

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

---

Инженерная школа новых производственных технологий  
Направление подготовки: 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»  
Отделение школы (НОЦ): Отделение материаловедения

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Разработка и исследование возможностей кровати – трансформера для людей с ограниченными функциями</b>

УДК: 684.422-182.7-056.24

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ81	Рындина Юлия Сергеевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Крауиньш Д.П.	К.Т.Н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Кащук И.В.	К.Т.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД	Романцов И.И.	К.Т.Н.		

По разделу «Иностранный язык»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ	Диденко А.В.	К.Ф.Н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОМ	Крауиньш П.Я.	Д.Т.Н.		

Томск – 2020

## РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

по основной образовательной программе подготовки магистров по направлению 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», профиль подготовки «Конструирование технологического оборудования» инженерная школа новых производственных технологии, отделение материаловедения, руководитель ООП Крауиньш П.Я.

Код результата	Результат обучения
Профессиональные компетенции	
P1	Применять глубокие естественнонаучные и математические знания для создания нового технологического оборудования и машин.
P2	Применять глубокие знания в области современных методов проектирования и технологий машиностроительного производства для решения междисциплинарных инженерных задач
P3	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа, связанные с созданием технологических машин и их эксплуатацией, с использованием производственных испытаний, системного анализа, моделирования объектов и процессов машиностроения
P4	Разрабатывать и проектировать новое оборудование и технологические машины и использовать новое оборудование, и инструменты для производства изделий, конкурентоспособных на мировом рынке машиностроительного производства
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования при создании современных высокоэффективных машин, технологий производства изделий, материалов, нано технологий

P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные высокотехнологичные линии автоматизированного производства, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на машиностроительном производстве, выполнять требования по защите окружающей среды
Универсальные компетенции	
P7	Использовать глубокие знания по проектному менеджменту для ведения инновационной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
P8	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации
P10	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах устойчивого развития
P11	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

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

---

Инженерная школа новых производственных технологий  
Направление подготовки: 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»  
Отделение школы (НОЦ): Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

\_\_\_\_\_ Крауиньш П.Я.  
(Подпись) (Дата)

### ЗАДАНИЕ

#### на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
4НМ81	Рындиной Юлии Сергеевне

Тема работы:

Разработка и исследование возможностей кровати – трансформера для людей с ограниченными функциями

Утверждена приказом директора (дата, номер) №5970/с от 28.02.20

Срок сдачи студентом выполненной работы:

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

##### Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия

**Объект исследования:** Средства реабилитации людей с ограниченными возможностями.

**Предмет исследования:** Кровать-трансформер, как многофункциональное реабилитационное устройство.

1. Кровать;
2. Массажный стол;
3. Тренажер.

в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).	
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	1. Литературный обзор; 2. Проектирование и расчеты; 3. Математическое моделирование устройств подъёма кровати; 4. Анализ результатов.
<b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей)	Трёхмерная модель установки
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> (с указанием разделов)	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кашук И.В.
Социальная ответственность	Романцов И.И.
Иностранный язык	Диденко А.В.
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	<b>02.03.2020</b>
--	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Крауныш Д.П.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ81	Рындина Юлия Сергеевна		

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

Студенту:

Группа 4НМ81	ФИО Рындина Юлия Сергеевна
-----------------	-------------------------------

Школа	ШБИП	Отделение школы (НОЦ)	Материаловедения
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 НИОКР: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов, стоимость спецоборудования, тарифные ставки исполнителей НИОКР.
2. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Общая ставка взносов во внебюджетные фонды – 30%.

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)	Анализ конкурентных технических решений, SWOT-анализ.
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения НИОКР	Составление перечня этапов и работ, распределение исполнителей, определение трудоемкости выполнения работ, разработка графика проведения НИОКР.
3. Составление бюджета НИОКР	Расчет бюджета ОКР
4. Оценка финансовой эффективности НИОКР	Определение бюджетной эффективности и оценка научно-технического уровня конструкторских разработок.

**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	02.03.2020
--	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кащук Ирина Вадимовна	к.т.н		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ81	Рындина Юлия Сергеевна		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
4НМ81	Рындина Юлия Сергеевна

<b>Школа</b>	<b>ИШХБМТ</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>Материаловедения</b>
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Тема ВКР:

<b>Разработка и исследование возможностей кровати – трансформера для людей с ограниченными функциями</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования – медицинская автоматизированная кровать для реабилитации неходячих больных. Рабочая зона – медицинские учреждения, реабилитационные центры, дома, квартиры. Область применения – реабилитация людей с ограниченными возможностями.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b>	ГОСТ 12.1.012-2004; ГОСТ 12.4.026-2015; ГОСТ 12.4.299-2015; ГОСТ 12.1.003-2014; ГОСТ 12.2.003-91; ГОСТ 12.2.062-81; ГОСТ Р 22.0.02-2016; СанПиН 2.2.4.548-96; СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03; СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03; СанПиН 2.1.3.2630-10.
<b>2. Производственная безопасность:</b>	Выявить вредные факторы при производстве и эксплуатации установки: освещенность, шум, микроклимат, химические вещества. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Требования к технике безопасности при производстве и эксплуатации;</li> <li>• Влияние психофизиологических факторов: монотонность труда, физические и эмоциональные перегрузки, умственное перенапряжение</li> <li>• Предлагаемые средства защиты для работы на производстве: коллективная защита (вытяжные шкафы, вентиляция); индивидуальные средства защиты (перчатки, спецодежда, респираторы, маски, очки).</li> </ul>

	<p>Выявить опасные факторы при производстве и эксплуатации, относящиеся к оборудованию: повышенная температура рабочей поверхности, электрический ток, короткое замыкание, механические повреждения.</p> <p>Предлагаемые средства защиты: перчатки, ухваты, спецодежда.</p>
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	<p>Рассмотреть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Утилизацию компонентов установки.</li> <li>• Влияние на селитебную зону отсутствует.</li> </ul>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<p>Возможная ЧС: Пожар.</p> <p>Предупреждающие меры: повышение уровня электроизоляции, устройство оповещения при пожаре, датчики дыма</p> <p>Меры по повышению устойчивости объекта к пожару: соблюдение техники безопасности.</p> <p>Действия и меры по ликвидации пожара: соблюдение техники безопасности, вызов пожарных.</p>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	<b>02.03.2020</b>
---	-------------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Романцов Игорь Иванович	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ81	Рындина Юлия Сергеевна		



## **Реферат**

Выпускная квалификационная работа содержит пояснительную записку, состоящую из 145 страницы. Включает в себя 83 рисунка и 21 таблицу. Процент заимствований составляет 16,37 % (см. Приложение К).

Ключевые слова: кровать, реабилитация, медицина, многофункциональность, конструкция, адаптивность, медицинское оборудование.

Объектом проектирования является медицинская автоматизированная кровать для реабилитации неходячих больных.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка и исследование возможностей кровати – трансформера для людей с ограниченными функциями.

В результате процесса разработки создана многофункциональная модель кровати – трансформера.

В процессе исследования проводились исследования разработки вариантов дизайнерских решений устройства, формирование основного концепта и прототипирование объекта.

В результате исследования был спроектирован проект по созданию и исследованию медицинской функциональной кровати, созданы презентационные материалы и объемно-пространственная модель.

Результаты проекта по разработке медицинской функциональной кровати могут быть внедрены в процесс создания медицинских кроватей для российских клиник. Объект соответствует всем требованиям и сохраняет все важные функции, предъявляемые к многофункциональным медицинским кроватям.

Экономическая эффективность/значимость работы: проект экономически выгоден для дальнейшей разработки и использования.

## **Нормативные ссылки**

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. СанПиН 2.1.3.2630-10. «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность».
2. ISO 26000:2010 «Руководство по социальной ответственности».
3. ГОСТ 12.2.032 – 78 ССБТ. «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования».
4. ГОСТ 12.0.003 – 2015 ССБТ. «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
5. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278 – 03. «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий».
6. СанПиН 2.2.4.548 – 96. «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».
7. ГОСТ 30494 – 2011. «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».
8. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».
9. СНиП 23 – 05 – 95. «Естественное и искусственное освещение».
10. ГОСТ 12.0.002 – 2014. «Система стандартов безопасности труда. Термины и определения».
11. ГОСТ 12.1.019 – 2017 ССБТ. «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».
12. ГОСТ 12.1.004 – 91 ССБТ. «Пожарная безопасность».
13. СНиП 21 – 01 – 97. «Пожарная безопасность зданий и сооружений».
14. СанПиН 2.2.4.3359-16. «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах».

