



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа новых производственных технологий

Направление подготовки 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств

ООП/ОПОП Конструирование технологического оборудования

Отделение школы (НОЦ) машиностроение

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА МАГИСТРАНТА

Тема работы
Кровать-трансформер для людей с ограниченными функциями

УДК 684.422-182.7-056.24

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ11	Андрюков Егор Романович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Крауиньш Дмитрий Петрович	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Маланина Вероника Анатольевна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Антоневич Ольга Алексеевна	К.б.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП/ОПОП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бибик Владислав Леонидович	К.Т.Н.		

Томск – 2023 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

по основной образовательной программе подготовки магистров по направлению 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»,
профиль подготовки «Конструирование технологического оборудования»
ИШНПТ ТПУ, отделение машиностроения, руководитель ООП Бибик В. Л.

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен формулировать цели и задачи исследования в области конструкторско-технологической подготовки машиностроительных производств, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки исследований
ОПК(У)-2	Способен разрабатывать современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы
ОПК(У)-3	Способен использовать современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в научно-исследовательской деятельности
ОПК(У)-4	Способен подготавливать научно-технические отчеты и обзоры по результатам выполненных исследований и проектно-конструкторских работ в области машиностроения
ОПК(У)-5	Способен организовывать и осуществлять профессиональную подготовку по образовательным программам в области машиностроения

ОПК(У)-6	Способен разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые системы автоматизированного проектирования производственно-технологической документации машиностроительных производств
ОПК(У)-7	Способен организовывать подготовку заявок на изобретения и промышленные образцы в области конструкторско-технологической подготовки машиностроительных производств.
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки по отдельным разделам темы
ПК(У)-2	Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по тематике организации
ПК(У)-3	Способен осуществлять инструментальное обеспечение механосборочного цеха
ПК(У)-4	Способен разрабатывать архитектуры гибких производственных систем в машиностроении
ПК(У)-5	Способен автоматизировать и механизировать производственные процессы механосборочного производства
ПК(У)-6	Способен использовать современные психолого-педагогические теории и методы в профессиональной деятельности



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа новых производственных технологий

Направление подготовки 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств

ООП/ОПОП Конструирование технологического оборудования

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП/ОПОП

_____ Бибик В.Л.
(Подпись) (Дата) (ФИО)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
4НМ11	Андрюков Егор Романович

Тема работы:

Кровать-трансформер для людей с ограниченными функциями	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	37-49/с от 06.02.2023

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	21.05.23
--	----------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объект исследования: средства реабилитации для людей с ограниченными функциями. Предмет исследования: реабилитационная кровать-трансформер. Цель работы: изучение возможностей кровати-трансформера с ограниченными функциями, модификация созданного ранее прототипа для улучшения качества реабилитации.
Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке	Обзор литературы: общие сведения об объекте исследования, обзор российских и зарубежных аналогов, рассмотрение заболеваний людей с ограниченными функциями, выявление требований к средствам реабилитации. Основная часть: изучение прототипа, создание 3D-модели, выполнение расчетов.

Перечень графического материала:	3D-модель установки.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Маланина Вероника Анатольевна
Социальная ответственность	Антоневич Ольга Алексеевна
Английский язык	Тайдонова Светлана Сергеевна Полякова Наталья Владимировна
Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:	
Обзор литературы	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	06.02.2023
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Крауиньш Дмитрий Петрович	К.т.н.		

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ11	Андрюков Егор Романович		



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств
ООП/ОПОП Конструирование технологического оборудования
Отделение школы (НОЦ) Отделение машиностроения
Период выполнения с 06.02.2023 по 21.05.2023

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Обучающийся:

Группа	ФИО
4НМ11	Андрюков Егор Романович

Тема работы:

Кровать-трансформер для людей с ограниченными функциями

Срок сдачи обучающимся выполненной работы	21.05.2023
---	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
30.04.2023	Основная часть	60
21.05.2023	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	25
21.05.2023	Социальная ответственность	15

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Крауиньш Дмитрий Петрович	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП/ОПОП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бибик Владислав Леонидович	к.т.н.		

Обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ11	Андрюков Егор Романович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 99 страниц, 52 рисунка, 18 таблиц, 33 используемых источника, 1 приложение.

Ключевые слова: кровать, тренажер, медицинское оборудование, медицина, реабилитация.

Объектом исследования является медицинская автоматизированная кровать-трансформер.

Цель работы: изучение возможностей кровати-трансформера для людей с ограниченными функциями.

В ходе работы проводились аналитический обзор литературы, поиск российских и зарубежных аналогов, разработка 3D-модели тренажера голеностопного сустава и модификация прототипа медицинской кровати, статический анализ прочности модели.

В результате исследований созданы объемные модели установки, проведен прочностной расчет, получены эпюры напряжений, перемещений, деформации и предела прочности.

Основные конструкционные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: медицинская автоматизированная кровать-трансформер с электроприводами.

Область применения: медицина, реабилитация.

Экономическая эффективность/значимость работы определена путем оценки научно-технического уровня исследования.

Оглавление

Реферат	7
Введение.....	11
1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	13
1.1. История возникновения объекта исследования.....	13
1.2. Современная конструкция и особенности объекта исследования.....	15
1.3. Обзор рынка современных медицинских кроватей.....	19
1.4. Проблемы голеностопного сустава	24
1.5. Заболевания голеностопного сустава, подлежащие реабилитации.....	26
1.6. Задачи реабилитации голеностопного сустава	28
2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ	33
2.1 Определение задачи исследования	33
2.2 3D-модель тренажера голеностопного сустава.....	35
2.3 Конструкция и принцип работы тренажера	36
2.4 Вариант кровати для тренировки голеностопа	46
2.5 Статический расчет.....	48
3. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	52
3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	52
3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	52
3.1.2 Анализ конкурентных технических решений	54
3.1.3 SWOT-анализ.....	58
3.2 Планирование научно-исследовательских работ	61
3.2.1 Структура предполагаемых работ в рамках НИ.....	61

3.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ	63
3.3.	Бюджет научно-технических работ (НТИ).....	65
3.3.1	Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ	65
3.3.2	Основная заработная плата	65
3.3.3	Дополнительная заработная плата исполнителей работ	66
3.3.4	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	67
3.3.5	Формирование бюджета затрат НИР	68
3.4	Определение ресурсоэффективности исследования	68
	Выводы по разделу	69
4.	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	72
	Введение.....	72
4.1	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	72
4.1.1	Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы законодательства	72
4.1.2	Организационные мероприятия по компоновке рабочей зоны	73
4.2	Производственная безопасность	74
4.3	Анализ опасных и вредных производственных факторов, выявленных при проектировании объекта	75
4.3.1	Отсутствие или недостаток необходимого освещения.....	75
4.3.1.1	Расчет освещения в больничной палате	76
4.3.2	Повышенный уровень шума	77
4.3.3	Аномальные микроклиматические параметры воздушной среды	78
4.3.4	Факторы, связанные с электрическим током.....	79
4.4	Экологическая безопасность	79
4.5	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	81
	Выводы по разделу	82

Заключение	84
Список используемых источников.....	85

Введение

Проблемы и заболевания, связанные с костно-мышечной системой, представляют собой более множество нарушений здоровья, которые воздействуют на наш опорно-двигательный аппарат. Они охватывают широкий спектр состояний – от острых и кратковременных случаев, таких как переломы, растяжения и вывихи, до хронических состояний, сопровождающихся постоянным ухудшением функциональных возможностей и инвалидностью. Это также является основной причиной, определяющей глобальную потребность в реабилитационных услугах. Нарушения и заболевания костно-мышечной системы являются основным фактором, приводящим к необходимости таких услуг для детей, и примерно две трети взрослого населения, требующего реабилитации, страдают от проблем, связанных с костно-мышечной системой.

На данный момент в мире существует примерно 2,5 тысячи различных видов технических средств для реабилитации. Однако в Российской Федерации производится всего около 300 видов таких реабилитационных устройств. Процесс реабилитации с использованием специализированных медицинских аппаратов является долгим и требует значительных усилий, но он способен существенно ускорить восстановление пациента.

Использование современных технических средств в реабилитационном процессе способствует эффективному и раннему возвращению больных и инвалидов к трудовым и повседневным активностям, обществу, а также помогает восстановлению личностных качеств, духовного и психологического благополучия человека.

Целью работы является изучение возможностей кровати-трансформера для людей с ограниченными возможностями как многофункционального реабилитационного устройства, и её дальнейшая модификация. Для достижения цели выполняется литературный обзор, анализ аналогов для определения задач исследования, изучение прототипа медицинской кровати и

его модификация, создание объемной 3D-модели в программном комплексе SolidWorks.

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. История возникновения объекта исследования

Медицинская кровать – это специализированная кровать, предназначенная для использования как в медицинских учреждениях, таких как больницы, клиники, реабилитационные центры, так и в домашних условиях. Она имеет особые функциональные возможности и конструктивные особенности, которые позволяют обеспечить максимальный комфорт и безопасность пациентов, а также облегчить работу медицинского персонала.

В настоящее время рынок медицинских кроватей наполнен различными моделями, сочетающих в себе удобство и функциональность, оснащенных различными приспособлениями для повышения комфорта пациента. Однако, до X-XI веков не существовало даже такого понятия, как «медицинская кровать». Тогда, при необходимости транспортировки пациентов применяли, разве что, носилки, впоследствии и ставшие прототипом современных медицинских кроватей.

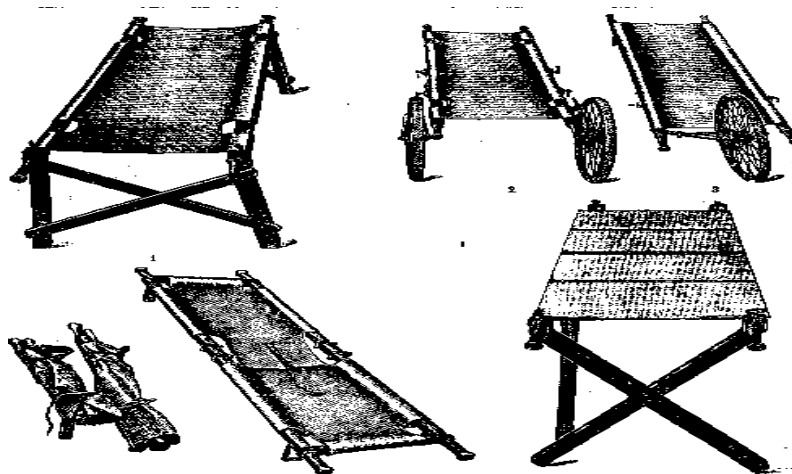


Рис. 1 – Традиционные носилки

Позднее, в XIX веке, в Англии, носилки преобразовались в «паланкины». Отличием последних был крытый верх, позволяющий укрыть человека от глаз сторонних наблюдателей. Носилки не являлись как таковой медицинской кроватью, так как служили для перемещения больных, а не для их комфорта. Примерно в это же время появились первые кровати с боковым ограждением.



Рис. 2 – Паланкин

Создателем первой медицинской кровати в современном её представлении считается доктор Уиллис Дью Гатч, преподававший в Медицинском Университете Индианы. В начале XX века его трехсекционные кровати, оснащенные механическим приводом и позволявшие регулировать положение пациента, стали распространяться по европейским клиникам. Его кровать задавала новый стандарт комфорта и удобства ухода за больными, постепенно вытеснив традиционные медицинские койки.

В 1945 году доктором Марвелом Дарлингтоном Бимом была создана первая медицинская кровать с электроприводом и встроенным туалетом. Кроме того, теперь она имела множество функций, посредством которых больной мог самостоятельно совершать необходимые гигиенические и бытовые действия. Например, он был в силах поднять голову и ноги нажатием на кнопку, без необходимости привлечения медицинского персонала, умыться при помощи встроенной в кровать раковины с водой. Также кровать оснащалась специальной панелью с пультом управления дверями и жалюзи. С его помощью также можно было подобрать оптимальное освещение и вызвать персонал. Такая конструкция во многом походила на современную, оптимально подходящую для всех медицинских процедур и полноценного отдыха кровать [10].

1.2. Современная конструкция и особенности объекта исследования

Современные медицинские кровати имеют конструкцию, включающую несколько секций, которые могут изменять угол наклона. Многосекционный дизайн кровати позволяет пациентам принимать полусидячее положение, с приподнятыми под углом 45-60 градусов плечами, известное как положение Фаулера. Доктор Джордж Райерсон Фаулер, американский хирург, в честь которого и была названа эта позиция, доказал её положительное влияние на здоровье и общее состояние пациента. В положении Фаулера снижается напряжение в брюшной полости пациента, ускоряется процесс восстановления легких и улучшается его самочувствие в целом [2].



Рис. 3 – Позиция Фаулера

Положение Тренделенбурга – особое положение, в котором располагаются пациенты, перенесшие хирургические вмешательства в области таза. В таком положении тазобедренная часть поднята, а тело находится головой вниз под углом 30-40 градусов. Считается, что данная поза способствует притоку крови к мозгу, сердцу и почкам, что необходимо в случае, кровь с трудом циркулирует в организме человека, что может привести к потере сознания или геморрагическому шоку. Создание позиции Тренделенбурга приписывают Фридриху Тренделенбургу, немецкому хирургу XIX века [3].



Рис. 4 – Положение Тренделенбурга

Главная характеристика медицинской функциональной кровати – количество секций. Их может быть от одной до четырёх, соответственно, максимальное количество секций позволит более гибко и индивидуально подбирать наклон поверхностей кровати и обеспечивать наибольший комфорт и возможность проведения медицинских манипуляций, однако цена в данном случае возрастает с увеличением количества секций.

Кровать с одной секцией позволяет поднимать голову и плечи пациента, что предотвращает проблемы с дыхательными путями, обеспечивает комфортный прием пищи и избавляет от болей в шейном отделе позвоночника.

Если же кровать оснащена двумя секциями, то это позволяет изменять положение не только головы и плеч, но и ног, что особенно важно при наличии травм нижних конечностей у пациента.

В свою очередь, кровать с тремя или четырьмя секциями позволяет контролировать положение тела в тазовой области.

Существуют различные механизмы регулировки кровати, которые существенно влияют на ее стоимость. Наиболее простой, доступный по цене и надежный тип регулировки – механический. Он может включать в себя регулировочные винты, при которых положение секции регулируется вручную, или механический привод, позволяющий регулировать высоту секции кровати вращением рукоятки.

Современные медицинские кровати обычно оснащены более удобным и современным типом регулировки - электрическим. Он представляет собой

электропривод, который управляется с помощью пульта дистанционного управления. Большинство моделей медицинских кроватей используют именно этот тип регулировки. Также существуют такие разновидности регулирующих механизмов кроватей, как пневматический и гидравлический. Управление их работой осуществляется при помощи пневмопружины или гидропривода соответственно [4].

Далее рассмотрены различные типы механических передач, которые используются в медицинских кроватях с ручным управлением. Одним из таких типов являются кровати с пневматической передачей. Пневматическая передача - это совокупность элементов, которые приводят устройства в движение с помощью энергии сжатого воздуха. Конструкция кровати с пневматической передачей основана на использовании пневмопружины, которая позволяет изменять угол наклона различных секций кровати. Пневмопружина представляет собой пружину, упругим элементом которой является газ, находящийся в цилиндре и сжимающийся под давлением поршня.



Рис. 5 – Медицинская кровать с пневматической передачей

Для медицинских кроватей с ручным управлением применяются различные типы зубчатых передач, такие как червячная передача, реечная передача, цилиндрические передача и т.д.

Червячная передача обеспечивает механическую передачу движения через зацепление червяка с колесом, которое движется при помощи вращения рукоятки.

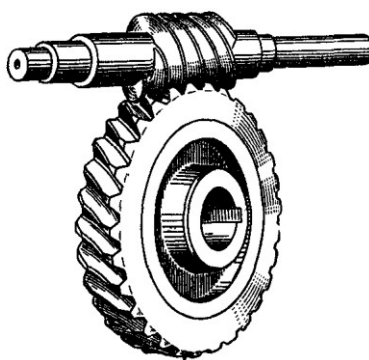


Рис. 6 – Червячная передача

Механическая передача типа рейка-шестерня преобразует вращательное движение шестерни в поступательное движение рейки. При ручном управлении движение на шестерню также передается через рукоятку.



Рис. 7 – Реечная передача

Цилиндрические передачи состоят из двух основных элементов - шестерни и колеса. При такой передаче импульс движения передается на шестерню, что позволяет повысить момент силы, передаваемый на колесо.



Рис. 8 – Цилиндрическая передача

На рисунке 9 представлен пример медицинской кровати с ручным управлением и механическим приводом.



Рис. 9 – Медицинская кровать с механическим приводом

1.3. Обзор рынка современных медицинских кроватей

В настоящее время предлагается большое количество кроватей как отечественных, так и зарубежных производителей. Для того, чтобы представлять, какие функциональные и конструктивные особенности имеет современная медицинская функциональная кровать, рассмотрим некоторые модели, представленные на российском и зарубежном рынке медицинского оборудования. Это позволит проанализировать информацию и сделать выводы о том, какой должна быть конкурентоспособная, универсальная и удобная для пользователя кровать.

Кровати MET

MET – российская компания, разрабатывающая решения для ухода и восстановительной терапии в домашних условиях. Одним из ведущих направлений работы компании являются медицинские функциональные кровати. Компания MET в своих кроватях объединяет полноценный медицинский функционал с уютным домашним видом. Такой подход к реабилитации позволяет не только облегчить, но и ускорить выздоровление.

На рисунке 10 представлена медицинская многофункциональная кровать MET TERNA.

Кровать 4-х секционная, с электрическим приводом для регулировки высоты, спинной и тазобедренной (ножной) секции и углов TR/ATR, с пультом управления. Главная особенность данной модели - она практически неотличима от простых домашних кроватей и имеет ортопедическое ложе из лёгких металлических ламелей в коричневой эмали, обеспечивающих оптимальное распределение веса и дополнительный ортопедический эффект.

Кровати TERNA обладают функцией поднятых секций и наклонного ложа, высотой от 39 до 80 см. Это позволяет им принимать медицинское положение "кардиокресло", которое является неотъемлемым элементом терапии различных кардиологических заболеваний и послеинфарктной реабилитации. В дополнение к медицинским преимуществам в области кардиологии, кровати TERNA обеспечивают максимально комфортное положение для пациента во время расслабленного бодрствования в течение дня [5].



