н. И. Расчет точности изготовления волоконных дискретизирующих пучков / Н. И. Гиниятуллин, З. М. Хасанов, А.В. Рабчук // Оптико-механическая промышленность. – 1987. – №10. – С. 38-40.
89. Гиниятуллин Н. И. Медицинская реабилитация позвоночника: Как сохранить здоровье работающего населения без боли в спине / Н. И. Гиниятуллин, М.Н. Гиниятуллин // Специальный выпуск «МГ», – 2014. – № 71 – С. 1-4.
90. Гиниятуллин Н. И. «АКВА-релакс» – бесконтактный гидромассаж в санатории «Янган-Тау» / Н. И. Гиниятуллин, Л. М. Бадретдинова // Курортные ведомости. – 2011. – 5. – С. 54-55.

Г и н и я т у л л и н Н а и л ь И б а т о в и ч

**МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ПОСТРОЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ
АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ МЕХАНОТЕРАПИИ**

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Подписано в печать _____. Формат бумаги 60×84 1/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 2,0.

Тираж 120 экз. Заказ.

Рязанский государственный радиотехнический университет.

390005, г. Рязань, ул. Гагарина, 59/1.