## СОДЕРЖАНИЕ

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ.....	2
ЗАДАНИЕ .....	4
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ» .....	6
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ».....	7
Реферат .....	9
Нормативные ссылки .....	10
ВВЕДЕНИЕ.....	15
Объект проектирования и актуальность разработки.....	16
Цели проводимой работы.....	16
Обоснование для разработки .....	16
Основное содержание работы .....	16
Методы исследования .....	16
Источники для разработки.....	16
Задачи, предполагаемые к выполнению в условиях диссертации.....	16
1. АНАЛИТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....	17
1.1 Медицинская кровать. Появление и трансформация с течением времени	17
1.2 Особенности больных с ограниченными возможностями .....	18
1.3 Конструкция и функциональные особенности реабилитационных кроватей .....	26
1.4 Современные медицинские кровати. Обзор производителей и предложений .....	30
2. КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ .....	36
Конструкция №1.....	36

Конструкция №2.....	56
3. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УСТАНОВКИ.....	67
Расчетная схема с актуатором .....	69
Расчетная схема с гидроцилиндром.....	76
Расчетная схема с реечной передачей.....	83
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	91
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	91
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	91
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	92
4.1.3 SWOT-анализ .....	96
4.2 Планирование научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ .....	100
4.2.1 Структура предполагаемых работ в рамках НИОКР .....	100
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ .....	102
4.3 Бюджет опытно-конструкторских работ .....	105
4.3.1 Материальные затраты .....	105
4.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ .....	107
4.3.3 Основная заработная плата .....	108
4.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей работ .....	109
4.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	109
4.3.6 Формирование бюджета затрат ОКР .....	110
4.4 Анализ и оценка научно-технического уровня исследования .....	111

5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	114
Введение.....	114
5.1 Производственная безопасность .....	114
5.2 Анализ выявленных вредных факторов при производстве и эксплуатации проектируемого решения .....	116
5.2.1 Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	116
5.2.1.1 Расчёт освещения в больничной палате .....	117
5.2.2 Повышенный уровень шума .....	119
5.2.3 Отклонение показателей микроклимата.....	120
5.2.4 Химические вещества.....	120
5.3 Анализ выявленных опасных факторов при производстве и эксплуатации проектируемого решения .....	121
5.3.1 Пониженная температура поверхностей оборудования, материалов	121
5.3.2 Электрический ток.....	121
5.3.3 Острые кромки, заусенцы, шероховатости на поверхности заготовок, деталей оснастки и инструментов.....	122
5.3 Экологическая безопасность.....	122
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	123
5.4.1 Необходимые действия при возникновении пожара в помещении....	124
Вывод.....	124
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	125
Список литературы .....	128
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	133
(справочное).....	133
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	139

ПРИЛОЖЕНИЕ В .....	140
ПРИЛОЖЕНИЕ Г .....	141
ПРИЛОЖЕНИЕ Д .....	142
ПРИЛОЖЕНИЕ Е.....	142
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж .....	143
ПРИЛОЖЕНИЕ И .....	143
ПРИЛОЖЕНИЕ К .....	144

## **ВВЕДЕНИЕ**

В этапах лечения сложных заболеваний важную роль играет восстановительная терапия.

Восстановительная терапия призвана:

- Предупреждать возможные осложнения у пациента;
- Снимать боли и уменьшать ограничения в подвижности больного
- Обеспечивать психологическую стабильность больного
- Вернуть пациента к активной жизнедеятельности.

Медицинское оборудование помогает осуществлять все эти функции восстановительной терапии. В частности, речь идет о медицинских кроватях, которые в современных условиях способны обеспечить движением даже абсолютно неподвижного человека: приподнять шею, ноги, тем самым обеспечивать человеку положение не только лежа, но и полусидя и так далее.

Однако на данный момент возможности медицинского оборудования все еще могут быть расширены. Многофункциональность подразумевает способность кровати выполнять множество разных функций.

В идеальной картине кровать – это не место, где больной лежит практически неподвижно. Кровать должна быть местом выздоровления, а значит не только местом отдыха, а еще и местом активной релаксации мышц и связок, а значит (массажным столом), местом тренировки тела (тренажером для больного).

Все это возможно в условиях одного оборудования и позволит ему тогда по праву называться многофункциональным. Многофункциональные кровати востребованы уже здесь и сейчас, люди болеют всегда.

Данная магистерская диссертация появилась не просто так, запрос на исследование и создание многофункциональной кровати был выдвинут Томской компанией Техномед, которая вот уже многие годы спасает судьбы людей, в частности детей с ограниченными возможностями. Представленная работа – это шаг на пути к здоровью тех, кто так остро в этом нуждается и хочет жить.

## **Объект проектирования и актуальность разработки**

### **Цели проводимой работы**

Создание и исследование многофункциональной кровати-трансформер, которая будет выполнять функции кровати, тренажера, массажного стола для обеспечения скорейшей реабилитации больного.

### **Обоснование для разработки**

Актуальность работы обусловлена неспособностью современных многофункциональных кроватей обеспечить одновременно роль тренажера для ног, массажного стола, кровати и кресла, а также невозможностью кроватей быть одинаково адаптивными для людей с разными параметрами роста, и неспособностью кроватей-тренажеров выводить больного в положение стоя.

### **Основное содержание работы**

Создание и анализ математической и экспериментальной модели с целью исследования работы механизмов многофункциональной медицинской кровати и выявление оптимальных параметров узлов кровати для бесперебойной работы.

### **Методы исследования**

В качестве метода исследования выберем расчетный метод, этот метод позволяет точно оценивать и анализировать полученные данные.

Расчетный метод будем использовать, как в ключе расчетов, производимых вручную, так и в математических программах.

### **Источники для разработки**

Источником для разработки являлись разработки и рекомендации компании Техномед, для которой непосредственно и создавалось изделие, а также результаты, полученные при выполнении научно-исследовательских работ.

### **Задачи, предполагаемые к выполнению в условиях диссертации**

- Рассмотреть стандартные конструкции современных кроватей: функционал, особенности движения составных частей конструкции.
- Рассмотреть предложения рынка современных медицинских кроватей, выявить достоинства и недостатки.



- Разработать 3-d модель кровати-трансформер, а также необходимую конструкторскую документацию.
- Провести необходимые исследования кровати, которые позволят изделию быть технологичным, долговечным, работоспособным, устойчивым к колебательному воздействию.
- Обеспечить экономическую целесообразность изделия.
- Обеспечить безопасность человека при использовании изделия.

## **1. АНАЛИТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

Данный раздел посвящён рассмотрению информации о медицинских кроватях для людей с ограниченными возможностями.

Предоставлена краткая специфика и особенности тела и психики людей с ограниченными возможностями.

Рассматриваются вопросы о том, что такое медицинская кровать, для каких целей она предназначена. Тенденции развития конструкторских решений при проектировании медицинских кроватей.

### **1.1 Медицинская кровать. Появление и трансформация с течением времени**

Медицинская кровать – это кровать, конструкция которой предназначена для размещения на ней лежачих больных в условиях послеоперационного периода или длительного медицинского лечения в различных социальных учреждениях, таких как: больница, дом престарелых или на дому.

Средства для переноса больных не способных передвигаться самостоятельно были всегда, как минимум, очень часто на Земле были войны, раненые, тяжелые инфекционные заболевания, не говоря уже о возможных каких-то индивидуальных отклонениях человека.

Так до X-XI века роль медицинской кровати заменяли носилки: их использовали и в больничных учреждениях, и на улице.



Рисунок 1 – Носилки для передвижения неходячих больных

Далее в XIX веке произошло преобразование носилок в палантин. Палантин отличался от носилок лишь тем, что имел крытый верх и позволял укрыть больного человека от посторонних глаз.