Рис. 10 – Медицинская кровать MET Terna

Кровати Burmeister

Компания Burmeister является лидирующим производителем медицинских кроватей для домашнего ухода на рынке Германии. Благодаря высокому стандарту качества и безопасности, изделия Burmeister пользуются всемирной известностью. По заявлению производителя, основная цель –

сделать уход на дому максимально простым и приятным для людей, и содействовать независимости и мобильности.

На рисунке 11 представлена кровать медицинская электрическая Burmeier Dali Low Entry Econ. Стальная рама кровати обеспечивает надежность и прочность конструкции, рассчитанной на долгие годы службы при рабочей нагрузке до 185 кг. Деревянные панели изголовья и изножья, а также все металлические детали имеют закругленные углы и края, которые создают безопасные условия для использования. Положение секций изменяется с помощью проводного пульта. Использовать пульт может как пациент, так и ухаживающие за ним люди. Медицинский персонал имеет возможность заблокировать пульт, если на это есть причины, связанные с плохим клиническим состоянием пациента.

Управление простое, так как кнопки на пульте имеют объясняющие схематичные изображения. Пульт может размещаться на кровати с помощью гибкого крючка. Высота ложа Dali Econ Low Entry регулируется в диапазоне 23-63 см. Матрасное основание разделено на четыре секции: головная, закрепленная средняя, тазобедренная и ножная. Головная секция может регулироваться с помощью электродвигателей [6].



Рис. 11 – Медицинская кровать Burmeier Dali Low Entry Econ

Кровати МЕГИ

Медицинская мебель – основа ассортимента продукции, производимой российской компанией «МЕГИ». Компания за 27 лет работы зарекомендовала себя как один из ведущих производителей качественной медицинской мебели.

На рисунке 12 представлена кровать медицинская функциональная 4-секционная МЕГИ МСК-3145 с гидроприводом и пневмопружинами. Предназначена для осуществления больничного и функционального ухода за пациентами во всех отделениях стационаров лечебно-профилактических учреждений. Регулировка высоты кровати на гидроприводе существенно облегчают работу медицинского персонала. Регулировки Тренделенбург/Антитренделенбург и наклонов секций на пневмопружинах, а также пластиковое подматрасное ложе создают более комфортные условия размещения пациентов на кровати. Атравматические спинки и боковые ограждения эргономичной формы из прочного пластика, широкий выбор дополнительного оборудования обеспечивают условия большей эксплуатационной безопасности кровати, а также создают персоналу уникальные возможности по оказанию квалифицированной помощи и более качественного ухода за больными [7].



Рис. 12 – Медицинская кровать МЕГИ МСК-3145

Кровати NOVOKOM

Мебель от компании NOVOKOM соответствует требованиям данного сегмента рынка и доступна каждому. Качество исполнения и дизайн

предоставляют медицинскому персоналу комфортные условия для помощи больным. Оборудование производства данной компании соответствует европейским стандартам и при этом обладает демократичной ценой.

Медицинская функциональная механическая кровать Е-8 ММ-2024Д-00 для лежачих больных с винтовым приводом регулировки секций представлена на рисунке 13. Винтовая регулировка секций дает возможность изменять положение больного практически без усилий: до 3 кг при 100-килограммовом весе пациента. Кровать NOVOKOM имеет 4 секции и оснащена винтовым (механическим) приводом для регулировки угла наклона спинной и ножной секций. Основание кровати выполнено из прочной стали и покрыто ударопрочной эпоксидной эмалью. Спинки головы и ног, а также угловые бампера, являются съемными для удобства использования. Кроватные колеса изготовлены из высокопрочной стали, обеспечивая долговечность, и оснащены индивидуальными тормозами для безопасности и удобства перемещения [8].



Рис. 13 – Медицинская кровать NOVOKOM Е-8 ММ-2024Д-00

После исследования предложений медицинских кроватей на российском и международном рынках можно отметить, что у них есть общие характеристики. В большинстве моделей предусмотрены как механическое, так и автоматическое регулирование. Кровати обычно оснащены ортопедическим матрасом, колесиками для удобства перемещения, съемными спинками, боковыми ограждениями и дополнительной стойкой для безопасности. Они созданы с учетом безопасности использования, с закругленными углами и краями. Кровати разделены на секции, которые могут регулироваться по высоте, углу наклона спинной и тазобедренной секций, а также секций ног. Некоторые модели также имеют выдвижные ножки, которые позволяют использовать кровать как массажный стол. Некоторые модели обладают автоматическим подъемным механизмом, а в тазобедренной секции есть отверстие для удобства опорожнения.

1.4. Проблемы голеностопного сустава

Голеностопный сустав – это соединение между голенью и стопой человека. Оно состоит из трех костей: большой и малой берцовых костей, а также лодыжки, которая соединяет их между собой.

Голеностопный сустав позволяет человеку выполнять разнообразные движения, такие как ходьба, бег, прыжки и другие. Он также обеспечивает поддержку тела и амортизацию при ходьбе и беге.

Вокруг голеностопного сустава расположены множество мышц, сухожилий и связок, которые обеспечивают его стабильность и поддерживают его функциональность. Однако, из-за большой нагрузки, которую голеностопный сустав получает во время физической активности, он подвержен травмам и различным заболеваниям, таким как растяжения, вывихи, остеоартрит и другие.



Рис. 14 – Строение голеностопного сустава

Повреждения голеностопного сустава являются причиной 10,2-26,1% всех травм опорно-двигательной системы. Даже при качественном лечении такие травмы могут привести к инвалидности в 3-12% случаев. Более половины переломов и вывихов голеностопного сустава происходят в молодом возрасте, когда сохранение трудоспособности является важным аспектом. Эти типы травм относятся к серьезным повреждениям опорно-двигательной системы [12].

Пациентам необходимо продолжать реабилитацию в течение нескольких месяцев, так как иммобилизация может привести к ограничению движения ступни. Необходим индивидуальный подход к каждому пациенту для восстановления функций сустава. Обычно этот процесс проходит под контролем врача-реабилитолога и занимает продолжительное время. Массаж, физиопроцедуры и лечебная физкультура являются частями реабилитационной программы и направлены на укрепление мышц и связок, улучшение обменных процессов в тканях, нормализацию кровообращения и восстановление функций поврежденного сустава. Данные методы требуют присутствия медицинского персонала, а также временных и финансовых затрат как со стороны пациента, так и со стороны системы здравоохранения.

Травмы голеностопного сустава представляют серьезную проблему и являются наиболее распространенными среди всех травм нижних конечностей. Несмотря на то, что травматологи по всему миру уделяют особое внимание этой проблеме, лечение повреждений голеностопного сустава до сих

пор вызывает сложности. Это связано с трудностями в лечении, частыми осложнениями и не всегда положительными результатами, которые наблюдаются у более чем трети пациентов. После консервативного лечения удовлетворительные результаты достигаются только в 2-37% случаев, а после оперативного лечения – в 4-39% [12].

1.5. Заболевания голеностопного сустава, подлежащие реабилитации

Травмы голеностопного сустава могут быть различными и затрагивать различные его части, включая кости, связки, мышцы и нервы.

Воспаление, артриты могут возникать при травмах, инфекционных заболеваниях и нарушении функционирования иммунной системы организма. Сюда относят тендинит, являющийся воспалением ахиллового сухожилия.

Артроз голеностопного сустава - это хроническое заболевание, которое характеризуется постепенным разрушением хрящевой и костной ткани. Оно чаще всего встречается у людей пожилого возраста и может стать одной из главных причин инвалидизации у пациентов старше 70 лет. Когда голеностопный сустав разрушен, он теряет свою подвижность, что приводит к сильной боли.

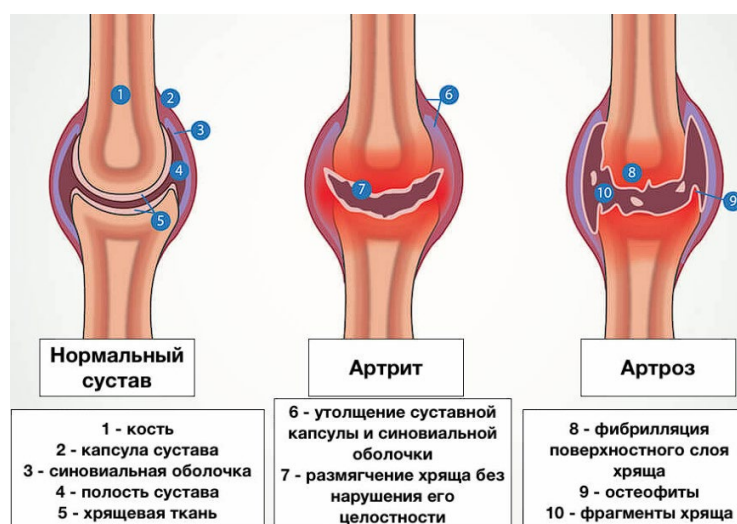


Рис. 15 – Развитие остеоартроза

Парез стопы, также известный как «конская стопа», представляет собой состояние, характеризующееся сильно выраженной слабостью мышц голени и стопы.

В результате этого дефекта стопа не поднимается полностью, что приводит к волочению или шлепанию стопы при ходьбе. Парез стопы не является самостоятельным заболеванием, а скорее является признаком патологии в нервной, мышечной или костной структуре. Парез стопы может проявляться как одно- так и двустороннее нарушение [13].

В зависимости от степени нарушения функции мышц выделяются пять стадий заболевания:

1. Легкая стадия: в этом случае сохраняется около 75% здоровой мышечной ткани от общего объема. Пациент способен двигать стопу в полной амплитуде при действии силы тяжести и незначительном сопротивлении.
2. Умеренная стадия: здесь остается около 50% здоровой мышечной ткани. Стопа может двигаться в полной амплитуде при воздействии силы тяжести.
3. Выраженная стадия: объем здоровой мышечной ткани составляет примерно 25% от общего. Движение стопы возможно только при разгрузке.
4. Грубая стадия: в этой стадии остается лишь 10% здоровой мышечной ткани. Пациент ощущает напряжение при попытке сдвинуть стопу.
5. Паралич: характеризуется полным отсутствием здоровой мышечной ткани. Пациент не ощущает ничего при попытке двигать стопой.

Среди причин, которые могут привести к парезу стопы, выделяют: грыжу межпозвоночных дисков; повреждение нервов; травмы и заболевания спинного и головного мозга; генетические патологии нервной системы.



Рис. 16 – Парез стопы

Остеохондроз, межпозвонковые грыжи и разного рода радикулиты также часто становятся причиной патологий голеностопного сустава. Искривление позвоночника становится причиной того, что на ноги идет неодинаковая нагрузка. Возможно их возникновение и вследствие ущемления седалищного нерва [14].

1.6. Задачи реабилитации голеностопного сустава

Основные цели реабилитации голеностопного сустава в период восстановления включают следующее:

1. Восстановление мышц и сосудов: реабилитация направлена на противодействие процессам атрофии мышц и деструктивных изменений в сосудах.
2. Восстановление подвижности сустава: целью является возвращение голеностопному суставу его нормальной подвижности.
3. Предотвращение застоя жидкости: реабилитация направлена на предотвращение задержки жидкости в восстанавливаемой конечности.
4. Увеличение двигательной активности сустава: целью является постепенное повышение двигательной активности голеностопного сустава.

На ранних этапах реабилитации рекомендуется выполнять простые движения стопой в малом диапазоне и с медленным темпом. Это включает подошвенное и тыльное сгибание, а также пронацию и супинацию.

Постепенно, после подтверждения улучшения двигательных функций голеностопа специалистом-реабилитологом, можно увеличивать диапазон движений.

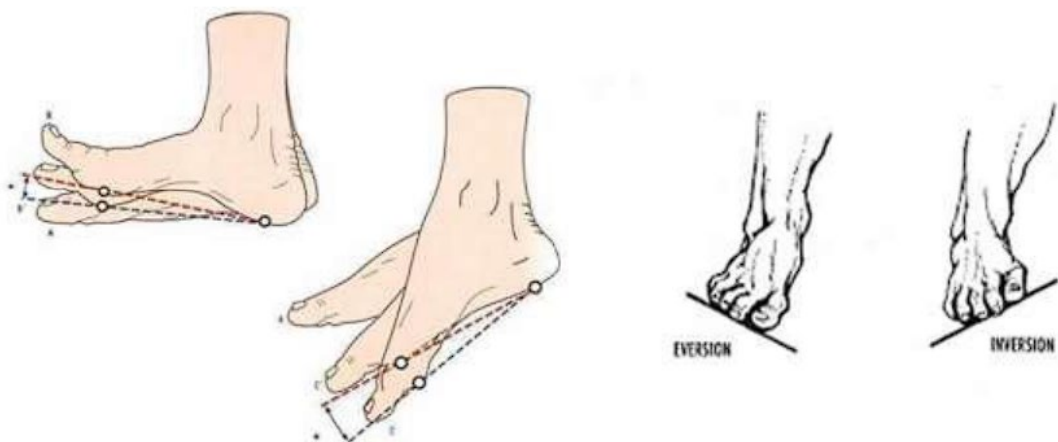


Рис. 17 – Упражнения для ранних этапов реабилитации

Все лечебно-реабилитационные мероприятия определяются тяжестью перенесенной травмы, а также индивидуальными особенностями больного. Очень важно подавать нагрузку на голеностопный сустав постепенно. Упражнения показаны на рисунках 17 и 18.

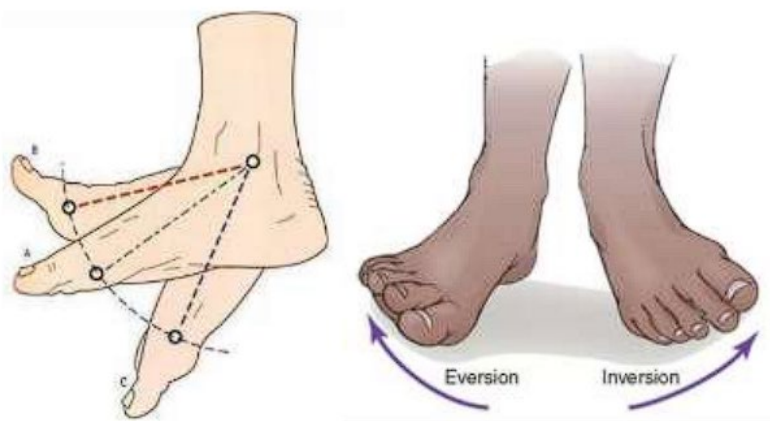


Рис. 18 – Упражнения для заключительного этапа реабилитации

На заключительном этапе восстановления голеностопного сустава рекомендуется постепенно комбинировать движения, выполняя круговые движения стопой. В то же время продолжают упражнения, описанные на предыдущих этапах, но уже с более широкими углами поворота.

Постепенно увеличивается диапазон движений, пока голеностоп не сможет выполнять движения в нормальных привычных диапазонах [15,16]. Нормальные диапазоны движения голеностопа зависят от каждого конкретного пациента, они представлены на рисунке 19 [17].

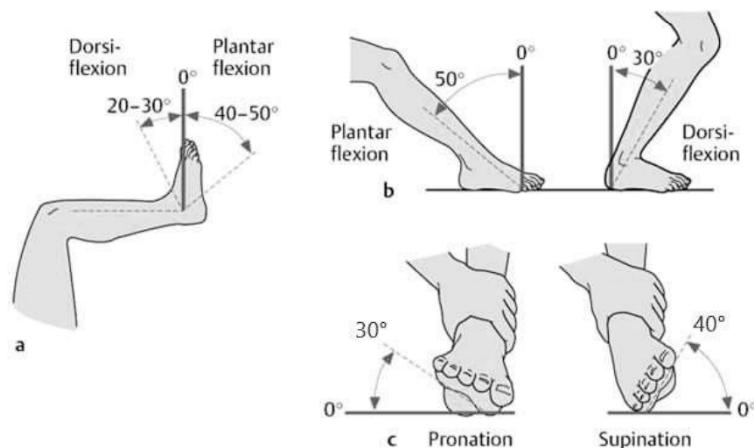


Рис. 19 – Диапазон движений здорового голеностопа

Сейчас существует широкий спектр аппаратов для механотерапии, которые могут быть классифицированы по различным признакам. Одна из подгрупп таких аппаратов - тренажеры, которые позволяют контролировать и дозировать физические нагрузки при выполнении разнообразных упражнений.

Тренажеры для механотерапии обычно представляют собой специальные устройства или аппараты, разработанные для определенных целей восстановления или развития определенных групп мышц и суставов. Они обеспечивают контроль над уровнем нагрузки, скоростью и амплитудой движений, что позволяет адаптировать тренировки к индивидуальным потребностям пациента [9].



Рис. 20 – Реабилитационный аппарат ОРМЕД FLEX 02

Аппараты активного и пассивного действия представляют разные подходы к механотерапии, основанные на участии пациента и использовании электродвигателей для создания движений.

Аппараты активного действия позволяют пациенту самостоятельно совершать движения стопы, используя собственные физические усилия. Эти устройства могут быть блочными, рычажными и другими механизмами, которые активируются пациентом.

Аппараты пассивного действия, напротив, предусматривают, что движения будут совершаться исполнительными механизмами, приводимыми в движение с помощью электродвигателей. Они имеют электроприводы, которые могут быть вращательными или поступательными. Важным элементом этих аппаратов является система управления электроприводами. Выбор между аппаратами активного и пассивного действия зависит от конкретных потребностей пациента, его физических возможностей и целей реабилитации [17].

На основании проведенного анализа разработок в области медицинской мебели для реабилитации и проблем, связанных с работой голеностопного сустава были сформулированы такие задачи работы, как модернизация ранее разработанного прототипа медицинской кровати-трансформера для реабилитации неходячих больных с учетом высокой частоты у них дисфункции именно голеностопного сустава, интеграция в прототип

специализированного тренажера для тренировки голеностопного сустава. Такой аппарат имеет высокую актуальность в области реабилитации.