Рисунок 2 – Палантин

Первая медицинская кровать с откидным боковым ограждением была создана в Англии в 1815–1825 гг. Первая секционная кровать была изобретена врачом Уиллисом Дью Гатчем. В 1945 году появилась первая медицинская автоматизированная кровать с электроприводом, ее представил Марвел Дарлингтон Бим из Лос-Анжелеса.

Особенности конструкции кроватей: наличие секций и другие особенности, а также особенности приводов реабилитационных кроватей будут подробно рассмотрены в пункте 1.3.

## **1.2 Особенности больных с ограниченными возможностями**

Дадим определения о том, какого человека можно назвать лицом с ограниченными возможностями или инвалидом.

Инвалид – это человек имеющий стойкое нарушение функций организма, возникающих в последствии врожденных или полученных при жизни травм, а также дефектов, приводящих к ограничениям в жизнеспособности и потребности в социальной защите.



Рисунок 3 – Человек с ограниченными возможностями

Люди, получающие травмы и дефекты нуждаются в лечении и в процессе реабилитации. Под понятием реабилитация инвалидов понимают: систему мероприятий медицинского, психологического, педагогического социального плана, которые будут направлены на восстановление жизнеспособных функций организма и социальных возможностей инвалида. [6]

У инвалидов наблюдаются развивающиеся процессы болезней психического и физического плана.

Говоря о психики: у людей с ограниченными возможностями наблюдаются такие личностные характеристики, как обидчивость, ипохондричность, обидчивость, склонности формировать навязчивые идеи и мысли, высокий уровень тревожности, тоскливый фон настроения, депрессивность и так далее.

В качестве избегания данных синдромов рекомендуют повышать социальную активность инвалидов (общение, участие в соц. проектах и так далее), а также физическую активность (гимнастика, по возможности плавание), углубление процессов обучения (освоение чего-то нового и полезного) и прочее.

Говоря о физических проблемах, возникающих у людей с ограниченными возможностями при длительной реабилитации и в частности пастельном режиме, можно выявить: проблемы с кожей, проблемы с сосудами, проблемы органов дыхания, органов желудочно-кишечного тракта, проблемы мышечной активности, суставов и костей, нервной системы, мочевыделительных органов, органов слуха.

Разберем кратко каждую проблему.

#### *Проблемы кожи.*

При длительном лежании больного в одном и том же положении его кожа претерпевает значительные внешние воздействия: кожа испытывает трение о одежду и сдавливание между тканями человеческого тела (между костями и мышцами), кожа испытывает трение о поверхность матраса, крошки и складки белья, подвергается воздействию пота и мочи. В связи с этим у больных наблюдаются опрелости и пролежни, сухости в коже, расчесывания кожи или же повышенная влажность кожи. [4]



Рисунок 4 – Проблемы кожи. Пролежни

Профилактика данной проблемы заключается в выполнении регулярных процедур гигиены, а также самое главное, в регулировании положения тела больного: врачи рекомендуют менять положение тела больного не способного к самостоятельному движению в идеале раз в час.

### *Проблемы сосудов.*

При длительном пребывании больного в лежачем положении очень страдают сосуды. Особенно сосуды, находящиеся в нижних конечностях, испытывают полное или частичное сдавливание.

Недостаток активного движения и сокращения в мышцах и, как следствие, выдавливание крови из венозного русла порождает снижение кровотока. Снижение кровотока может привести к образованию тромбов сосудов (закупориванию сгустками крови просвета сосуда).



Рисунок 5 – Проблемы сосудов

В целях профилактики данного заболевания необходимо создавать для нижних конечностей возвышенное положение, также бинтование ног эластичными бинтами, применение гимнастики для ног.

### *Проблемы органов дыхания.*

Когда человек находится в положении лежа, объем его легких становится меньше, если сравнивать, например, с положением сидя. Отсутствие движения приводит к образованию мокроты в легких и усложняет дыхание, что является легочным инфекционным процессом. [22]



Рисунок 6 – Проблемы органов дыхания

Для профилактики данных нежелательных явлений необходимо движение пациента в кровати, а также проведение дыхательной гимнастики.

*Проблемы органов желудочно-кишечного тракта.*

Ограниченные движения больного, приводят к понижению тонуса толстой кишки, а в последствии, зачастую, к запорам, к каловой интоксикации организма больного. Зачастую запоры так же развиваются из-за того, что больные вынуждены обращаться за сторонней помощью и испытывают психическое неудобство при этом. Также нередко запоры сменяются поносами. Желудочный тракт становится очень восприимчив к рациону питания и любым внешним факторам.



Рисунок 7 – Проблемы органов ЖКТ

Профилактикой данных проблем будет создание комфортабельных условий для отправления физических надобностей человека, а также массаж и гимнастика брюшных стенок живота и соответствующая диета.

*Проблемы мышечной активности.*

Медициной установлено, что в результате полной ограниченности движений больной может терять до 3 % мышечной массы в сутки. В течении месяца при нахождении больного без движения, мышцы могут быть полностью атрофированы и больной уже не сможет шевелиться без помощи окружающих.



Рисунок 8 – Мышечной активности.

В качестве профилактики данной ситуации необходимо обеспечивать движения больного в кровати (перевороты, массаж, посильные упражнения для больного). [24]

#### *Проблемы с суставами.*

Ограничение активных и пассивных движений в суставах в результате пребывания больного в длительном неподвижном состоянии и потери мышечной активности называется контрактура. Данное ограничение чревато тем, что приводит к тяжелым функциональным расстройствам и больной теряет способность к передвижению, способности обслуживать себя и работать.



Рисунок 9 – Проблемы суставов

Во избежание данного заболевания рекомендуют: активную и пассивную гимнастику для больного, обеспечение правильного положения конечностей (положение, которое соответствует среднему физиологическому), проведение мероприятий, которые направлены на уменьшение боли в суставах.

#### *Проблемы с костями.*

При отсутствии движений у организма уходит потребность в крепких костях и из костей обильно вымывается кальций. В результате чего кости становятся очень хрупкими, происходит развитие остеопороза. В результате малой активности пациента в костном мозгу снижается выработка тромбоцитов и других

клеток крови, в результате чего у пациента могут возникнуть спонтанные кровотечения.



Рисунок 10 – Проблемы костей, остеопороз

Чтобы предотвратить заболевания костей также показаны всяческие возможные движения больного и массаж.

#### *Проблемы нервной системы.*

К проблемам нервной системы в первую очередь можно отнести проблемы бессонницы по ночам. Обращение к снотворным делает сон поверхностным и больной не получает должного отдыха, что приводит к раздражительности и депрессии.

При длительном пребывании больного в лежачем состоянии проявления заболеваний нервной системы усиливаются. Например, для реабилитации больного без проявлений нервных расстройств, месяц пробывшего в гипсе понадобится приблизительно месяц, чтобы вновь начать ходить без костылей, если у человека есть проблемы с нервной системой, то понадобятся 4-5 месяцев. [12]

Также постоянное проведение больного в постели делает его оторванным от социума и больные начинают страдать одичалостью, зажимаются мышцы, человек находится в постоянном напряжении.



Рисунок 11 – Проблемы нервной системы. Бессонница



Для нормализации нервной системы необходимо организовывать досуг больных, поощрять его любую самостоятельную деятельность, сделать жизнь больного по возможности наиболее физически активной (упражнения, хождения с ходунками, держась за поручни (если возможно) и так далее.

#### *Проблемы мочевыделительной системы.*

Длительное лежание больного в постели приводит к тому, что моча долго задерживается в лоханке и способствует развитию инфекционных заболеваний, образованию камней в почках. Также больной вынужден пользоваться судном и помощью персонала, он находится в режиме ожидания помощи, не исключены и моменты, когда присутствует недержание мочи, и все это негативно сказывается на психике больного человека.



Рисунок 12 – Проблемы мочевыделительной системы

Во избежание данных проблем необходимо вовремя оказывать помощь больному при физиологических отправлениях (не ждать, когда недержание проявится само, а предотвращать его). Больше внимание уделить потребностям больного человека, проводить процедуры, направленные на физическое движение больного.

#### *Проблемы слуха.*

Общение лежачих больных с другими людьми всегда получается «на разных уровнях»: больной лежит, а посетители, врачи стоят, либо сидят. Это приводит к напряжению слуха пациента. Из-за недостатка визуальной информации больные часто перенапрягают слух и это ведет к дальнейшему ухудшению слуха.

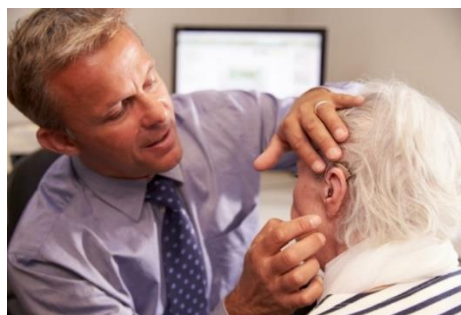


Рисунок 13 – Проблемы слуха

Необходимо заботиться о том, чтобы пациент при себе имел слуховой аппарат, батарейки в нем, если использование такового для него необходимо, а также необходимо регулировать положение больного (переводить из положения лежа в положение сидя и так далее). [20]

Представим общую характеристику источника последствий осложнений заболеваний у людей с ограниченными возможностями.

По итогам данного подраздела можно констатировать, что большинство осложнений на фоне основной болезни у людей с ограниченными возможностями происходят именно из-за малоподвижности.

Создание кроватей, способных увеличить активность пациента может быть одним из решений данной проблемы. Далее рассмотрим конструкции современных медицинских кроватей и предложения разработчиков.

### **1.3 Конструкция и функциональные особенности реабилитационных кроватей**

Рассматривая проблемы лежачих больных в главе 1.2 можно констатировать, что основной рекомендацией для людей с ограниченными возможностями является движение. Движение больного может быть обеспечено при помощи медицинской кровати. Выделим отличительные особенности конструкции медицинских кроватей.

Главная отличительная особенность медицинских кроватей – это наличие секций, угол наклон которых можно менять. Также медицинская кровать оснащается съёмными боковыми ограждениями, что обеспечивает безопасность пребывания больного в кровати, тренажером для подтягивания, съёмными колесиками для легкого перемещения кровати.

Разделение кровати на секции позволяет больному принимать позицию Фаулера. Позиция Фаулера - это поза, полусидя, плечи при которой приподняты на угол 45 градусов, американским хирургом Фаулером было доказано, что эта поза положительно влияет на выздоровление больных.



Рисунок 13 – Позиция Фаулера

Основными факторами классификации кроватей является тип привода: ручной или автоматический, а также количество секций кровати (их может быть от 1 до 4).

Если кровать имеет одну секцию – это позволяет приподнимать голову и плечи пациента. Подъем головы и плеч позволяет предотвратить проблемы дыхательных путей, слуха, сделать прием пищи комфортным, избежать боли шейного отдела позвоночника.

Если кровать оснащена двумя секциями, то в такой кровати возможны изменения положения не только головы и плеч, но и ног, это очень важно, особенно если у больного есть травмы нижних конечностей.

Если в кровати есть три или четыре секции, то это позволяет управлять телом в тазовой области.

Секции ложа кровати могут регулироваться как вручную, так и автоматически.

Под ручным регулированием понимается регулировка параметров положения кровати путем применения физических усилий человека. Например, раскручивание входного вала редуктора осуществляется при помощи вращения человеком рукоятки, что позволяет менять угол положения кровати, или можно привести в пример еще более простой способ: выдвигание составных частей кровати

путем сдвигания вручную ее составных элементов на определенное расстояние или угол и фиксация их в определенном положении. [4]

Электрическое регулирование подразумевает наличие электрического привода, регулировка обычно происходит путем нажатия клавиш пульта, что позволяет регулировать положения кровати не только врачам и сиделкам, а также самому больному.

Далее рассмотрим типы механических передач, применимых к медицинским кроватям с ручным регулированием.

Медицинские кровати с пневмопередачей.

Пневматическим передачей называют совокупность элементов, которые приводят устройства в состояния движения при помощи энергии сжатого воздуха. Конструкция кровати с пневматической передачей обусловлена наличием пневмопружины, которая обеспечивает изменение угла наклона секций кровати. Под пневмопружиной понимают пружину, упругим элементом которой является газ, который находится в цилиндре и испытывает сжатие под действием поршня.



Рисунок 14 – Медицинская кровать с пневматической передачей

Медицинские кровати с применением эвольвентных зубчатых передач.

В качестве зубчатых передач для медицинских кроватей применимы передачи: червячная передача, передача рейка-шестерня, цилиндрические передачи и так далее. [25]

При применении червячной передачи механическая передача осуществляется путем зацепления червяка за сопряженное с ним колесо, движение червяку при ручном управлении подаётся через рукоятку.

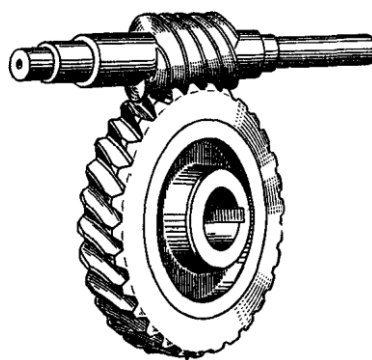


Рисунок 15 – Червячная передача

При типе передачи рейка-шестерня вращательное движение шестерни преобразуется в поступательное движение рейки, в случае ручного управления, движение на шестерню также подается через рукоять.



Рисунок 15 – Реечная передача

Цилиндрические передачи состоят из шестерни и колеса. Импульс движения подается на шестерню для повышения момента силы. [27]



Рисунок 15 – Цилиндрическая передача

Далее на картинке представлен пример медицинской кровати с ручным управлением и механическим приводом.



Рисунок 16 – Медицинская кровать с червячным приводом

#### **1.4 Современные медицинские кровати. Обзор производителей и предложений**

На данный момент на рынке представлено большое количество современных медицинских кроватей, которые широким спектром производятся как в России, так и за рубежом. Каждая кровать имеет определенные функции, предназначена для определённого использования, нужно лишь выбрать, подходящую для данной конкретной цели. На Российском рынке представлены отечественные и зарубежные бренды, уже зарекомендовавшие себя и фирмы еще только набирающие обороты.

Рассмотрим, какие функции и характеристики имеют медицинские кровати и на основе этого дадим заключение о том, какими ключевыми особенностями должна обладать кровать, в условиях проекта данной дипломной работы, чтобы она могла быть многофункциональной, конкурентоспособной и ориентированной на пользователя.

##### ***Кровати Invacare.***

Invacare – это американская компания, которая является крупнейшим производителем медицинских кроватей на рынке медицинской техники. Invacare

ставит уклон при производстве своей продукции на долговечность и технологичность, что выгодно выделяет эту компанию и делает ее очень конкурентно способной.

На рисунке 17 представлена кровать с автоматическим управлением фирмы Invacare – Invacare Sonata, которая оснащена двухсекционным каркасом. Кровать имеет возможность изменения угла наклона спинки и ножной секции, оснащена ножками на колесиках (легка в передвижении). Каркас кровати имеет плавные линии и не травмоопасен, также кровать оснащена съемным подлокотником, спинками и петлей выпрямителя.



Рисунок 17 – Медицинская кровать Invacare Sonata

### ***Кровати Pro Medic.***

Далее представлена не менее популярная медицинская фирма-производитель медицинских кроватей – «Pro Medic». Производитель выпускает продукцию с высоким уровнем качества и дизайном.

Компания заявляет, что разработка данных кроватей шла в совместном тандеме с специалистами по уходу за тяжело больными людьми, что отличает ее высокой степенью ориентации на тяжелобольных пациентов. Pro Medic изготавливает качественные, высокотехнологичные, эргономичные, надежные конструкции кроватей.

Дизайн выпускаемых кроватей соответствует стандартам Евросоюза EN 1970:2000. Кровати ориентированы на использование, как в больницах, так и в домашних условиях, кровати применимы даже в отделениях реанимации.

Далее на рисунке 18 представлен пример кровати фирмы Pro medic – Pro Medic V. Кровать имеет съемные головные и ножные спинки, петлю выпрямителя, пульт с автоматическим управлением, который позволяет изменять высоту подъема кровати и угол наклона спинной части (угол наклона ножной секции изменяется вручную), кровать оснащена колесиками с тормозными системами, предохранительными бамперами для предохранения от повреждения стен при перемещении кровати.