Путем управления углами наклона стопы и точным позиционированием ее с помощью специального аппарата, можно добиться более эффективной реабилитации. Это позволяет контролировать и настраивать движения в соответствии с требованиями лечения, например, для восстановления диапазона движения, укрепления мышц или улучшения функциональной подвижности сустава.

Использование специализированного аппарата для механотерапии позволяет достичь более быстрых и качественных результатов в реабилитации, поскольку он обеспечивает точность и контроль в проведении необходимых движений. Кроме того, такие аппараты могут быть настроены на индивидуальные потребности и возможности каждого пациента, что способствует более персонализированному и эффективному подходу к восстановлению голеностопного сустава [12].

2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Определение задачи исследования

Ранее был разработан прототип медицинской кровати-трансформера. Данная кровать имеет возможность придавать пациенту горизонтальное, сидячее и вертикальное положение, подниматься в положение массажного стола. Конструкция кровати представлена на рисунках ниже [1].

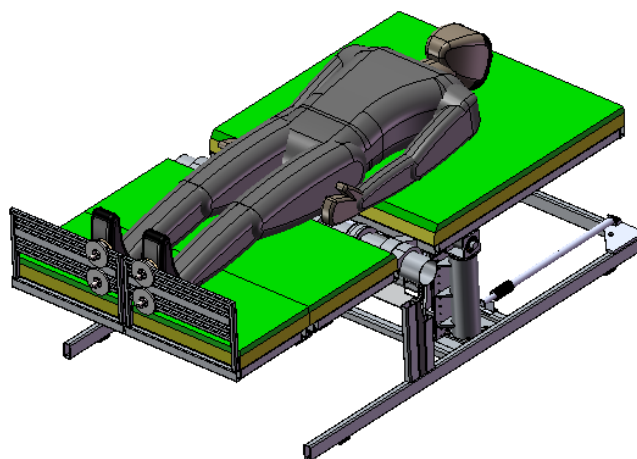


Рис. 21 – Положение лёжа

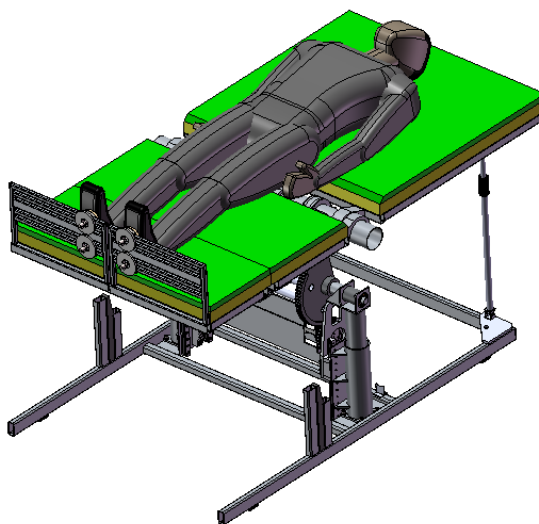


Рис. 22 – Положение массажного стола

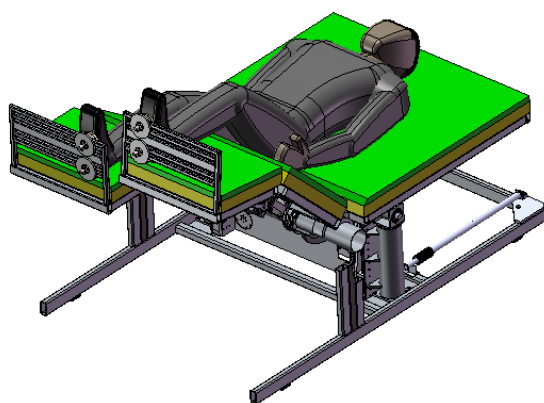


Рис. 23 – Положение тренажера ног

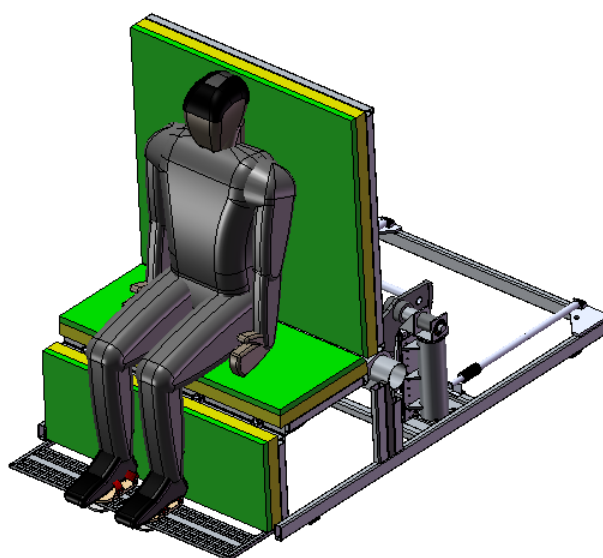


Рис. 24 – Положение сидя

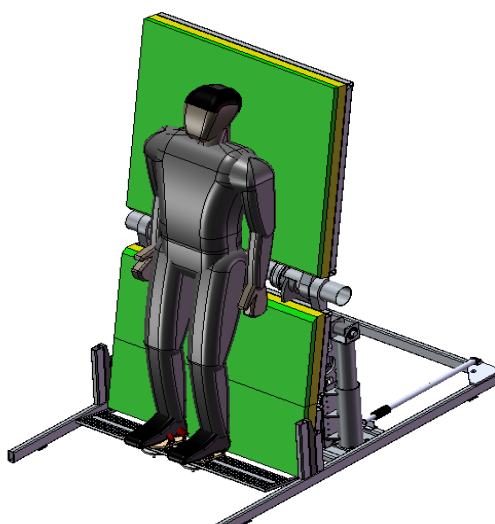


Рис. 25 – Вертикальное положение

В данной реализации кровати, позиционирующей себя помимо всего прочего, как тренажер, как и в других рассмотренных в предыдущем разделе аналогах, есть функция тренировки ног по отдельности, но отсутствует возможность тренировки голеностопа. А мы пришли к выводу, что травмы и дисфункции голеностопного сустава занимают значительную долю среди всех инвалидизаций больных с ограниченными функциями.

Поэтому для дальнейшей модификации кровати-трансформера был выбран вектор развития именно возможности тренировки голеностопного сустава с целью его последующей реабилитации.

Проектируемый тренажер должен обладать следующим функционалом:

1. Осуществлять подошвенное и тыльное сгибание стопы в диапазоне $0...40-50^{\circ}$;
2. Осуществлять выворачивание стопы во внутреннюю и внешнюю сторону (пронация и супинация) в диапазоне $0...20-30^{\circ}$;
3. Иметь возможность регулировки положения стопы для индивидуальной настройки под пациента;
4. Иметь возможность разведения ног пациента в стороны.

2.2 3D-модель тренажера голеностопного сустава

В соответствии с техническим заданием, была разработана и смоделирована модель тренажера в программном комплексе SolidWorks. В тренажере предусмотрено несколько режимов работы: подошвенное и тыльное сгибание, пронация и супинация, поворот стопы. В тренажере предусмотрено несколько режимов работы: подошвенное и тыльное сгибание, пронация и супинация, поворот стопы. 3D-модель тренажера представлена на следующем рисунке.

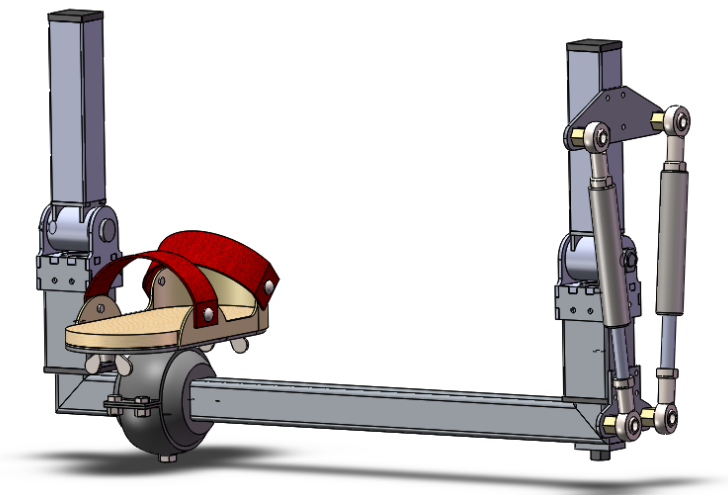


Рис. 26 – Тренажер голеностопа

Тренажер был прикреплен к имеющейся модели кровати-трансформера, взамен расположенных на ней неподвижных упоров для стоп. Для того, чтобы избежать столкновения компонентов установки при движении изножья, ширина голенной части была уменьшена.

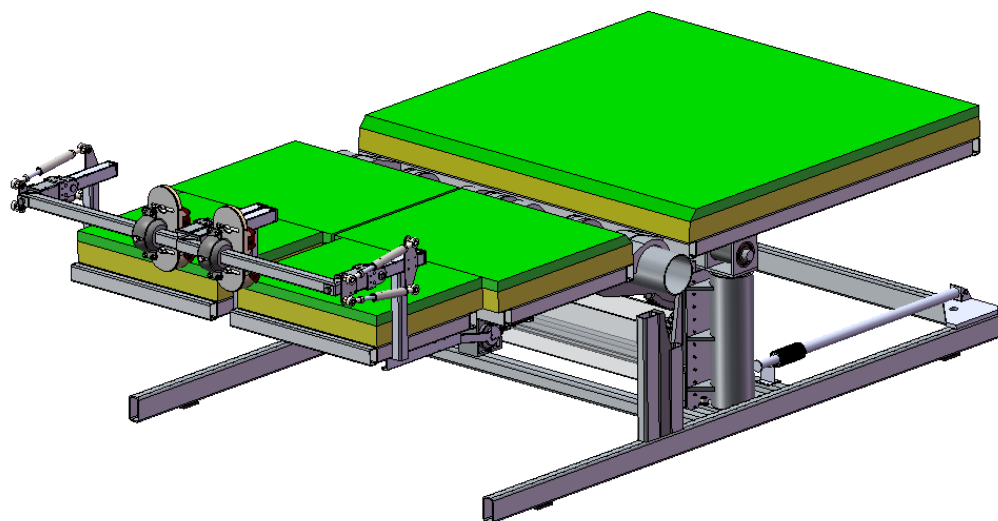


Рис. 27 – Кровать-трансформер с установленным тренажером

2.3 Конструкция и принцип работы тренажера

Далее рассмотрены все возможные режимы работы тренажера.

Принцип действия тренажера следующий: стопоупор закреплен на шаровом шарнире, который представляет из себя сферическую втулку, помещенную в кольцо. Кольцо состоит из двух половин, соединенных между

собой. Оно способно принимать положение под разными углами по отношению к втулке, что обеспечивает точное позиционирование шарнира.

Втулка установлена на профильной трубе квадратного сечения, вдоль которой имеет возможность свободно перемещаться. Это позволяет разводить ноги пациента в стороны. При достижении необходимого положения, фиксация втулки на трубе осуществляется затягиванием фиксирующего болта, прижимающегося к поверхности трубы и ограничивающим дальнейшее перемещение втулки. При необходимости передвинуть механизм, болт ослабляется и движение вновь становится возможным.

На рисунках ниже демонстрируется возможность разведения ног пациента в стороны.

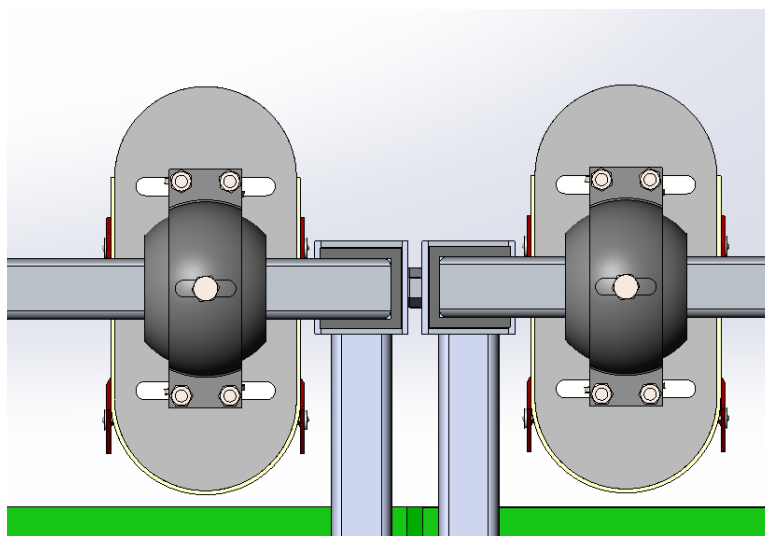


Рис. 28 – Стопоупоры в нормальном положении

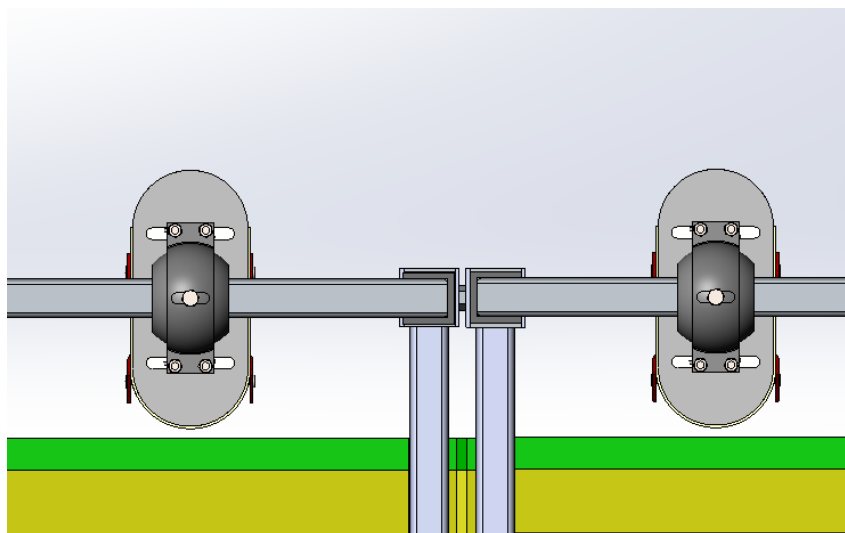


Рис. 29 – Стопоупоры в разведенном положении

Стопоупор представляет собой платформу из двух соединенных между собой жестких пластин, на верхней из которых закреплен подпятник для стопы пациента, выполненный из пластика, а нижняя закреплена на шаровом шарнире. Пазы на нижней пластине обеспечивают возможность свободного вращения верхней пластины относительно центра конструкции при ослаблении соединяющих их болтов. Это позволяет поворачивать подпятник вместе со стопой пациента во внутреннюю или во внешнюю сторону, что может быть необходимо для настройки тренажера под определенного человека, обладающего теми или иными особенностями стопы, такими как гиперпронация, инверсионная травма стопы и т.д.

На рисунках ниже продемонстрировано вращение подпятников стопоупоров.

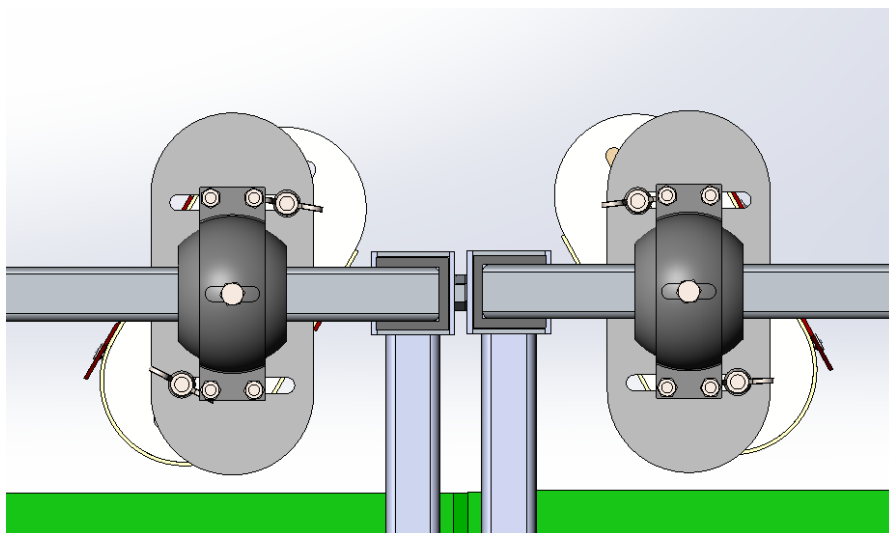


Рис. 30 – Стопоупоры в повернутом к внутренней части голени положении

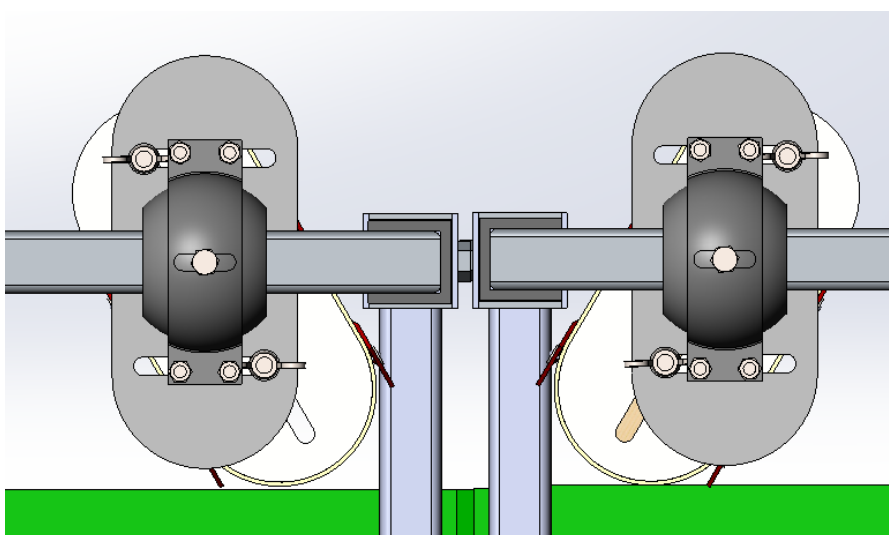


Рис. 31 – Стопоупоры в повернутом к внешней части голени положении

Использование в конструкции шарового шарнира также позволяет осуществлять пронацию и супинацию стопы пациента, то есть выворачивание стопы во внутреннюю и внешнюю стороны. На нижней части шарнира имеется паз, в котором находится фиксирующий болт, одновременно выполняющий роль стопора. При необходимости осуществления вышеупомянутых движений болт ослабляется и шарнир вращается на угол от 0 до 20°. При достижении предельного угла поворота шарнира, болт упирается в край паза, делая дальнейшее движение невозможным. При затягивании болта, конструкция фиксируется в заданном положении.