Рисунок 18 – Медицинская кровать Pro medic

### ***Кровати Армед***

Армед – это российская компания - производитель медицинских кроватей. На рынке медицинского оборудования эта компания занимает достойное место в числе конкурентов более двадцати лет.

Компания производит кровати с механическим и автоматическим регулированием. Преимущество моделей кроватей Армед – это легкосплавный металлический каркас, с порошково-полимерным покрытием. Данное покрытие делает кровать гигиеничной, обеспечивает защиту от коррозии при воздействии на нее моющими препаратами.

На рисунке 19 ниже представлен пример кровати модели FS3031W, изготовленной фирмой «Армед». Основание данной кровати изготовлено из стального профиля, покрытого эпоксидной смолой, кровать имеет съемные головные и ножные спинки из пластика, два механических привода для регулирования спинной секции и тазобедренной секции по углу наклона, в качестве приводов используется привод с червячной передачей.



Кровать оснащена матрасом, который состоит из перфорированных ложементов. Конструкция кровати имеет четыре колеса с индивидуальными тормозами, оборудована двумя боковыми ограждениями из металла, которые при помощи рычагов могут подниматься и опускаться, также кровать оснащена стойкой держателем с устройством подтягивания.



Рисунок 19 – Медицинская кровать Армед

### ***Кровати Белва.***

Производитель медицинских кроватей «Белва» также известен в России под брендом «БТ Мебель». Европейские стандарты производства выгодно выделяют эту компанию относительно других Российских производителей. На ряду с этим у компании довольно выгодные цены, высокое соотношение цены и качества делают ее весьма конкурентоспособной.

Компания изготавливает изделия из пластика, металла с различными видами антикоррозионных покрытий. На рисунке 20 представлена кровать фирмы Белва THEOREMA OA0235.

Движение секций кровати обеспечивается гидравлическим приводом, так же кровать можно переводить в ручное управление (оборудована винтовыми ручками). Кровать оборудована съемными пластиковыми спинками, антистатическими колесами.



Рисунок 20 – Медицинская кровать Белва.

Анализ рынка медицинских кроватей по итогу проведенного обзора.

По итогам рассмотренных предложений продукции медицинских кроватей на Российском и зарубежном рынке можно констатировать, что все кровати имеют схожую характеристику: в продаже имеются кровати как с механическим, так и с автоматическим регулированием. Практически все кровати дополнительно оснащены ортопедическим матрасом, подвижными колесиками, съемными спинками боковыми ограждениями, дополнительной стойкой (держателем).

Кровати делятся на секции и могут обеспечивать движение угла наклона спинки и ножной секции. Так же некоторые кровати имеют выдвижные ножки и способны выполнять функции не только кровати, но и массажного стола. К некоторым кроватям прилагается судно, выдвижение которого тоже зачастую автоматизировано, а в тазобедренной секции имеется непосредственно отверстие для опорожнения.

Стоит заметить, что ни в одной из кроватей не просматривается вариант, где кровать может выступать: массажным столом, кроватью, а также тренажером для больного, не представлен вариант, в котором можно разделить ножную секцию на две так называемые «ноги» и обеспечить движение каждой ножной конструкции в отдельности, что позволит больному тренировать ходьбу.

Также не просматривается вариант регулирования сидалищной части кровати. А ведь регулировка позволит сделать кровать комфортной для человека с разным ростом: от ребенка до взрослого человека (например, высокого мужчины).

Решив эти задачи, можно внести новое слово в мир многофункциональных медицинских кроватей. Именно этому будут посвящены все последующие разделы дипломной работы.

Подведем итоги: данный раздел посвящен рассмотрению особенностей медицинского оборудования: такого как многофункциональная кровать. Рассмотрены: история создания медицинских кроватей, психологические и физиологические особенности больных с ограниченными возможностями на которых ориентированы медицинские кровати, проведен анализ предложений современного рынка, выявлены основные характеристики продукции на данный момент, ее достоинства и недостатки для дальнейшего создания конкурентоспособной модели медицинской кровати.

## 2. КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

### Конструкция №1

Первое техническое задание заключалось в том, чтобы разработать кровать со следующим функционалом:

1. Кровать может трансформироваться в массажный стол, т.е. в начальном положении кровать должна иметь высоту 450-550 мм в поднятом положении 750-850 мм;
2. Возможность регулировки сидалищной части кровати под разную длину бедер человека от 300-500 мм;
3. Подъем спинки кровати 0-90°;
4. Возможность по отдельности тренировать ноги в коленном суставе.

Исходя из поставленной задачи была спроектирована кровать. Представленная на рисунках ниже.



Рисунок 21 – Первая вариация положения кровати (положение сидя)



Рисунок 22 – Вторая вариация положения кровати (горизонтальное положение)



Рисунок 23 – Третья вариация положения кровати (тренажер для ног)

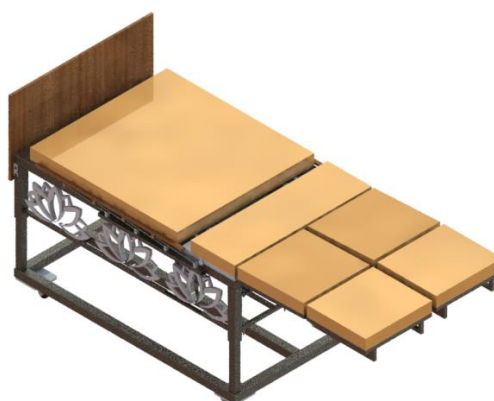


Рисунок 24 – Четвертая вариация положения кровати (поднятое положение, массажный стол)

Подъем спинки кровати реализован передачей крутящего момента с двигателя через зубчатые передачи: червячного редуктора и сектора цилиндрической передачи, цилиндрическая передача соединена с валом, на котором установлены г-образные рычаги, которые в свою очередь поднимают или опускают спинку кровати. Редуктор также выполняет роль тормоза. Механизм приводится в движение двигателем от жесткого диска.

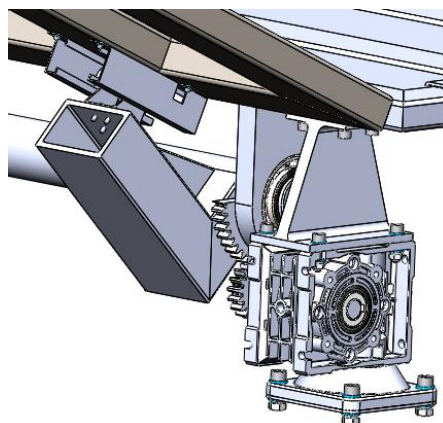


Рисунок 25 – Механизм подъема спинки кровати

Аналогичный привод стоит и на подъеме ног. Только отсутствует цилиндрическая зубчатая передача, так, как нагрузка не велика в сравнении со спинкой.

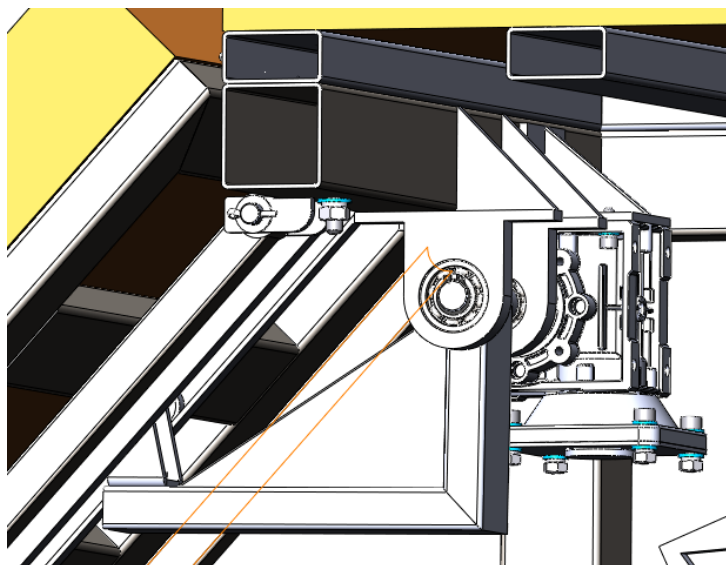


Рисунок 26 – Механизм подъема ног

Подъем всей кровати реализован при помощи передачи рейка-шестерня. Шестерня соединена с колесом червячного редуктора, который выполняет роль тормоза. Двигатель стоит от жесткого диска. Двигатель жёсткого диска – это широко распространённый маломощный высоко-оборотистый (7000 об/мин) двигатель. Для подъема установки нужен большой крутящий момент и малая скорость подъема, т.к. масса кровати большая и пациент не нуждается в быстром подъеме. Чтобы установить двигатель от жесткого диска требуется высокое передаточное число, например, 2500:1, которая реализуется при помощи редуктора.

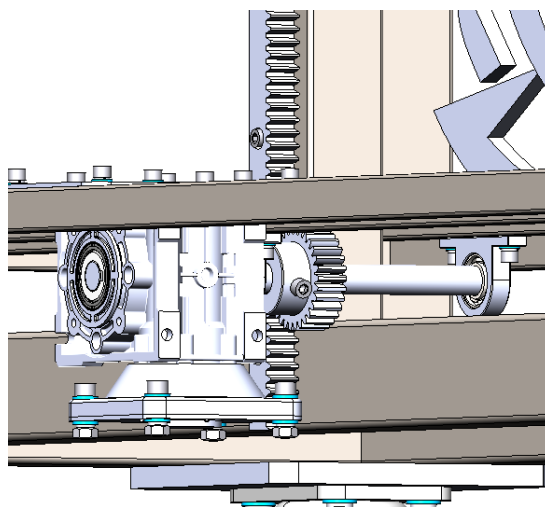


Рисунок 27 – Механизм подъема кровати

На рисунке ниже представлена конструкция раздвижения сидалищной части кровати. Механизм раздвижения реализован при помощи конструкции труба в трубе в зазор между которыми установлены фторопластовые пластины. Фиксация происходит путём вкручивания барашка в отверстия труб. Такое решение было принято исходя из того, что регулировка в этой части будет не постоянной. Возможно ей будут пользоваться раз в год. В зазор между трубами установлен фторопласт.

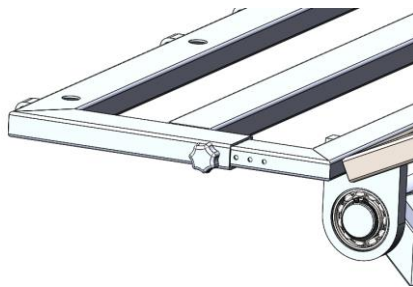


Рисунок 28 – Конструкция раздвижения сидалищной части кровати

Также с похожим функционалом разрабатывалась кровать с актуаторами. В этой конфигурации не реализован только тренажер для ног. Остальные все функции выполняются, как и в представленной выше варианте кровати.



Рисунок 29 – Кровать трансформер с актуаторами

На рисунке представлен актуатор подъёма спинки кровати

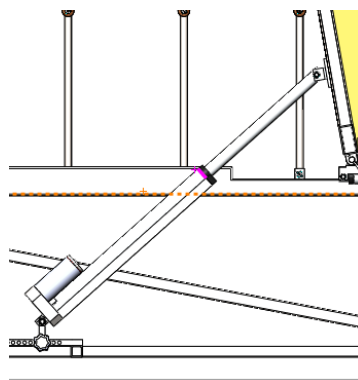


Рисунок 30 – Актуатор подъёма спинки

На этом рисунке представлен актуатор для раздвижения сиделищной части. Данное решение – это единственное преимущество кровати с актуаторами над предыдущим вариантом с редукторами. Здесь раздвижение сиделищной части происходит автоматически, а не вручную.

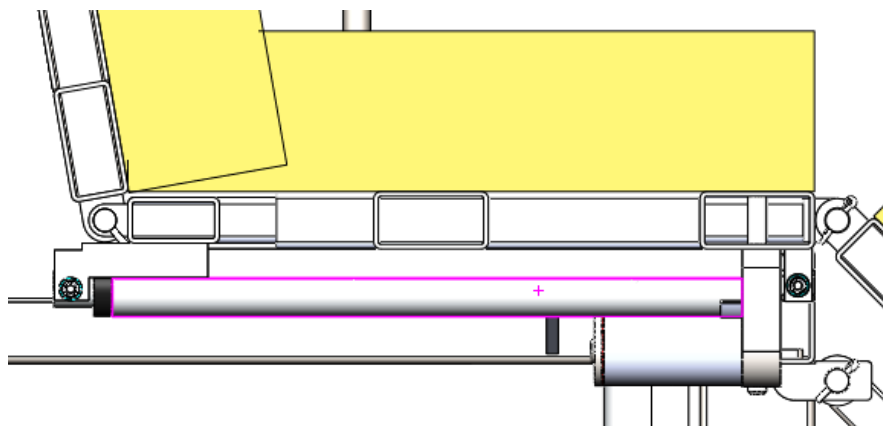


Рисунок 31 – Актуатор раздвижения сиделищной части

Ниже на рисунке представлен актуатор для подъёма кровати в массажный стол.



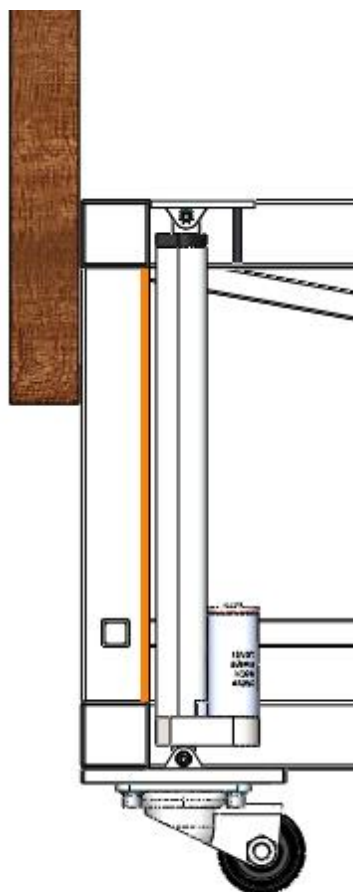


Рисунок 32 – Актуатор подъёма кровати

На этом рисунке представлен актуатор подъёма ног больного.

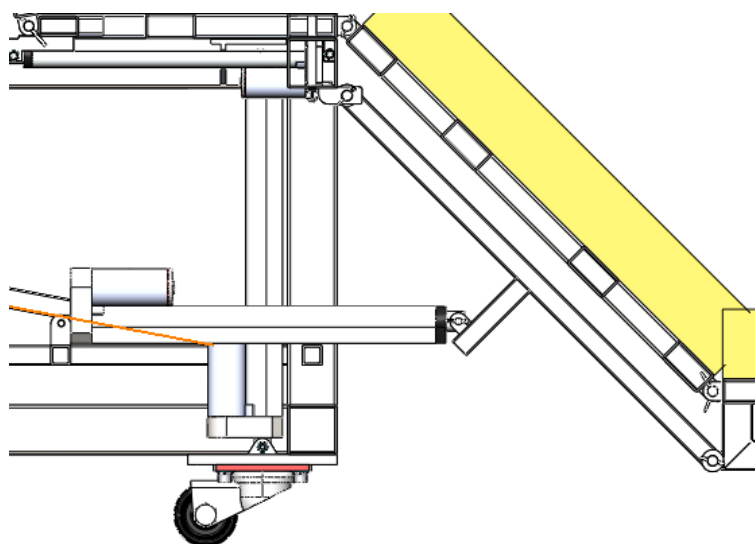


Рисунок 33 – Актуатор подъёма ног

На всех рисунках изображен актуатор с параметрами:

- Рабочий ход – 300 мм;
- Сила – 1500 Н.

От такой конструкции с актуаторами отказались в виду высокой цены на актуаторы и невозможностью производить их самостоятельно. Также актуаторы имеют большую начальную высоту и малую выдвижную часть, т.е. коэффициент раздвижения низкий.

Вернёмся к первой конструкции. Проводя визуальный анализ конструкции можно выявить следующее: наиболее нагруженным узлом, спроектированной модели является спинка кровати так, как на нее приходится большая часть веса тела человека.