На рисунках ниже продемонстрирована работа тренажера в режиме «пронация-супинация».

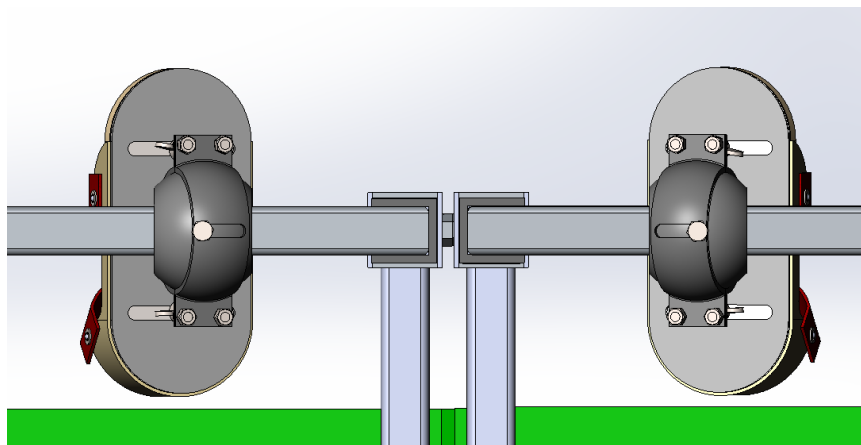


Рис. 32 – Выворачивание стопы во внутреннюю сторону (пронация)

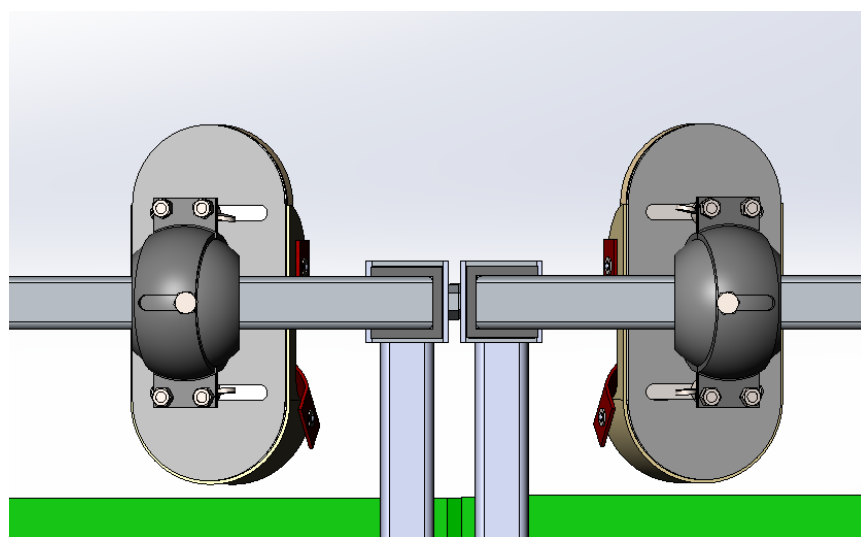


Рис. 33 – Выворачивание стопы во внешнюю сторону (супинация)

Следующий режим работы, который реализован в тренажере, это подошвенное и тыльное сгибание голеностопного сустава. Принцип работы механизма повторяет движения сустава, при этом валы вращения П-образного профиля размещены на расстоянии 8 см от стоп, для приблизительного соответствия расположения вала и сустава пациента, это сделано для предотвращения любого неестественного выворачивания стоп.

Для ограничения угла поворота голени, в конструкции используются газовые упоры, установленные на её боковой части. С их использованием, голень способна осуществлять поворот на угол от 0 до 40° в ту и другую сторону, что соответствует естественным углам изгибания стопы.

На рисунках ниже демонстрируется работа тренажера в режиме «подошвенное-тыльное сгибание».

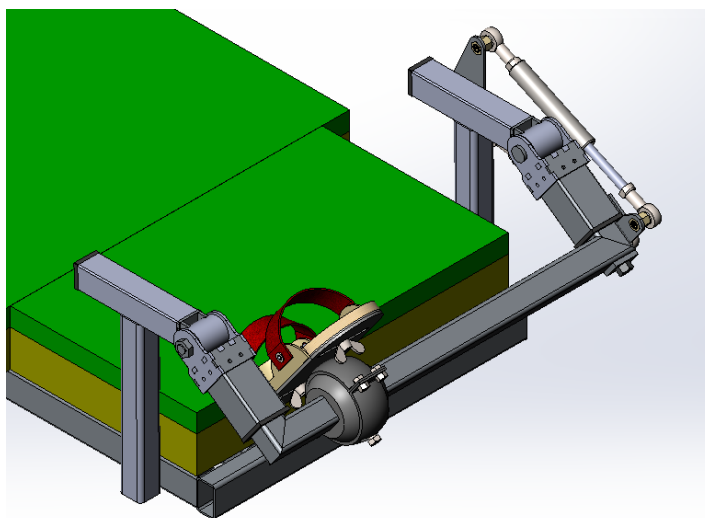


Рис. 34 – Подошвенное сгибание

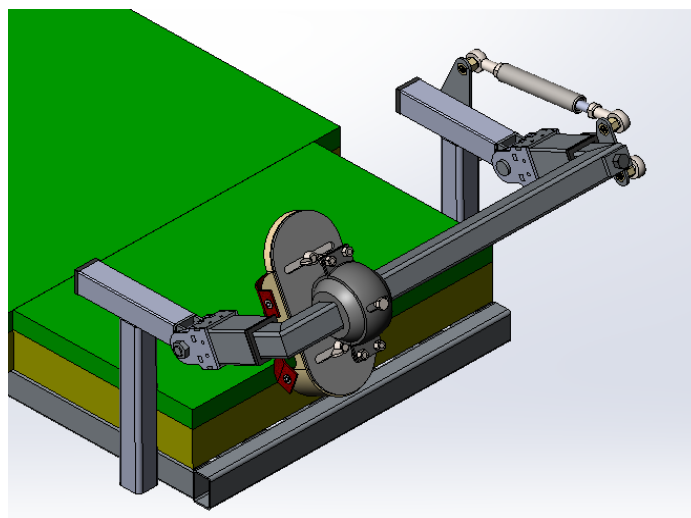


Рис. 35 – Тыльное сгибание

Внутренняя голень имеет возможность выдвижения вперед и назад, что также позволяет более точно позиционировать ногу пациента как для его удобства, так и при необходимости определенного положения при процедурах.

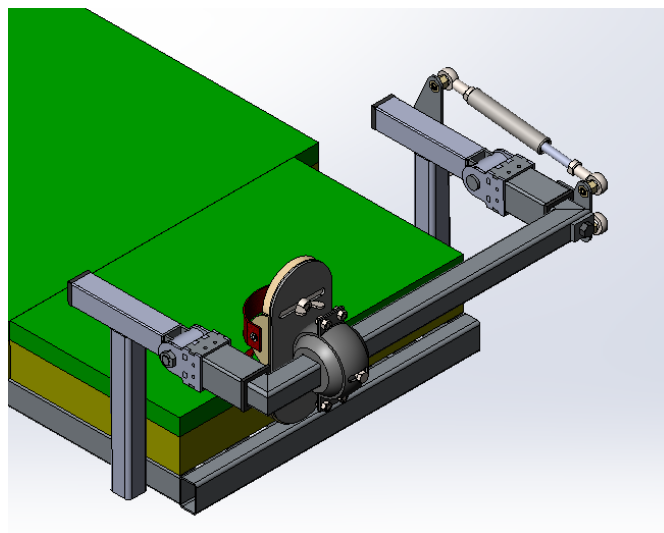


Рис. 36 – Нормальное положение

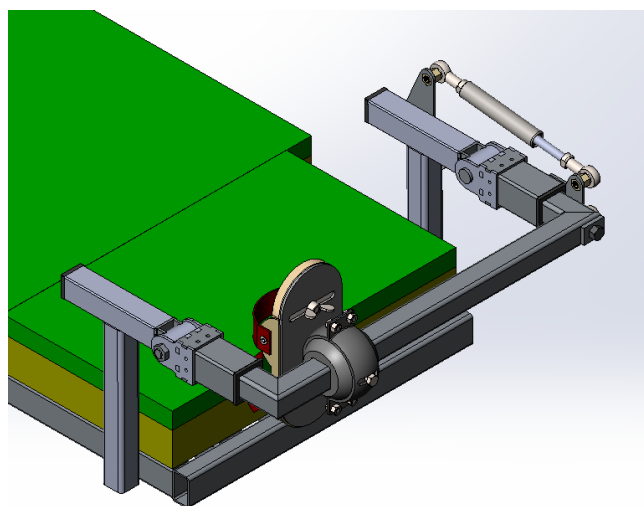


Рис.37 – Положение «голень выдвинута»

Выдвижение голени осуществляется посредством вращения винта голеностопа, который регулирует длину выдвижения.

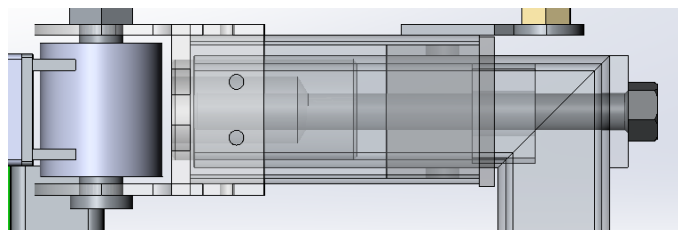


Рис. 38 – Винт голеностопа

Следующим шагом стала автоматизация разработки голеностопного сустава, для этого необходимо установить на тренажер электропривод.

Для привода было решено использовать шаговый двигатель – это электрический двигатель, который выполняет вращение в дискретных шагах.

Каждый шаг представляет собой точное изменение положения вала. Шаговые двигатели имеют простую конструкцию, хорошо подходят для низких скоростей вращения и имеют высокий крутящий момент на низких оборотах. Это делает их эффективными в задачах, требующих точного контроля скорости и позиционирования, таких как робототехника, автоматизированные системы, медицинская техника и т.д.

Выбранный двигатель имеет стандартный в промышленности размер фланца 42 мм, известный как типоразмер NEMA 17. Такие двигатели часто используются для создания координатных станков с ЧПУ, 3D-принтеров и других механизмов, где необходимо точное позиционирование [18].

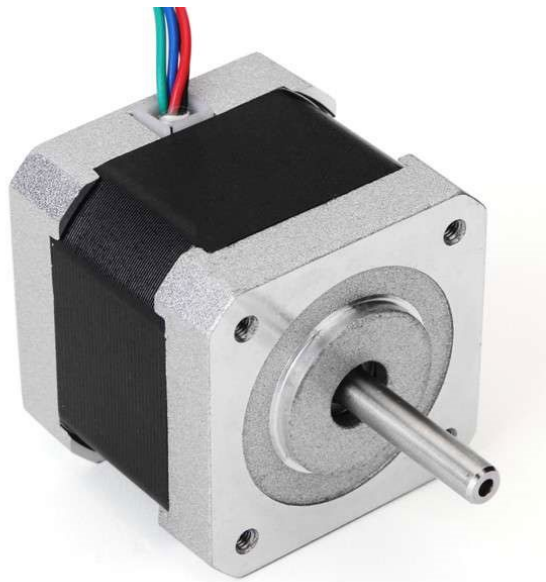


Рис. 39 – Двигатель NEMA 17

Двигатель соединен с планетарным редуктором, имеющим передаточное число 1:100.

Привод способен поворачиваться на заданное количество шагов. Один полный оборот разбит на 200 шагов. Таким образом, двигатель заставляет вал повернуться на произвольный угол, кратный $1,8^\circ$.

Выбранный привод был смоделирован в программном комплексе SolidWorks.

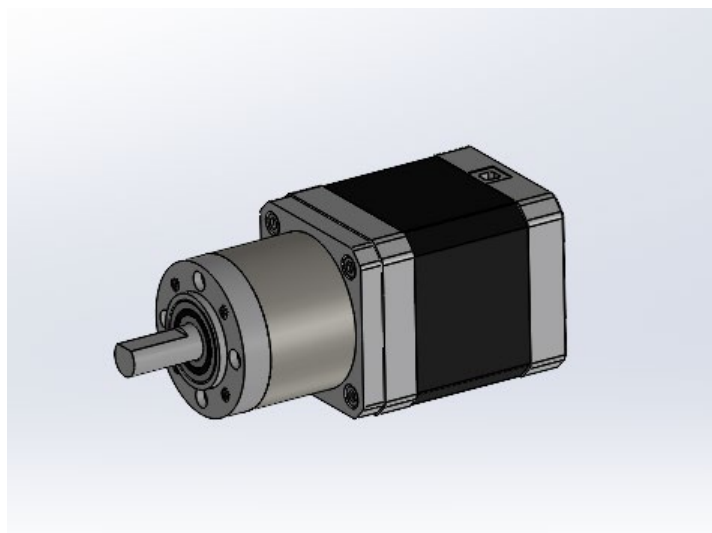


Рис. 40 – Привод в сборе

Был спроектирован корпус редуктора, и привод был установлен на тренажер. Вал голеностопа соединяется с валом редуктора посредством жесткого соединения «вал в вал». Это соединение позволяет сохранить небольшие габаритные размеры и массу привода, а также получить точное позиционирование и скорость перемещений и уменьшить приведенный момент инерции привода.

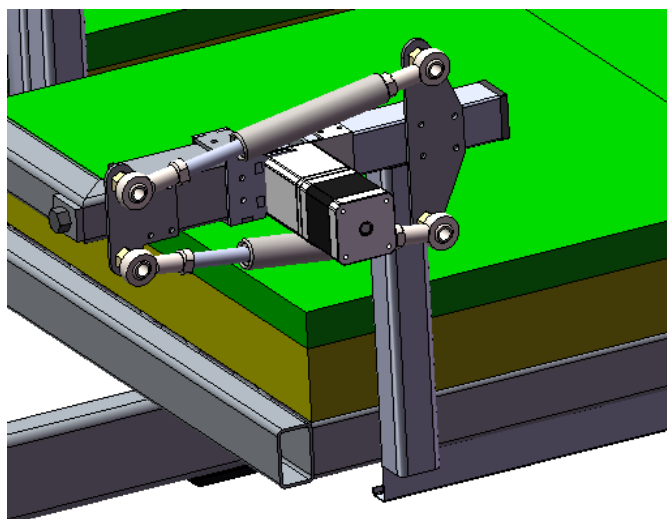


Рис. 41 – Тренажер с установленным приводом

Для управления электродвигателем необходим контроллер. Контроллер – это устройство, которое управляет работой электродвигателя, регулируя его скорость, положение и другие параметры в соответствии с требованиями и

командами пользователя или автоматической системы. В состав контроллера обычно входят цепи управления пуском/остановкой двигателя, переключением направления движения, а также схемы аварийной остановки, защиты от перегрузок по току, коротких замыканий. Контроллер также способен управлять положением электродвигателя. Это применяется в системах позиционирования, где требуется точное перемещение объекта или инструмента, как и в нашем случае [19].



Рис. 42 – Драйвер-контроллер 7TPSM4220 шагового двигателя Nema 17

Выбранная модель электродвигателя оснащается встроенным датчиком угла поворота – энкодером. Энкодер (от англ. encoder – кодирующее устройство) предназначается для измерения и обратной связи по положению и скорости вращения вращающегося объекта (например, вала). Основная задача энкодера состоит в определении точного положения вала вращающегося двигателя. Он измеряет угол поворота или относительное положение ротора и передает эти данные обратно контроллеру.

Информация, полученная от энкодера, позволяет контроллеру определить, каким образом и насколько изменить напряжение или ток для достижения требуемого положения или скорости вращения. Применение энкодера в электродвигателе позволяет обеспечить высокую точность и

повторяемость позиционирования, что важно в случаях, когда требуется точное управление положением или скоростью.

2.4 Вариант кровати для тренировки голеностопа

Рассмотрим более подробно часть кровати, отвечающую за подъем голени.

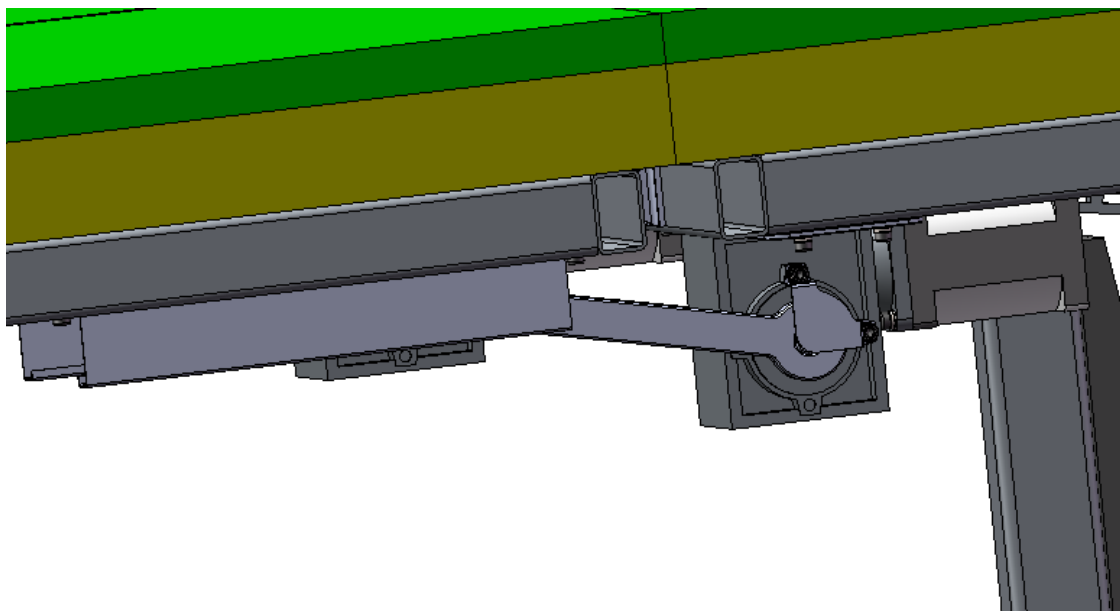


Рис. 43 – Механизм подъема голени

В механизме подъема голени установлен червячный редуктор NMRW 040-100 с передаточным отношением 100:1.