Фиксация спинки происходит с помощью г-образных рычагов и их работоспособность, и долговечность наиболее важна.

Разберемся с понятиями работоспособности и долговечности.

Работоспособность – это состояние изделия, при котором оно способно выполнять заданную функцию с параметрами, установленными требованиями технической документации.

Долговечность – свойство элемента или системы длительно сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при определенных условиях эксплуатации.

По расположению рычага в модели очевидно, что он будет испытывать деформацию на изгиб, необходимо рассчитать все силы, действующие на рычаг, а также габариты поперечного сечения рычага, которые позволят рычагу сопротивляться изгибу в условиях данного нагружения (сохранять работоспособность).

Расчет на изгиб крепления подъема спинки.

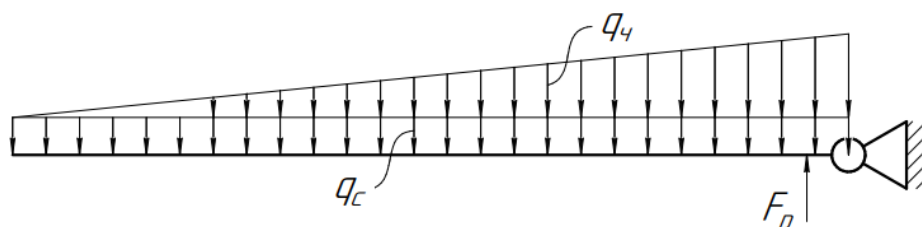


Рисунок 34 – Распределение нагрузки на спинку кровати

На рисунке представлена схема нагружения спинки медицинской кровати.

На спинку кровати действуют вида нагрузки:

$q_{\text{ч}}$  – распределенная нагрузка тела человека на спинку кровати;

На рисунке ниже обозначено распределение массы тела человека, на спинку кровати опирается область спины, груди, головы и рук, это составляет примерно 60 % от всего веса.



Рисунок 35 – распределение веса тела человека

По спинке вес распределяется следующим образом: самая тяжелая часть человека – это брюшная область и она располагается в районе основания спинки, которая располагается близь крепления спинки к другим составным частям кровати (области сидения человека).

$q_c$  – распределенная нагрузка, состоящая из веса матраса и собственного веса, которые равномерно распределены по всей длине спинки кровати.

Спинка кровати совершает движения подъема, для того чтобы поднять спинку, нужно совершить некоторое усилие. Чтобы понять с каким усилием следует воздействовать на спинку для ее поднятия составим схему действия сил на спинку кровати.

$F_p$  – сила действия рычага на спинку для подъема.

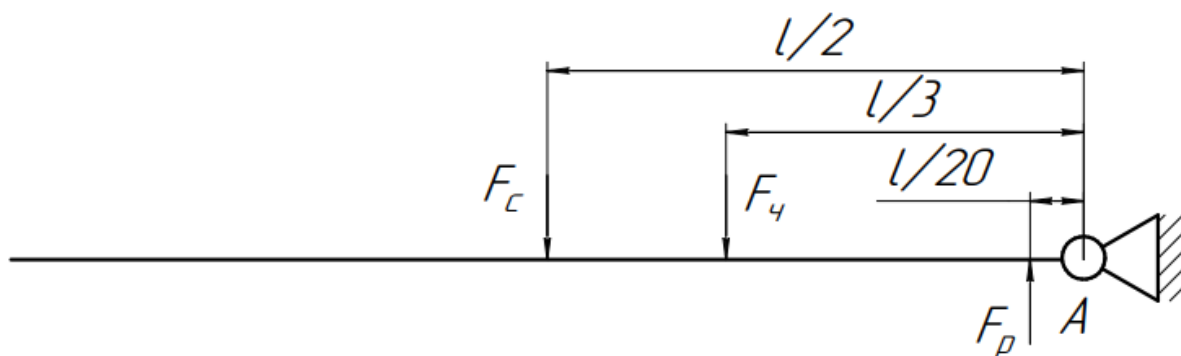


Рисунок 36 – Схема действие сил на спинку кровати

Рассмотрим все силы, участвующие в схеме:

$F_c$  – сила воздействия равномерно распределенной нагрузки;

$F_ч$  – сила воздействия неравномерной распределённой нагрузки;

$F_p$  – сила действия рычага на спинку для подъема.

$F_c$  ставится на схеме ровно по середине распределенной нагрузки.

Определяется по формуле:

$$F_c = (m_c + m_m) * g;$$

$m_c$  – масса спинки = 16 кг;

Масса спинки была определена следующим образом: при помощи программного продукта SolidWorks 2017, при использовании функции «Массовые характеристики» в которых был задан материал и заданы спроектированные габариты.

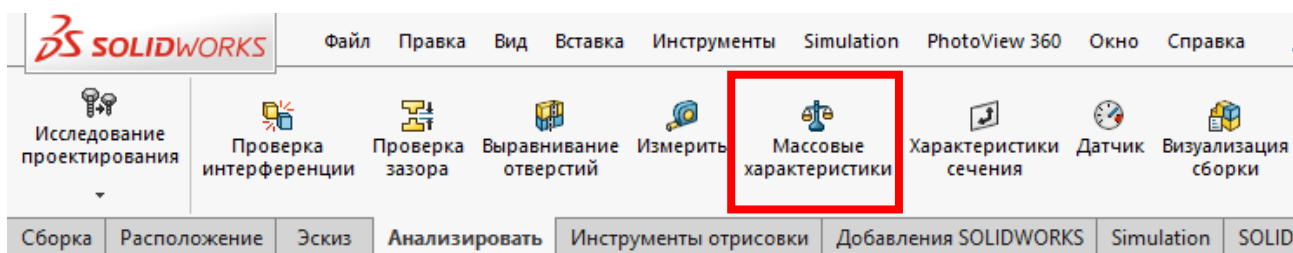


Рисунок 37 – панель вкладки анализа изделий

$m_m$  – масса матраса = 6 кг;

Масса типового матраса для медицинских кроватей составляет 10 кг. По аналогии с телом человека на спинку также приходится примерно 60 % от всей массы матраса.

Рассчитаем силу воздействия равномерной нагрузки:

$$F_c = (16 + 6) * 10 = 220 \text{ H};$$

Далее рассчитаем силу воздействия неравномерной распределённой нагрузки. Сила  $F_q$  ставится на расстоянии  $\frac{1}{3}$  от всей длины со стороны более нагруженного края.

$$F_q = m_q * g;$$

Где  $m_q$  – масса человека, приходящаяся на спинку = 90 кг;

Возьмем человека весом 150 кг (с наиболее большой массой) и высчитаем от этой массы 60 %.

$$F_q = 90 * 10 = 900 \text{ H};$$

Далее рассчитаем силу действия рычага на спинку. Расположение этой силы было измерено. Расстояние от точки опоры кровати до точки приложения силы в программе 3D-моделирования оказалось равным  $\frac{1}{20}$  от всей длины спинки.

Запишем сумму моментов относительно точки опоры А.

Из определения моментов знаем, что: сумма действия моментов вокруг точки А по часовой стрелке равна сумме действия моментов против часовой стрелки.

$$\sum M_{\text{по час.}} = \sum M_{\text{против час.}};$$

Момент против часовой стрелки состоит из суммы моментов.

$$\sum M_{\text{против час.}} = M_c + M_q;$$

$M_c$  – момент воздействия силы равномерной распределённой нагрузки;

$M_q$  – момент воздействия силы неравномерной распределённой нагрузки.

В свою очередь момент равен произведению силы на плечо (расстояние до точки опоры (точки исследования)). В результате получим уравнения:

$$M_c = F_c * \frac{l}{2};$$

$$M_q = F_q * \frac{l}{3};$$

Где:  $F_c$  и  $F_q$  – силы, а  $l$  – плечо.

Момент по часовой стрелке равен моменту силы действия рычага:

$$\sum M_{\text{по час.}} = M_p;$$

Момент также равен произведению силы на плечо:

$$M_p = F_p * \frac{l}{20};$$

Где:  $F_p$  – сила, а  $l$  – плечо.