Рис. 44 – Червячный редуктор NMRW 040-100



Рис. 25 – Кинематическая схема подъёма голенной части кровати

Масса голенной части составляет 25 кг, 10 кг из которых приходится на человека, 15 кг – на установку. Плечо воздействия силы: 200 мм. Сила давления установки – 250 Н. Для подъёма требуется 300 Н.

Момент на выходном вале редуктора: $M = 300 \cdot 0,2 = 60 \text{ Н} \cdot \text{м}$;

Момент двигателя: $M_d = 60/100 = 0,6 \text{ Н} \cdot \text{м}$;

Угловая скорость равна скорости бедренной части: 0,27 рад/с. Угловая скорость на двигателе: $\omega_d = 0,27 \cdot 100 = 27 \text{ рад/с}$;

Мощность двигателя: $N = 27 \cdot 0,5 = 13,5 \text{ Вт}$.

За подъем бедренной и спинной части отвечает механизм поворота туловища и бедер. Он показан на рисунке 25.

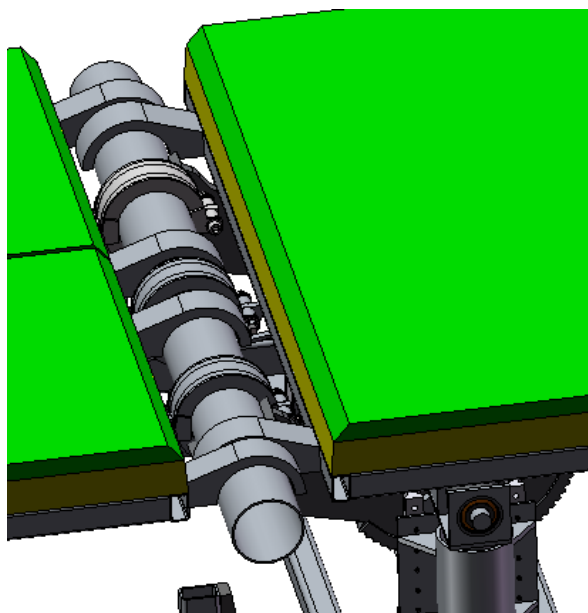


Рис. 45 – Тазобедренный привод

Этот механизм обладает большими габаритами, и использование такого привода исключительно для тренировки ног, когда для подъема не требуется высокая мощность, нецелесообразно. Вполне возможно заменить его на привод, аналогичный приводу подъема голени.

На рисунке 46 представлена опциональная конструкция кровати, где была оставлена только возможность поднятия и опускания ног пользователя, а также установлен тренажер для голеностопа. Данное исполнение обладает заметно меньшими массовыми характеристиками – 70 кг против 200 кг (без учета матраца) в первоначальном варианте.

2.5 Статический расчет

Выполним статический анализ каркаса кровати в модуле SolidWorks Simulation. Для этого модель кровати была упрощена. К линии кровати были приложены сила тяжести, и силы, характеризующие вес тела пациента. Вес пациента был принят за 70 кг, и к отдельным частям кровати была приложена нагрузка, соответствующая весу различных частей тела.

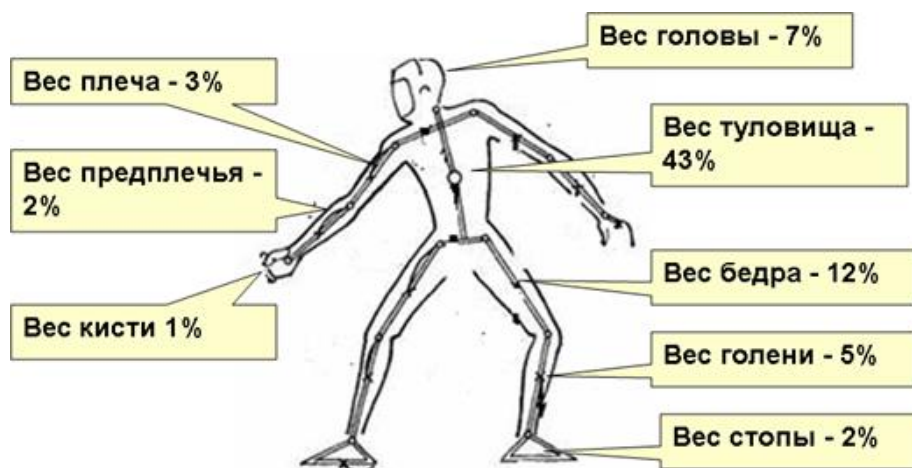


Рис. 47 – Отношение веса частей тела человека к общему весу

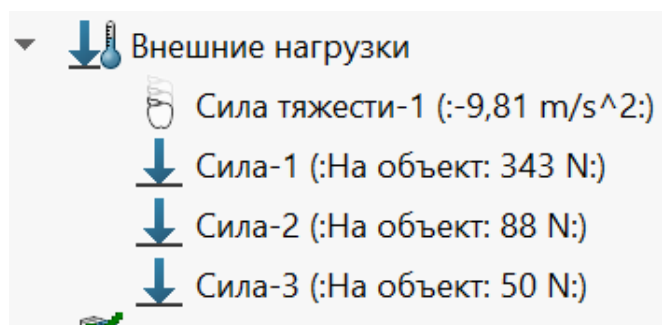


Рис. 48 – Расстановка внешних нагрузок в модели

Создаем зафиксированную геометрию в местах соприкосновения рамы кровати с полом, создаем сетку и запускаем исследование. Получаем следующие результаты:

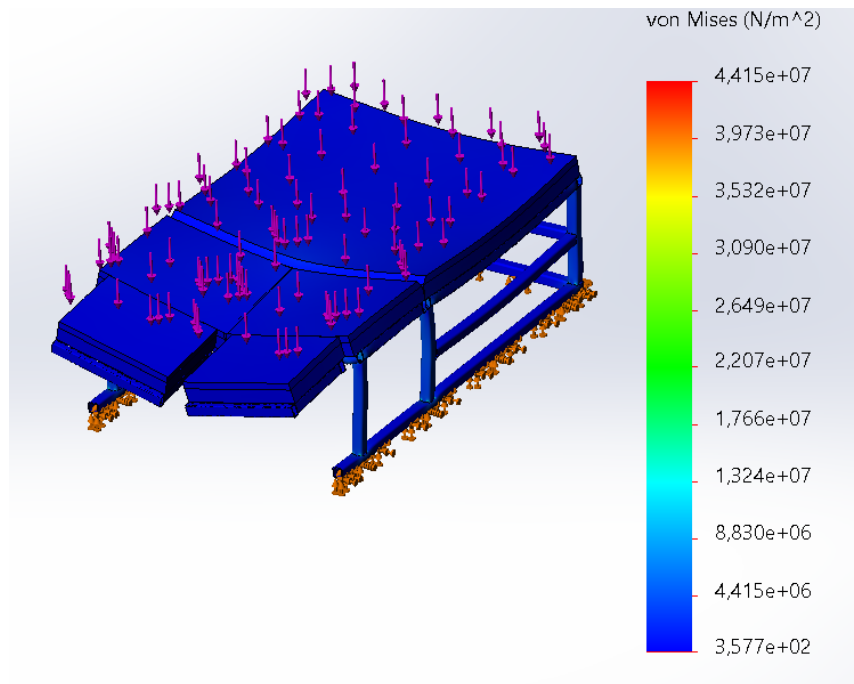


Рис. 49 – Эпюра напряжений

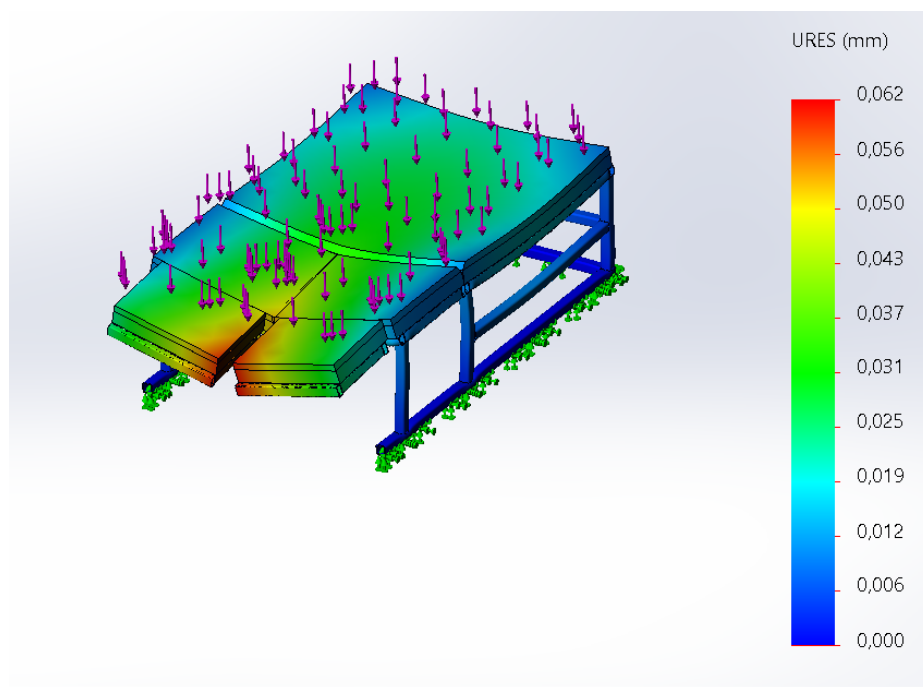


Рис. 50 – Эпюра перемещений

Максимальное перемещение составило 0,062 мм, что является хорошим результатом.

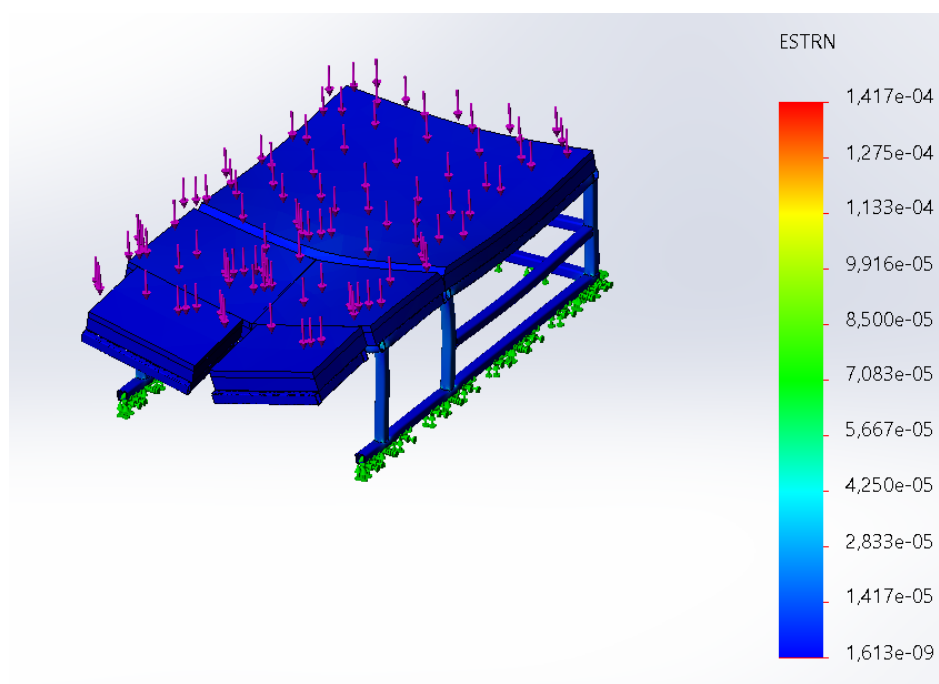


Рис. 51 – Эпюра деформации

Распределение запаса прочности: Мин. коэффициент запаса прочности = 4,7

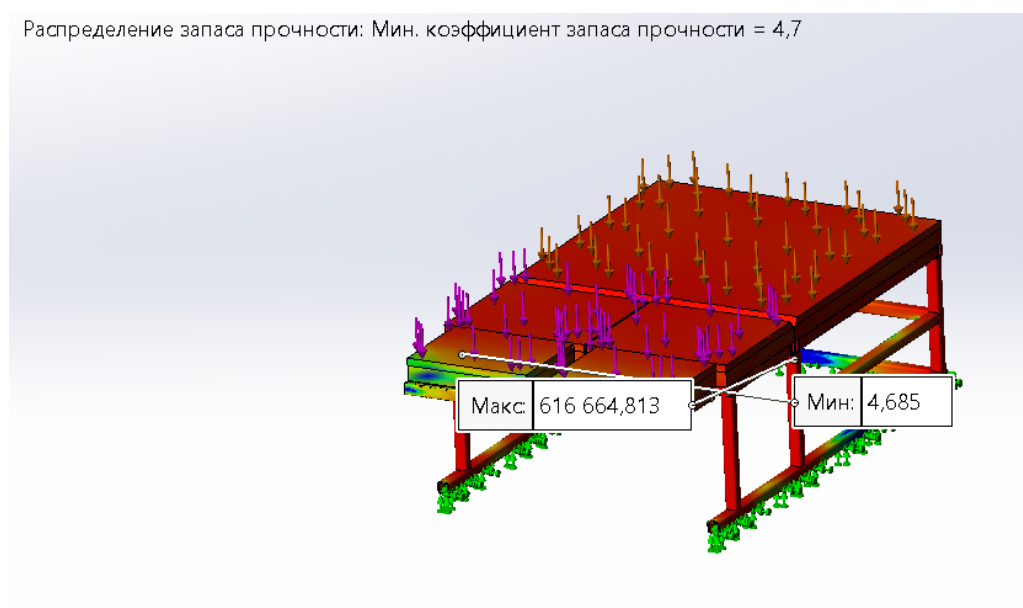


Рис. 52 – Эпюра запаса прочности

Минимальный коэффициент запаса прочности составил 4,7. Такой показатель считается достаточным, чтобы считать установку прочной и пригодной к эксплуатации при допустимых нагрузках.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4НМ11	Андрюков Егор Романович

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	Машиностроения
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов, стоимость спецоборудования определены в соответствии с рыночными ценами. Тарифные ставки исполнителей НИ определены штатным расписанием НИ ТПУ.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды 30%.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Анализ конкурентных технических решений, SWOT-анализ.
2. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Планирование этапов разработки программы, определение трудоемкости, расчет бюджета НТИ.
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Определение бюджетной эффективности, расчет интегрального показателя ресурсоэффективности.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений
2. Матрица SWOT
3. Диаграмма Ганта

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОСГН	Маланина Вероника Анатольевна	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ11	Андрюков Егор Романович		

3. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Объектом исследования ВКР является кровать-трансформер для реабилитации иммобилизованных пациентов, предназначенная как для домашнего использования, так и для применения в медицинских и реабилитационных учреждениях. Цель данного раздела – рассмотрение конкурентоспособности разработки, обоснование перспективности её производства.

В настоящее время рынок медицинских кроватей представлен широким спектром предлагаемой продукции. Поэтому при изготовлении медицинской кровати важно не только учесть все необходимые конструкторские особенности, но и конкурентоспособность изделия. Необходимо сделать конечный продукт наиболее доступным для широкого использования.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- планирование научно-исследовательских работ;
- определение бюджетной эффективности и оценка научно-технического уровня конструкторских разработок.

3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для проведения анализа круга потребителей продукта (изделия) нужно рассмотреть целевой рынок и провести его сегментированию.

Под целевым рынком понимается сегмент рынка, которому будет предложена данная разработка. Сегмент рынка составляют группы

потребителей, которые обладают наличием определенных признаков.

В свою очередь под сегментированием понимают процесс распределения потребителей на равные группы, в которых может возникнуть потребность приобрести данный товар или услугу. Сегментирование можно проводить по географическому, поведенческому, демографическому и другим признакам.

Также применимо использовать комбинации со следующими критериями: пол, возраст, образование, национальность, профессия, социальный статус и так далее. Критерии сегментирования используются индивидуально для каждого конкретного случая. Исходя из критериев идет построение карты сегментирования.

Проведем исследования относительно спроектированного изделия.

Таблица 1. Сегментация рынка

		Тип реабилитационной кровати		
		Без регулирования	С регулированием голенистой части	С регулированием высоты
Пользователи	Медицинские учреждения			
	Реабилитационные центры			
	Индивидуальное использование			

По итогам сегментирования можно сделать следующий вывод: кровати с регулированием высоты и голенистой части (что характерно для спроектированной установки) используются в основном в реабилитационных центрах и индивидуальном использовании. Следовательно, на выявленных потребителей будет рентабельным направить внимание при продажах.

3.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Подробный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такого рода анализ помогает вносить поправки в НИ, чтобы быть более успешным на рынке. Важно грамотно оценить недостатки и преимущества разработок конкурирующих компаний в сфере медицинского оборудования.

Таблица 2. Преимущества и недостатки рассмотренных аналогов

Компании	Преимущества	Недостатки
Burmeister	1. Надежность; 2. Технологичность; 3. Эргономичность; 4. Многофункциональность; 5. Наличие доп. устройств (ручка-петля, штатив). 6. Тех. поддержка	1. Разработана за границей; 2. Высокая стоимость; 3. Отсутствие регулирования длины тазобедренной части; 4. Отсутствие регулирования положения голеностопной части; 5. Отсутствие регулирования высоты.
МЕГИ	1. Дизайн; 2. Технологичность; 3. Надежность; 4. Многофункциональность 5. Эргономичность; 6. Универсальность;	1. Высокая стоимость; 2. Отсутствие регулирования длины тазобедренной части; 3. Отсутствие регулирования

	7. Тех. поддержка.	положения голеностопной части; 4. Отсутствие регулирования высоты; 5. Отсутствие доп. приспособлений.
МЕТ	1. Произведена в России; 2. Низкая стоимость; 3. Наличие доп. устройств; 4. Технологичность; 5. Надежность; 6. Многофункциональность 7. Эргономичность; 8. Тех. поддержка.	1. Отсутствие регулирования положения голеностопной части; 2. Отсутствие регулирования длины тазобедренной части; 3. Отсутствие регулирования высоты.
Разрабатыва емая кровать- трансформе р	1. Эргономичность; 2. Ремонтопригодность 3. Долговечность; 4. Технологичность; 5. Многофункциональ ность; 6. Регулирование высоты тазобедренной части; 7. Регулирование положения голеностопной части; 8. Регулирование высоты;	1. Отсутствие доп. устройств; 2. Тех поддержка.

	9. Низкая стоимость; 10. Доставка по России.	
--	---	--

Подведем итог по таблице: недостатки и преимущества есть у каждой фирмы. Российские производители не уступают по качеству продукции зарубежным фирмам, однако выпускают более дешевую продукцию, что служит для них плюсом.

Ни одна из кроватей, представленных конкурентными фирмами не обладает способностью регулировки длины тазобедренной части кровати, высоты подъема ножек кровати и положения голеностопной части. Это выгодно выделяет разрабатываемое изделие и делает его конкурентоспособным.

Проведем анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения с помощью оценочной карты, которая приведена в таблице 3.

Таблица 3. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы				Конкурентоспособность			
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	Б _{к3}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}	К _{к3}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Технические критерии оценки ресурсоэффективности									
1. Надежность	0,1	5	5	4	5	0,5	0,5	0,4	0,5
2. Технологичность	0,08	4	5	4	4	0,32	0,4	0,32	0,32
3. Эргономичность	0,1	5	3	5	4	0,5	0,3	0,5	0,4
4. Многофункциональность	0,12	5	4	3	4	0,6	0,48	0,36	0,48
5. Удобство в эксплуатации	0,1	5	5	5	5	0,5	0,5	0,5	0,5
6. Ремонтопригодность	0,1	3	4	2	3	0,3	0,4	0,2	0,3

7. Дизайн	0,1	5	2	5	4	0,5	0,2	0,5	0,4
8. Простота изготовления	0,03	5	3	3	3	0,15	0,09	0,09	0,09
9. Безопасность	0,07	5	4	5	5	0,35	0,28	0,35	0,35
10. Вес	0,01	4	5	4	4	0,04	0,05	0,04	0,04
Экономические критерии оценки эффективности									
1. Уровень проникновения на рынок	0,04	5	3	3	3	0,25	0,15	0,15	0,15
2. Цена	0,1	5	2	2	5	0,5	0,5	0,2	0,2
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,02	3	5	5	3	0,06	0,02	0,1	0,1
4. Послепродажное обслуживание	0,01	1	1	1	1	0,01	0,01	0,01	0,01
5. Финансирование научной разработки	0,01	1	1	1	1	0,01	0,01	0,01	0,01
6. Срок выхода на рынок	0,01	1	1	1	1	0,01	0,01	0,01	0,01
Итого	1	Суммарная оценка				4,6	3,9	3,74	3,86

БФ – разработанная кровать; Б_{К1} – Burmeier; Б_{К2} – МЕГИ; Б_{К3} – МЕТ.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i;$$

Где: К – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Из оценочной карты, можно определить, что для увеличения конкурентоспособности на рынке необходимо увеличение нескольких показателей. После реализации нескольких проектов необходимо повысить

качество следующих критериев:

- послепродажного обслуживания;
- ремонтпригодности.

3.1.3 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ НИР. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, выявление возможностей и угроз для реализации проекта.

Таблица 4 – Матрица SWOT

Сильные стороны	Слабые стороны
1. Низкая стоимость; 2. Многофункциональность; 3. Уникальность разработки; 4. Использование отечественных комплектующих; 5. Востребованность рынка;	1. Отсутствие опытного образца; 2. Отсутствие доп. устройств. 3. Отсутствие послепродажного обслуживания; 4. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца; 5. Большой срок поставок материалов и комплектующих.
Возможности	Угрозы
1. Рост спроса в виду уникальности изделия; 2. Возможен приток частного капитала; 3. Выход на международный рынок в случае спроса на продукт;	1. Отсутствие спроса из-за неправильного продвижения; 2. Нестабильное финансирование; 3. Срыв поставки комплектующих; 4. Ограничение на экспорт установки;

4. Возможен переход на серийное производство;	5. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции.
5. Возможность расширения функционала изделия.	

На следующем этапе производится построение интерактивной матрицы проекта.

Таблица 5. Соответствие сильных сторон возможностям

Сильные стороны проекта						
Возможности		C1	C2	C3	C4	C5
НИ	B1	-	+	+	0	0
	B2	-	+	0	0	+
	B3	-	+	0	0	+
	B4	+	0	0	+	+
	B5	-	0	0	+	+

Таблица 6. Соответствие слабых сторон возможностям

Слабые стороны проекта						
Возможности		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
НИ	B1	0	-	-	0	0
	B2	+	+	+	+	0
	B3	-	0	0	-	0
	B4	-	0	0	-	-
	B5	-	+	0	-	0

Таблица 7. Соответствие сильных сторон угрозам

Сильные стороны проекта						
Возможности		C1	C2	C3	C4	C5
НИ	У1	0	0	0	0	+
	У2	-	+	0	0	0
	У3	-	-	0	+	0

	У4	0	0	-	+	0
	У5	-	+	+	+	0

Таблица 8. Соответствие слабых сторон угрозам

Слабые стороны проекта						
Возможности		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
НИ	У1	-	0	0	0	0
	У2	+	+	+	+	+
	У3	+	-	0	+	+
	У4	0	-	0	0	0
	У5	0	-	0	0	0

При анализе сильных сторон НИ, выявлены следующие корреляции сильных сторон проекта и возможностей: В4С1С4С5. Равным образом можно выявить следующие корреляции сильных сторон и угроз: У5С2С3С4.

В случае анализа слабых сторон выявлены следующие корреляции слабых сторон проекта с возможностями: В2Сл1Сл2Сл3Сл4. Также выявлены следующие корреляции слабых сторон и угроз: У2Сл1Сл2Сл3Сл4Сл5.

Таблица 9. SWOT-анализ

	Сильные стороны	Слабые стороны
Возможности	В4С1С4С5 Использование отечественных комплектующих упростит переход на серийное производство, при таком типе производства на рынке будет обеспечиваться низкая стоимость продукта, что будет поддерживать высокую востребованность на рынке.	В2Сл1Сл2Сл3Сл4 Отрицательным фактором притока частного капитала может являться отсутствие опытного образца дополнительных устройств, отсутствие послепродажного обслуживания, а также необходимого оборудования для проведения испытаний опытного образца. Все это

		может замедлить рост производства изделия.
Угрозы	У5С2С3С4 Улучшение возможностей функционала, уникальность данной разработки и использование отечественных комплектующих контролируется государством. Могут возникнуть проблемы при изготовлении изделия при введении новых государственных требований к сертификации продукции.	У2Сл1Сл2Сл3Сл4Сл5 Нестабильное финансирование приводит к невозможности создания опытного образца, изготовление дополнительных устройств, к неспособности осуществлять послепродажное обслуживание, приобретению необходимого оборудования для испытаний, а также неспособности стабильно пополнять комплектующие. Это может привести к остановке производства.

3.2 Планирование научно-исследовательских работ

3.2.1 Структура предполагаемых работ в рамках НИ

Планирование комплекса предполагаемых работ

осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках НИ;
- определение участников работ;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения НИР.

Таблица 10. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№	Содержание работ	Исполнитель
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Инженер, руководитель
Выбор направления исследований	2	Литературный обзор	Инженер
	3	Выбор направления исследований	Руководитель
	4	Календарное планирование работ по теме	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер
	6	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Инженер
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Инженер, руководитель
Разработка технической документации и проектирование	8	Разработка принципиальной схемы, создание модели изделия	Инженер, руководитель
	9	Расчет конструкции	Инженер
	10	Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	Инженер
Оформление отчета по НИ	11	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Чтобы определить ожидаемое значение трудоёмкости $t_{ожи}$ воспользуемся следующей формулой:

$$t_{ожи} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}$$

где: t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Чтобы определить продолжительность работы в рабочих днях T_{pi} , воспользуемся формулой:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{Ч_i}$$

где $Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

В целях наглядности также построим диаграмму Ганта, для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{Ki} = T_{pi} \cdot k_{кал};$$

где T_{Ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{366}{248} = 1,4;$$

где $T_{\text{кал}}$ — количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ — количество выходных дней в году;

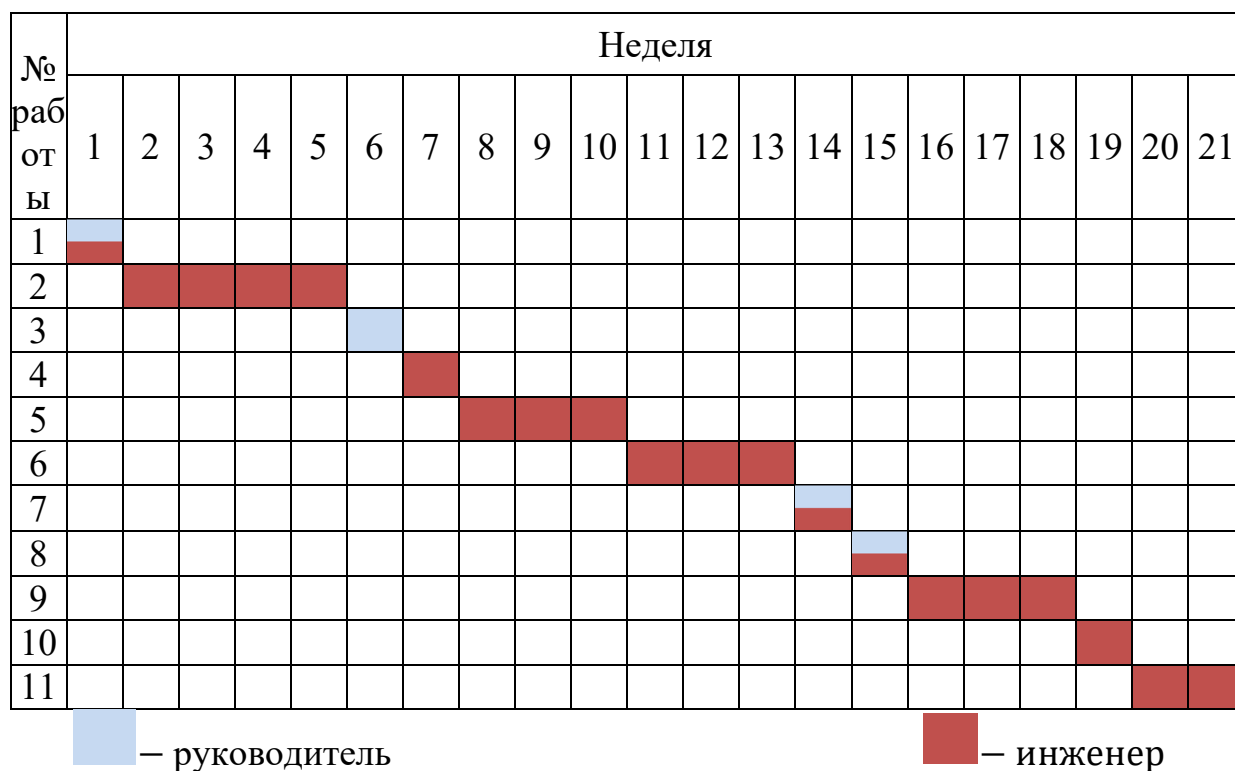
$T_{\text{пр}}$ — количество праздничных дней в году.

Полученные данные занесены в таблицу 11.

Таблица 11. Трудоемкость работ

№ работы	t_{mini} , чел.-дн	t_{maxi} , чел.-дн.	$t_{\text{ожи}}$, чел.-дн.	T_{pi} , раб.-дн.	T_{ki} , кал.- дн.
1	3	8	5	2,5	4
2	15	25	19	19	28
3	3	6	4,2	4,2	6
4	2	5	3,2	3,2	5
5	10	20	14	14	21
6	10	20	14	14	21
7	3	10	5,8	2,9	4
8	5	20	11	5,5	8
9	7	20	12,2	12,2	18
10	4	8	5,6	5,6	8
11	5	11	7,4	7,4	11

Таблица 12. Диаграмма Ганта



3.3. Бюджет научно-технических работ (НТИ)

3.3.1 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

Таблица 13. Специальное оборудование для НР

Тип оборудования	Стоимость, руб	Кол-во	Срок эксплуатации, лет	Амортизационные отчисления, руб
Ноутбук MSI	45000	1	5	900

Амортизационные отчисления определим линейным методом:

$$A = \frac{P_{\text{ст}} \cdot H_a}{100\%};$$

где:

A – искомая сумма амортизации;

$P_{\text{ст}}$ – первоначальная стоимость оборудования;

H_a – норма амортизации.

Норма амортизации выражается в процентах и представляет собой соотношение единицы на весь предполагаемый срок использования оборудования:

$$H_a = \left(\frac{1}{n}\right) \cdot 100\%$$

Норма амортизации ноутбука, используемого для выполнения работы составляет:

$$H_a = \left(\frac{1}{60 \text{ мес}}\right) \cdot 100\% = 1,7$$

Тогда амортизация оборудования составила:

$$A = \frac{45000 \cdot 1,7}{100\%} = 765 \text{ руб.}$$

3.3.2 Основная заработная плата

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) сотрудника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p;$$

где: T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим

работником, раб. дн. (график Ганта);

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}};$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 рабочих дня ($M=11,2$ месяца, 5-дневная неделя);

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}};$$

где $Z_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент (принимается 0,3);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок (принимается 0,2);

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 14. Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{б}}$, руб	$Z_{\text{м}}$, руб	$Z_{\text{дн}}$, руб	$T_{\text{р}}$, раб.дн	$Z_{\text{осн}}$, руб
Руководитель	26300	51285	2761,4	22	60750
Инженер	12792	24944,4	1343	128	171929

3.3.3 Дополнительная заработная плата исполнителей работ

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей работ учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей

формуле:

$$C_{\text{дзп}} = C_{\text{озп}} \cdot k_{\text{д}};$$

$k_{\text{д}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату, $k_{\text{д}}=0,13$.

3.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

На 2023 г. в соответствии с НК от 31 июля 1998 года N 146-ФЗ
установлен размер страховых взносов равный 30,2 %.

Таблица 15. Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	60750	7897,6
Инженер	171929	22351
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,302	
Итого		
Руководитель проекта	21967,2	
Инженер	62169,6	

Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{\text{накл}} = (\sum \text{предыдущих статей}) \cdot k_{\text{нр}};$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов принимаем в размере 16%.

3.3.5 Формирование бюджета затрат НИР

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на проведение научно-исследовательской работы.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательскую работу приведено в таблице 16.

Таблица 16. Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	В % к итогу
1. Затраты по основной зарплате	232679	54,5
2. Затраты по дополнительной зарплате	30248,6	7
3. Отчисления во внебюджетные фонды	84136,8	19,7
4. Затраты на специальное оборудование	765	0,8
5. Накладные расходы	55652,7	14,1
6. Бюджет затрат НТИ	403482	100,0

3.4 Определение ресурсоэффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Для его расчета сформируем оценку характеристик проекта, представленных в таблице 17.

Таблица 17. Оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Оценка по 5-ти бальной шкале
1.Соответствие требованиям потребителей	0,35	5
2.Материалоёмкость	0,15	3

3.Удобство в эксплуатации	0,15	5
4.Энергосбережение	0,05	2
5.Надёжность	0,25	4
6.Длительность разработки	0,05	3
Итого:	1	

Интегральный финансовый показатель ресурсоэффективности определяется как:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i;$$

где:

I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i-го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i-го варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i-го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

$$I_{pi} = 0,35 \cdot 5 + 0,15 \cdot 3 + 0,15 \cdot 5 + 0,05 \cdot 2 + 0,25 \cdot 4 + 0,05 \cdot 3 = 4,2$$

Такое значение интегрального показателя говорит о том, что разработанный проект достаточно ресурсоэффективен.

Выводы по разделу

В результате выполнения раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» выпускной квалификационной работы был проведён сравнительный анализ изделия с аналогами на рынке, и проведён SWOT-анализ, который показывает преимущества установки и недостатки, произведен расчет бюджетной стоимости научного исследования и выполнена оценка его ресурсоэффективности.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 4НМ11		ФИО Андрюков Егор Романович	
Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	Машиностроения
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Тема ВКР:

Кровать-трансформер для людей с ограниченными функциями	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Введение – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) <u>при эксплуатации</u>	<i>Объект исследования: медицинская функциональная автоматизированная кровать.</i> <i>Область применения: медицинская реабилитация.</i> <i>Рабочая зона: медицинские и реабилитационные учреждения, жилые помещения.</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 19.12.2022, с изм. от 11.04.2023); ГОСТ Р ИСО 14738-2007. Безопасность машин. Антропометрические требования при проектировании рабочих мест машин; ГОСТ 23000-78. Система «человек-машина». Пульты управления. Общие эргономические требования; ГОСТ 22269-76. Система «человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования; ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.
2. Производственная безопасность при эксплуатации: – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов – Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора	Вредные факторы: – отсутствие или недостаток необходимого освещения; – повышенный уровень шума; – аномальные микроклиматические параметры воздушной среды. Опасные факторы: – факторы, связанные с электрическим током; Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: осветительные приборы, одежда специальная защитная, перчатки, наушники, респираторы, инструмент с изолированными

	рукоятками, изолирующие клещи, указатели напряжения. Расчет проводится по фактору недостатка необходимого освещения.
3. Экологическая безопасность при эксплуатации:	Воздействие на селитебную зону: отсутствует. Воздействие на литосферу: утилизация компонентов установки. Воздействие на гидросферу: утилизация эксплуатационных отходов и химических веществ. Воздействие на атмосферу: утилизация эксплуатационных отходов и химических веществ.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации:	Возможные ЧС: Природные катастрофы (наводнение, ураган и т.д.); Техногенные аварии (пожар). Наиболее типичная ЧС: пожар.
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД	Антоневич Ольга Алексеевна	к.б.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ11	Андрюков Егор Романович		

4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

Основной задачей данного раздела является выявление и анализ вредных и опасных факторов при исследовании и проектировании новой разработки и поиск средств защиты от них, создание оптимальных условий труда, анализ влияния на окружающую среду и профилактика ЧС.

В этом разделе были рассмотрены вопросы производственной и экологической безопасности при работе с проектируемой автоматизированной кроватью-трансформером, по совместительству выполняющей функции реабилитационного тренажера для пациентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата, а также вопросы безопасного использования оборудования. Основными пользователями данной установки является медицинский персонал и пациенты. Кровать-трансформер с электроприводом и возможностью автоматического изменения положения отдельных частей тела пациента может устанавливаться в лечебных учреждениях, реабилитационных центрах, а также в частных жилых помещениях.

При проектировании объекта необходимо учитывать все эргономические условия и ГОСТы. Охрана здоровья медицинского персонала и пациентов должна обеспечиваться безопасностью условий эксплуатации кровати, ликвидацией профессиональных заболеваний и производственного травматизма. В зоне расположения медицинской функциональной кровати должны быть предусмотрены меры защиты от возможного воздействия опасных и вредных факторов при работе с объектом.

4.1 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

В данном подразделе приводятся специальные правовые нормы законодательства и основные эргономические требования к рабочей зоне.

4.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы законодательства

Для медицинских работников устанавливается сокращенная

продолжительность рабочего времени не более 39 часов в неделю. В зависимости от должности и (или) специальности продолжительность рабочего времени медицинских работников определяется Правительством Российской Федерации.

Отдельным категориям медицинских работников может быть предоставлен ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск. Продолжительность дополнительного отпуска устанавливается Правительством Российской Федерации [Статья 350 ТК РФ].

Работники медицинских организаций проходят обязательные предварительные (при поступлении на работу) и периодические медицинские осмотры в целях охраны здоровья населения, предупреждения возникновения и распространения заболеваний [Статья 220 ТК РФ].

4.1.2 Организационные мероприятия по компоновке рабочей зоны

При работе с пациентом медицинский работник как правило занимает положение стоя (уход за пациентом, массаж, выполнение упражнений). Кровать предусматривает возможность принятия горизонтального и вертикального положения, а также подъема в режим массажного стола.

Требования к рабочему месту при выполнении работ стоя описаны в ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место должно обеспечивать выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля. Выполнение трудовых операций "часто" и "очень часто" должно быть обеспечено в пределах зоны легкой досягаемости и оптимальной зоны моторного поля.

При проектировании оборудования и организации рабочего места следует учитывать антропометрические показатели женщин или мужчин если оборудование обслуживают и женщины, и мужчины. Конструкцией производственного оборудования и рабочего места должно быть обеспечено оптимальное положение работающего, которое достигается регулированием высоты рабочей поверхности, сиденья и пространства для ног.

Для изменения положений и режимов работы кровати-трансформера рабочая зона должна иметь органы управления и средства отображения информации, требования к ним описаны в ГОСТ 22269-76 и ГОСТ 23000-78. Взаимное расположение элементов рабочего места должно обеспечивать возможность осуществления всех необходимых движений и перемещений для эксплуатации и технического обслуживания оборудования и способствовать оптимальному режиму труда и отдыха, снижению утомления работающего, предупреждению появления ошибочных действий.

Органы управления должны располагаться в зоне досягаемости моторного поля. Наиболее важные и часто используемые органы управления должны быть расположены в зоне легкой досягаемости моторного поля.

4.2 Производственная безопасность

В данном подразделе анализируются опасные и вредные факторы, которые могут возникать при разработке, изготовлении и эксплуатации проектируемого объекта.

Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в таблице 18.

Таблица 18. Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
1. Недостаток необходимого освещения.	СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение;
2. Повышенный уровень шума.	СП 51.13330.2011 Защита от шума;

3. Аномальные микроклиматические параметры воздушной среды.	СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания;
4. Факторы, связанные с электрическим током.	ГОСТ Р 12.1.009-2017. Электробезопасность.

4.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов, выявленных при проектировании объекта

4.3.1 Отсутствие или недостаток необходимого освещения

Недостаточное освещение оказывает негативное влияние на работоспособность и эмоциональное состояние работников. Установлено, что свет кроме зрительного восприятия влияет на нервную оптико-вегетативную систему, систему иммунной защиты и развитие организма.

Свет в помещении должен быть комбинированным (естественное и искусственное освещение). Для искусственного освещения применяют люминесцентные лампы. В соответствии с СП 52.13330.2016 норма освещенности в палате должна быть $E_n = 200$ Лк. Для выдерживания этого параметра в норме лучше использовать светильники, в которых лампы работают от переменного тока частотой 400 Гц и выше.

В поле зрения работника должна отсутствовать прямая и отраженная блескость. Прямая блескость излучается поверхностями источников света, и ее уменьшение осуществляется снижением яркости источников света и увеличением высоты подвеса светильников. Отраженная блескость создается поверхностями с большими коэффициентами отражения. Ее ослабление обеспечивается подбором рационального направления светового потока на поверхность и заменой блестящих поверхностей матовыми.

4.3.1.1 Расчет освещения в больничной палате

Трехкочная больничная палата имеет размеры 5,6х3,5х3,5 м. Высота рабочей поверхности (высота кровати) $h_{rp} = 0,4$ м. Требуемый уровень освещенности $E = 200$ Лк.

Коэффициент запаса в помещениях с малым выделением пыли $k = 1,5$, коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп $Z = 1,1$;

Расчет системы общего люминесцентного освещения:

Выбираем светильники, с пластиковой защитой, типа ОД, $\lambda = 1,2$;

Приняв высоту свеса $h_c = 0,5$ м, получаем:

$$h = H - h_c - h_{rp};$$

$$h = 3,5 - 0,5 - 0,4 = 2,6 \text{ м};$$

Расчет расстояния между светильниками:

$$L = \frac{\lambda \cdot h_c}{3};$$

$$L = 1,2 \cdot 2,6 = 3,12 \text{ м};$$

$$L = 3/3 = 1 \text{ м};$$

Исходя из габаритов помещения, и расстояния между светильниками можно сделать вывод, что светильники будет располагаться в 2 ряда. В каждом ряду можно установить по 2 светильника типа ОД мощностью 40 Вт. Учитывая, что в каждом светильнике установлено четыре лампы, общее число ламп в помещении $n = 16$.

Индекс помещения:

$$i = \frac{S}{h \cdot (a + b)};$$

где: a – длина освещаемого помещения;

b – ширина освещаемого помещения;

S – площадь освещаемого помещения.

$$i = \frac{19,6}{2,6 \cdot (5,6 + 3,5)} = 0,82;$$

Определяем по таблице 4.1 СП 52.13330.2016 коэффициент

использования светового потока:

$$\eta = 48\% ;$$

Световой поток лампы накаливания или группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_3 \cdot Z \cdot 100}{n \cdot \eta} ;$$

где: E_n – нормируемая минимальная освещённость;

S – площадь освещаемого помещения;

K_3 – коэффициент запаса;

Z – коэффициент неравномерности освещения;

n – число светильников;

η – коэффициент использования светового потока, %.

$$\Phi = \frac{200 \cdot 19,6 \cdot 1,5 \cdot 1,1 \cdot 100}{16 \cdot 48} = 842,2 \text{ Лк}$$

Наиболее подходящая лампа – ЛТБ 20, с мощностью 20 Вт и потоком 900 лм.

Проверка выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{900 - 842,2}{900} \leq 20\% \gg -10\% \leq 6,42\% \leq 20\%$$

Расчет верен, поскольку отклонение находится в допустимых пределах.

Электрическая мощность осветительной системы:

$$P = n \cdot P_{\text{л}} = 16 \cdot 20 = 320 \text{ Вт.}$$

где $P_{\text{л}}$ – мощность лампы.

4.3.2 Повышенный уровень шума

Шум на рабочем месте оказывает раздражающее влияние на работника, повышает его утомляемость, а при выполнении задач, требующих внимания и

сосредоточенности, способен привести к росту ошибок и увеличению продолжительности выполнения задания. Длительное воздействие шума влечет тугоухость работника вплоть до его полной глухоты.

Внезапные шумы высокой интенсивности, даже кратковременные (взрывы, удары и т.п.), могут вызвать как острые нейросенсорные эффекты (головокружение, звон в ушах, снижение слуха), так и физические повреждения (разрыв барабанной перепонки с кровотечением, поражения среднего уха и улитки).

В качестве индивидуальных средств защиты при работе с оборудованием, рационально использование противошумных вкладышей, наушников и шлемов.

Согласно СП 51.13330.2011, эквивалентный уровень звука в условиях помещения медицинского учреждения не должен превышать 35 и 25 дБА в дневное и ночное время суток соответственно. В данной установке для трансформации кровати установлены двигатели, которые производят шум в пределах 20-35 дБА. Так как регулировка кровати не постоянна, установка будет производить шум кратковременно.

4.3.3 Аномальные микроклиматические параметры воздушной среды

Микроклимат определяется действующими на организм человека показателями температуры, влажности и скорости движения воздуха. Длительное воздействие на человека неблагоприятных показателей микроклимата ухудшает его самочувствие, снижает производительность труда и приводит к заболеваниям. Поэтому в организации должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата, установленные СанПиН 1.2.3685-21. В палатах для взрослых больных допустимая температура воздуха составляет 20-26°C, расчетная – 20°C, относительная влажность воздуха не должна превышать 60% в соответствии с показателями допустимой и расчетной температуры воздуха в основных помещениях организаций, осуществляющих

медицинскую деятельность.

4.3.4 Факторы, связанные с электрическим током

Результатом воздействия электрического тока на организм человека являются электрические травмы, электрические удары и даже смерть [ГОСТ 12.1.009-2017]. Наиболее опасны электрические травмы в виде ожогов, возникающие на том месте тела человека, на котором происходит контакт с токоведущей частью электроустановки. Обычно электроожоги сопровождаются кровотечениями, омертвением пораженных участков тела. Механические повреждения возникают в результате сокращений мышц под действием тока, который проходит через тело человека.

Для переменного тока частотой 50 Гц допустимое значение напряжения прикосновения составляет 2 В, а силы тока – 0,3 мА, для тока частотой 400 Гц, соответственно – 2 В и 0,4 мА, для постоянного тока – 8 В и 1 мА.

Мерами защиты от воздействия электрического тока являются устройства автоматического контроля и сигнализации, изолирующие устройства и покрытия, устройства автоматического отключения и предохранительные устройства. При обслуживании электрических узлов установки, эксплуатационный персонал должен использовать средства индивидуальной защиты, такие как диэлектрические перчатки, инструмент с изолированными рукоятками, изолирующие клещи, указатели напряжения, согласно ГОСТ 12.1.019–2017 К самостоятельной работе с технологическим медицинским электрооборудованием допускаются лица, имеющие аттестацию по электробезопасности не ниже II группы.

4.4 Экологическая безопасность

В данном подразделе рассматривается характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду, выявляются предполагаемые источники загрязнения окружающей среды.

Так как основные компоненты кровати являются стальными, благодаря правильной утилизации стали в виде переработки металлического лома и

тому, что переработанная сталь имеет те же свойства, что и выплавленная из железной руды можно существенно снизить потребление энергии и объемы добычи железной руды. Процесс утилизации отходов из стали осуществляется с помощью переплавки для вторичного использования металла или посредством захоронения на специальных полигонах.

Большая часть лома черных металлов и сплавов, в том числе и используемые в производстве установки по степени их воздействия на состояние человека и окружающей среды принадлежат к V классу опасности – практически неопасные с очень низкой степенью опасности, при которой экологическая система не нарушается. [Федеральный закон "Об отходах производства и потребления" от 24.06.1998 N 89-ФЗ]

Этапы утилизации стали:

- проверка и сортировка;
- распределение по размерам и прессовка (при необходимости);
- транспортировка отходов из стали на территорию утилизации;
- радиационный контроль – проверка предметов на содержание в них радиации;
- отправка нерадиоактивного металла на переплавку, которой занимается специализированный завод, а опасного металла – на захоронение.

Медицинские отходы, обработанные химическими дезинфицирующими средствами, загрязняют окружающую среду. На стихийных свалках они выбрасывают в атмосферу вредные химические вещества, которые по ветру могут распространяться на несколько километров. Неправильное сжигание также способствует попаданию в окружающую среду токсичных металлов. Утилизация и классификация медицинских отходов регламентируется СанПиН 2.1.3684-21.

Средства личной гигиены и предметы ухода за больными с неинфекционными заболеваниями, дезинфицирующие вещества

причисляются к медицинским отходам класса А.

Поэтапно процесс сбора и утилизации выглядит так:

- сбор медотходов в местах образования в одноразовую тару, которая соответствует классу опасности;
- помещение их в многоразовые контейнеры для транспортировки в места временного хранения;
- пребывание мусора в местах накопления – до 24 часов в специальных или подсобных помещениях, дольше этого срока – в холодильной или морозильной камере;
- обеззараживание медицинских отходов при необходимости;
- транспортировка к месту утилизации на специально оборудованных автомобилях.

Основные методы утилизации медицинских отходов:

- утилизация мусора в комбинированных устройствах;
- химический метод – разложение в результате воздействия химических веществ;
- стерилизация производится с помощью паровых установок;
- термохимическое уничтожение.

4.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В данном подразделе проводится краткий анализ возможных чрезвычайных ситуаций (ЧС), которые могут возникнуть при разработке, производстве или эксплуатации проектируемого решения. Чрезвычайные ситуации могут быть техногенного, природного, биологического, социального или экологического характера.

Наиболее частая чрезвычайная ситуация – это пожар. Его возникновение может быть обусловлено следующими факторами: возникновение короткого замыкания в электропроводке, возгорание мебели и электроприборов, возгорание устройств искусственного освещения, нагрев проводов и возгорание изоляции, перезагрузка электрических сетей электропроводки,

однако, пожар может возникнуть и при неосторожном обращении с огнем. Основы противопожарной защиты предприятий определены ГОСТ 12.1.004-91.

В соответствии с Федеральным законом от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 14.07.2022) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности", пожары классифицируются по виду горючего материала.

При эксплуатации установки с наибольшей вероятностью могут возникнуть пожары классов А, В и Е. В качестве первичных средств пожаротушения целесообразно использование порошковых и углекислотных огнетушителей, оборудование пожарных кранов, ящиков с порошковыми составами (песок, перлит и т.п) и размещение пожарного инструмента – кирок, топоров и т.д.

В качестве противопожарной профилактики в больничном помещении должна предусматриваться автоматическая пожарная сигнализация и предусмотрен план эвакуации; система вентиляции должна быть оборудована устройством, обеспечивающим автоматическое отключение при пожаре; запрет курения в неустановленных местах; своевременная профилактика, осмотры, ремонты и испытание противопожарного оборудования.

При возникновении пожара необходимо сообщить о случившемся в службу спасения по телефонам «01», «112»; организовать эвакуацию людей (при эвакуации, не следует создавать паники, нужно двигаться в соответствии с планом эвакуации); использовать имеющиеся в помещении средства пожаротушения; если не удастся ликвидировать очаг пожара своими силами, то необходимо выйти из помещения и закрыть дверь, не запирая ее на замок, и следовать к запасному выходу согласно плана эвакуации.

Выводы по разделу

В результате выполнения раздела были проанализированы вредные и опасные факторы при проектировании и эксплуатации объекта. Произведен расчет по фактору недостатка необходимого освещения, полученные

фактические значения соответствуют нормативным. Согласно ПУЭ предполагаемое помещение для эксплуатации объекта соответствует I классу электробезопасности. Медицинский персонал для работы с установкой должен иметь аттестацию по электробезопасности не ниже II группы.

Согласно СанПиН 2.2.2776-10 для медицинского персонала, задействованного в эксплуатации установки принимается 2 класс тяжести труда.

В соответствии с СП 12.13130.2009, помещение принадлежит к категории умеренной пожароопасности, проанализированы методы противопожарной профилактики.

При рассмотрении влияния на окружающую среду установлено, что значительного негативного воздействия не оказывается, рассмотрены методы утилизации компонентов установки и эксплуатационных отходов для его снижения. Больничное учреждение относится к объектам, оказывающим негативное воздействие на окружающую среду IV категории [Постановление правительства РФ от 31 декабря 2020 г. N 2398].

Заключение

В ходе выполнения этой работы был проведен обзор литературы, рассмотрены различные варианты медицинского оборудования, проанализированы их достоинства и недостатки, сформированы основные требования к аппарату для реабилитации голеностопного сустава. На основании этого предложена концепция тренажера для активно-пассивной механотерапии и внедрение его в конструкцию имеющегося прототипа кровати-трансформера для людей с ограниченными возможностями. Данный тренажер обладает такими преимуществами, как небольшой вес и габариты, сравнительная простота конструкции, возможность гибкой индивидуальной настройки под конкретного пользователя, совмещение режимов активной и пассивной тренировки. Использование данного тренажера может значительно улучшить качество реабилитации и скорость выздоровления пациента. Представлены объемные модели объекта исследования, рассмотрен принцип работы, приведены эпюры прочностного расчета концептуальной модели. В дальнейшем планируется более тщательное развитие концепции данного тренажера.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» рассчитана финансовая эффективность разработки. В результате сравнительного анализа ресурсоэффективности и выявления отсутствия аналогов с предложенными функциями можно сделать вывод, что проект ресурсоэффективен.

В разделе «Социальная ответственность» рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации объекта исследования, опасные и вредные факторы, экологическая безопасность и безопасность в чрезвычайных ситуациях. Осуществлен расчет по фактору недостатка необходимого освещения при эксплуатации.

Список используемых источников

1. Рындина Ю.С. Разработка и исследование возможностей кровати-трансформера для людей с ограниченными функциями. - Томск, 2020. - 145 с.
2. Положение Фаулера: алгоритм размещения пациента // Mcfr.kz [Электронный ресурс]. URL: <https://med.mcfr.kz/article/1398-polojenie-faulera> (дата обращения: 10.03.2023).
3. Что такое Тренделенбург на функциональных кроватях // Медтехника №1 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.medtehnika-1.ru/trendelenburg-na-funktsionalnih-meditinskih-krovatyah/> (дата обращения: 10.03.2023).
4. Виды медицинских функциональных кроватей // Medtechnology.ru [Электронный ресурс]. URL: <http://www.medtechnology.ru/page/podrobnee-o-vidax-medicinskih-krovatej.html> (дата обращения: 11.03.2023).
5. Обзор кроватей Бурмейер // Medtechnology.ru [Электронный ресурс]. URL: <http://www.medtechnology.ru/page/obzor-krovatei-bumeier.html> (дата обращения: 15.03.2023).
6. MET TERNA Кровать функциональная медицинская с регулировкой высоты // Wwww.met.ru [Электронный ресурс]. URL: <https://www.met.ru/goods/17078/> (дата обращения: 15.03.2023).
7. Кровать медицинская функциональная 4-секционная. // Megi.ru [Электронный ресурс]. URL: <https://www.megi.ru/catalog/product/msk-3145-krovat-meditinskaya-funktsiona/> (дата обращения: 15.03.2023).
8. Кровать медицинская механическая Med-Mos E-8 (ММ-2024Д-00) с РУ // Entero.ru [Электронный ресурс]. URL: <https://entero.ru/item/139578> (дата обращения: 15.03.2023).

9. Аппарат для голеностопного сустава ORMED FLEX 02 [электронный ресурс]/<https://www.ormed.ru/katalog/passivnaya-reabilitatsiya/ormed-flex-02-dlyagolenostopnogo-sustava/>
10. Медицинские кровати - история возникновения // Medelia.ru [Электронный ресурс]. URL: <https://medelia.ru/info/articles/meditsinskie-krovati-istoriya-vozniknoveniya/> (дата обращения: 20.03.2023).
11. Основы эргономики / Зинченко В.П.; М.: МГУ, 1979 г.
12. Князев А. А., Логунов Е. Р. ЛЕЧЕНИЕ ТРАВМЫ ГОЛЕНОСТОПНОГО СУСТАВА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕХАНОТЕРАПИИ // Состав организационного комитета. – 2021. – С. 51.
13. Епифанов, В. А. Восстановительная медицина / В. А. Епифанов. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. – 592 с.
14. Епифанов, В. А. Лечебная физическая культура и массаж: учебник / В.А. Епифанов. – М.: ГЭОТАР-МЕД, 2002. – 560 с.
15. Справочник по медико-социальной экспертизе и реабилитации / под ред. М. В. Коробова и В. Г. Помникова. – СПб.: Гиппократ, 2003. – 800 с.
16. Современное представление вопроса лечения больных с повреждением голеностопного сустава (обзор литературы) // Cyberleninka.ru [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennoe-predstavlenie-voprosa-lecheniya-bolnyh-s-povrezhdeniem-golenostopnogo-sustava-obzor-literatury/viewer> (дата обращения: 30.05.2023).
17. Аппараты для активно-пассивной механотерапии конечностей // Ормед [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ormed.ru/prensa/mehanoterapiya/> (дата обращения: 07.04.2023).

18. Шаговые двигатели NEMA // Ivcnc.ru [Электронный ресурс]. URL: <https://ivcnc.ru/index.php/kategorii/category/view/66> (дата обращения: 20.04.2023).
19. Устройства управления электродвигателями // Engineering-solutions.ru [Электронный ресурс]. URL: <https://engineering-solutions.ru/motorcontrol/controller/> (дата обращения: 20.04.2023).
20. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 19.12.2022, с изм. от 11.04.2023).
21. ГОСТ Р ИСО 14738-2007. Безопасность машин. Антропометрические требования при проектировании рабочих мест машин.
22. ГОСТ 23000-78. Система «человек-машина». Пульты управления. Общие эргономические требования.
23. ГОСТ 22269-76. Система «человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.
24. ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.
25. Свод правил СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение». Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.
26. СП 51.13330.2011 «Защита от шума». Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003.
27. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».
28. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».
29. ГОСТ 12.1.009-2017. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Термины и определения.

30. ГОСТ 12.1.019-2017. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
31. СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий».
32. ГОСТ 12.1.004-91. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования.
33. Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" от 22.07.2008 N 123-ФЗ».

Приложение А
(справочное)

Literature review

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ11	Андрюков Е.Р.		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМШ	Крауиньш Д.П.	к.т.н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Преподаватель	Тайдонова Светлана Сергеевна	к.ф.н.		
Доцент	Полякова Наталья Владимировна	к.ф.н., доцент		

1. Literature review

1.1 History of the origin of the research object

A medical bed is a specialized bed designed for use both in medical institutions such as hospitals, clinics, rehabilitation centers, and in the home. It has special functionality and design features which allow to provide maximum comfort and safety of patients, as well as facilitate the work of medical personnel.

Currently, the market of medical beds filled with different models that combine comfort and functionality, equipped with various devices to improve patient comfort. However, prior to the X-XI centuries, there was no such thing as a "medical bed". Then, when it was necessary to transport patients, they used only a stretcher, which later became the prototype of modern medical beds.

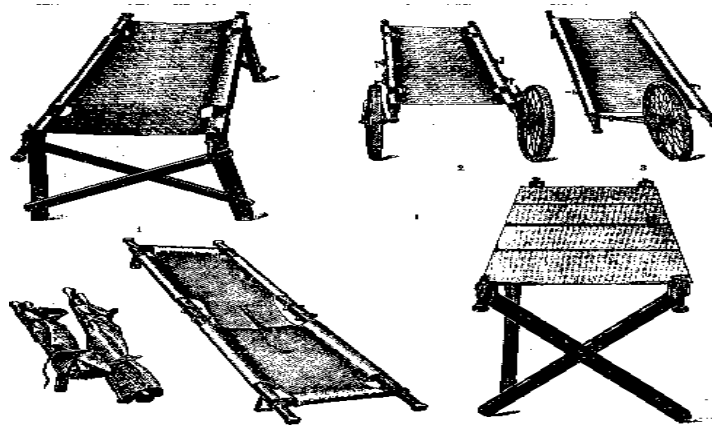


Fig. 1 – Traditional stretchers

Later, in the 19th century, in England, stretchers were transformed into "palanquins". The difference of the latter was a roofed top, allowing to hide a person from the eyes of onlookers. Stretchers were not a bed as such, as they served to move patients, not for their comfort. Around this time, the first beds with side railings appeared.



Fig. 2 – Palanquin

The creator of the first modern medical bed is considered Dr. Willis Dew Gatch, who taught at Indiana University School of Medicine. At the beginning of the twentieth century, his mechanically powered three-section beds with adjustable positioning began to spread throughout European hospitals. His bed set a new standard for comfort and convenience of care, gradually replacing the traditional medical beds.

In 1945, Dr. Marvel Darlington Beem created the first electrically-driven medical bed with a built-in toilet. In addition, it now had many functions through which the patient could perform the necessary hygienic and domestic activities independently. For example, he was able to raise his head and legs at the push of a button without the need to involve medical personnel, to wash his face with the help of a sink with water built into the bed. The bed was also equipped with a special panel with a remote control for doors and blinds. With its help it was also possible to choose optimal light and call the personnel. Such a design in many respects resembled a modern bed best suited for all medical procedures and proper rest.

1.2 Features of modern medical beds

Modern medical beds have a design that includes several sections that can change the angle of inclination. The multi-section design of the bed allows patients to assume a semi-sitting position with their shoulders elevated at a 45-60 degree angle, known as the Fowler position. Dr. George Ryerson Fowler, the American surgeon after whom this position was named, has proven its positive effect on the

health and general well-being of the patient. The Fowler position reduces tension in the patient's abdomen, speeds up the lung recovery process, and improves his overall well-being.

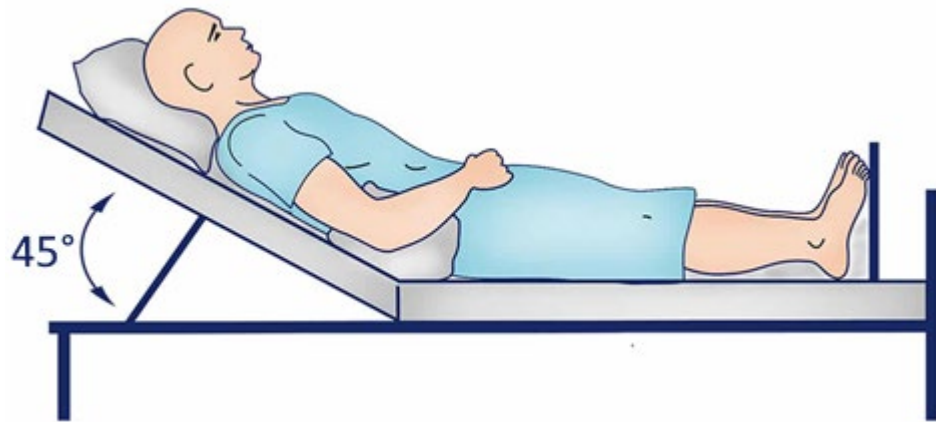


Fig. 3 – Fowler's position

The Trendelenburg position is a special position in which patients who have undergone pelvic surgery are positioned. In this position, the hips are elevated and the body is head down at an angle of 30-40 degrees. It is believed that this posture promotes blood flow to the brain, heart and kidneys, which is necessary in cases where blood is difficult to circulate in the body, which can lead to loss of consciousness or hemorrhagic shock. The creation of the Trendelenburg position is attributed to Friedrich Trendelenburg, a 19th century German surgeon.



Fig. 4 - Trendelenburg position

The main characteristic of a medical functional bed is the number of sections. There can be from one to four sections, so the maximum number of sections allows

a more flexible and individual choice of the bed inclination and provides the greatest comfort and possibility to perform medical manipulations, but the price in this case rises with increasing number of sections.

A bed with one section allows the patient's head and shoulders to be lifted - this prevents respiratory problems, allows to eat comfortably and alleviates pain in the cervical spine.

If the bed is equipped with two sections, this allows for positioning not only the head and shoulders, but also the legs, which is especially important if the patient has a lower extremity injury.

However, the bed with three or four sections allows controlling the position of the body in the pelvic area.

There are different adjustment mechanisms for the bed, which have a significant influence on its cost. The simplest, most affordable and reliable type of adjustment is mechanical. It can include adjustment screws, where the position of the section is adjusted manually, or a mechanical actuator, which allows you to adjust the height of the bed section by turning a knob.

Modern medical beds are usually equipped with a more convenient and modern type of adjustment – electric. It is an electric actuator that is controlled by remote control. Most models of medical beds use this type of adjustment. There are also different types of bed regulators, such as pneumatic and hydraulic. Their operation is controlled by pneumatic springs or by a hydraulic actuator, respectively.



Fig. 5 – MET Terna bed with electric drive

The following is a discussion of the different types of mechanical gears that are used in manually-operated medical beds. One of these types is the pneumatic drive beds. The pneumatic transmission is a set of elements that drive the device using compressed air energy. The design of the air-transmission bed is based on using a pneumatic spring, which allows you to change the angle of inclination of the various bed sections. The pneumatic spring is a spring, the elastic element of which is a gas in a cylinder that is compressed by the pressure of a piston.



Fig. 6 – Medical bed with pneumatic transmission

Different types of gears, such as worm gears, rack and pinion gears, spur gears, etc., are used for manually operated medical beds.

The worm gear provides mechanical transmission of motion through the engagement of the worm with the wheel, which is driven by the rotation of the crank.

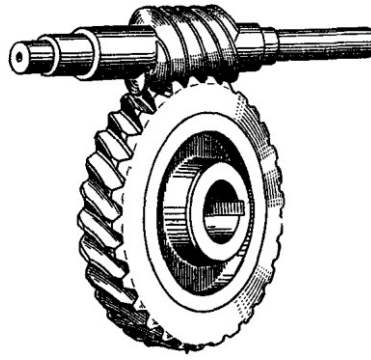


Fig. 7 – Worm gear

The rack type mechanical transmission converts the rotary motion of the pinion into a translational motion of the rack. In manual operation, the movement to the pinion is also transmitted through the crank.



Fig. 8 – Rack gear

Cylindrical gears consist of two basic elements, a pinion and a wheel. In this type of transmission, the momentum of motion is transferred to the pinion, thus increasing the torque of the force transmitted to the wheel.



Fig. 9 – Cylindrical gear

1.3 Problems of the ankle joint

The ankle joint is the connection between the human shin and foot. It consists of three bones: the tibia and fibula, and the ankle that connects them together.

The ankle joint allows a person to perform a variety of movements such as walking, running, jumping, and others. It also provides support for the body and cushioning when walking and running.

There are many muscles, tendons and ligaments around the ankle joint that keep it stable and functional. However, because of the great stress the ankle joint receives during physical activity, it is prone to injury and various diseases, such as sprains, dislocations, osteoarthritis and others.

The ankle joint accounts for 10.2-26.1% of all musculoskeletal injuries. Even after quality treatment, these injuries can lead to disability in 3-12% of cases. About 54% of fractures and dislocations of the ankle joint occur at a young age, when it is important to maintain ability to work. This type of injury is classified as a severe injury to the musculoskeletal system.

Patients need to continue rehabilitation for several months, because immobilization can lead to limitation of movement of the foot. An individual approach to each patient is necessary to restore the function of the joint. Usually this treatment is supervised by a rehabilitator and takes a long time. Massage, physiotherapy and therapeutic physical training are part of the rehabilitation program and they are directed to strengthening muscles and ligaments, improvement of metabolic processes in tissues, regulation of blood circulation and restoration of functions of the damaged joint. These methods require the presence of medical personnel, as well as time and financial expenses from both the patient and the health care system.

Ankle injuries are a serious problem and are the most common among injuries of the lower extremities. Although traumatologists around the world pay special attention to this problem, the treatment of ankle injuries is still a challenge. The problem is complicated by the difficulty of treatment, frequent complications and

not always positive results, which occur in more than 1/3 of patients. After conservative treatment unsatisfactory results occur in 2-37% of cases and after surgical treatment in 4-39%.

1.4 Ankle disorders to be rehabilitated

Injuries to the ankle joint can be varied and affect different parts of it, including bones, ligaments, muscles and nerves.

Inflammation, arthritis can occur with trauma, infectious disease, and immune system dysfunction. This includes tendonitis, which is inflammation of the Achilles tendon.

Arthrosis of the ankle joint is a chronic disease characterized by the gradual destruction of cartilage and bone tissue. It occurs most often in the elderly and can be one of the main causes of disability in patients over the age of 70. When the ankle joint is destroyed, it loses its mobility, which leads to severe pain.

Foot paresis, also known as "horsefoot," is a condition characterized by severe weakness of the lower leg and foot muscles. As a result of this defect, the foot does not rise fully, causing the foot to drag or flop when walking. Foot palsy is not an independent disease, but rather a sign of pathology in the nervous, muscular or bony structure. Foot palsy can occur as a unilateral or bilateral disorder.



Fig. 10 – Foot paresis

Osteochondrosis, intervertebral hernias, and various types of radiculitis are also common causes of ankle disorders. Curvature of the spine causes unequal load on the legs. They can also be caused by a pinched sciatic nerve.

1.5 Tasks of ankle rehabilitation

The main objectives of rehabilitation of the ankle joint of the recovery period: to reverse the processes of muscle atrophy and destructive changes in the vessels; to return mobility to the joint; to prevent fluid stagnation in the recovering limb; to increase the motor activity of the joint.

In the early stages of rehabilitation, it is necessary to perform the simplest movements of the foot in small ranges at a slow pace. Such movements as plantar and dorsiflexion, as well as pronation and supination. Once the rehabilitator has noticed an improvement in the ankle's motor function, you can gradually increase the range of motion.

All treatment and rehabilitation measures are determined by the severity of the injury suffered, as well as the individual characteristics of the patient. It is very important to load the ankle joint gradually.

In the final stage of recovery, you should start gradually combining these two movements, making circular movements with the foot. And also continue but with more angles until the ankle is able to move within its normal range of motion. The normal ranges of motion of the foot are shown in Figure 4.

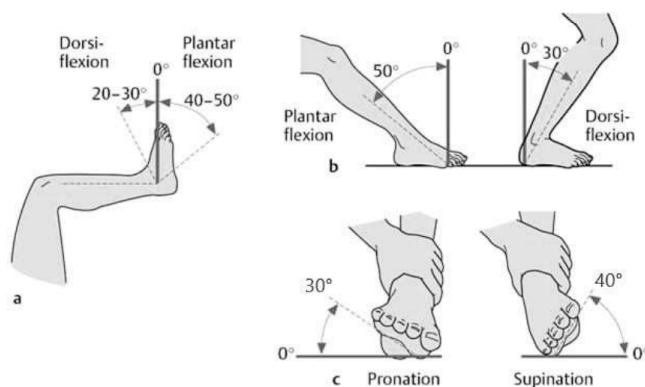


Fig. 11 – Range of motion of a healthy ankle

Currently, there are many machines for mechanotherapy, and in order to organize them, they are classified according to different characteristics. Such a subgroup as simulators allow dosage of physical loads when performing a variety of exercises.

In the devices of active action, the patient makes the foot movement, applying their own physical effort. Passive-action devices mean that the movements will be made by actuators, driving the patient's feet with the help of electric motors. Mechanically, active devices are block, lever and other mechanisms driven by the patient. Passive-acting devices, in addition to mechanical modules, have electric drives, which are divided into subgroups with drives of rotary motion and with actuators of translational motion. An important element of these devices is the actuator control system. A distinction is made between devices with open and closed control systems. In the latter case, various types of feedbacks are used, providing control of motion of actuating elements and force-moment interaction.



Fig. 12 – Rehabilitation device ORMED FLEX 02

On the basis of the analysis of developments in the field of medical furniture for rehabilitation and problems related to the ankle joint, we formulated such tasks as modernizing the previously developed prototype of a medical transformer bed for rehabilitation of immobilized patients, taking into account the high frequency of dysfunction of the ankle joint and integrating into the prototype a specialized device for training the above-mentioned joint. The relevance of such a device is high. It is necessary that the rehabilitation device could change the position of the person's foot with a given speed, thereby performing the trajectories of movement selected by the rehabilitation therapist, necessary for the restoration of the joint. By keeping the correct angles of the patient's foot, as well as its precise positioning, rehabilitation will be faster and better than therapy without a special device.