Подставим полученные уравнения моментов в уравнение равновесия:

$$F_p * \frac{l}{20} = F_c * \frac{l}{2} + F_q * \frac{l}{3};$$

В полученном уравнении есть всего одна неизвестная  $F_p$  – сила действия рычага, так же можно заметить, что во всех слагаемых присутствует  $l$  – длина спинки.

Преобразуем уравнение.

$$\frac{F_p}{20} = \frac{F_c}{2} + \frac{F_q}{3};$$

Теперь можно очень просто выразить искомую силу. В результате получим следующее уравнение:

$$F_p = \left( \frac{F_c}{2} + \frac{F_q}{3} \right) * 20;$$

Подставим выше полученные силы и определим неизвестную:

$$F_p = \left( \frac{220}{2} + \frac{900}{3} \right) * 20 = 8200 \text{ H};$$

Полученная сила будет гарантировать равновесие, а для подъёма спинки требуется усилие больше чем эта сила, для этого округлим получившиеся значение до  $F_p = 10 \text{ кН}$ . Которое обеспечит подъём спинки кровати-трансформер.

Рассчитаем на изгиб подъёмный рычаг. Для этого вычленим его из всей конструкции кровати и закрепим в жёсткую заделку. Нагрузим рычаг рассчитанной выше силой давления. Сила действует под углом в  $35^\circ$ , это значение также взято из трёхмерной модели.

Составим схему нагружения рычага:

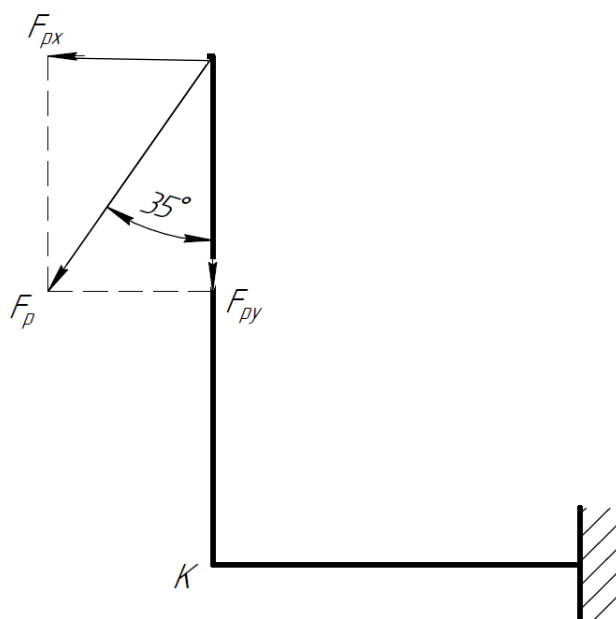


Рисунок 38 – Схема нагружения рычага

Рычаг имеет «Г-образную» форму, это говорит о том, что из-за сложной формы он будет по-разному изгибаться в его сваренных частях, поэтому разобьём рычаг на составляющие в точке К. Разложим силу, действующую на рычаг по осям «Х» и «У» и определим их воздействие на горизонтальную и вертикальную составляющую рычага.

$$F_{px} = F_p * \sin 35 ;$$

$$F_{py} = F_p * \cos 35 ;$$

Из схемы заметим, что горизонтальная часть рычага будет изгибаться под действие «У-овой» составляющей силы  $F_p$ , а вертикальная часть соответственно под действием «Х-овой» составляющей силы  $F_p$ .

Начнём расчет «Г-образного» рычага с вертикальной составляющей.

Для расчета на изгиб части рычага закрепим в жёсткую заделку, так, как изгибы в других направлениях не столь значительны. К свободному краю приложим силу  $F_{px}$ . Длина рычага была взята с 3D-модели. На схеме также расставлены силы реакции, возникающие в заделке.

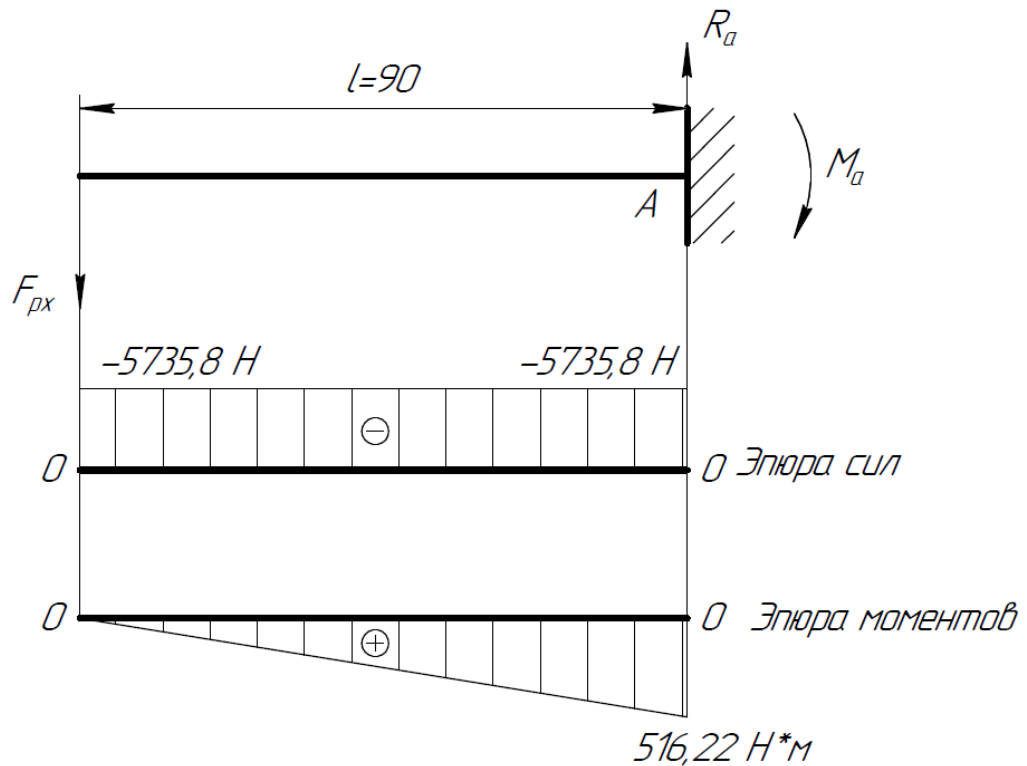


Рисунок 39 – Схема и эпюры нагружения части рычага

Следующий этап – это определение реакций, возникших в заделке.

Для определения силы реакции запишем условие равновесия относительно оси Y:

$$\sum F_y = R_a - F_{px} = 0;$$

Где,  $R_a$  – сила реакции опоры;

$F_{px}$  – сила внешнего воздействия.

Из полученного выше уравнения определим силу реакции опоры.

$$R_a = F_{px} = F_p * \sin 35 = 5735,8 \frac{\text{H}}{\text{м}};$$

С полученной силой точка опоры будет сопротивляться внешней нагрузке.

Далее рассчитаем момент, возникающий в заделке. Для этого запишем сумму моментов относительно точки A.

$$\sum M_A = M_A - F_{px} * l = 0;$$

Где,  $M_A$  – момент возникающий в заделке при действии внешней силы;

$F_{px}$  – сила внешнего воздействия;



$l$  – длина рычага (плечо силы).

Выразим неизвестный момент из уравнения равновесия моментов:

$$M_A = F_{px} * l;$$

Подставим численные значения в формулу для нахождения момента:

$$M_A = 5735,8 * 0,09 = 516,22 \text{ Н} * \text{м};$$

Исходя из полученных расчетов составим эпюры сил и моментов, которые приведены на рисунке выше.

Из эпюр видно, что самым опасным сечением в балке будет сечение в точке А, а, следовательно, для этой точки будем рассчитывать размер сечения балки.

Для расчета сечения балки потребуется определить момент сопротивления балки.

$$W = \frac{M_{Amax}}{[\sigma]};$$

Где,  $M_{Amax}$  – максимальный момент в исследуемой точке, можно определить из эпюры моментов.  $M_{Amax} = 516,22 \text{ Н} * \text{м};$

$[\sigma]$  – допустимое напряжение.

Допустимое напряжение можно определить по формуле, представленной ниже:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{n};$$

Где,  $\sigma_T$  – предел текучести материала;

$n$  – коэффициент запаса прочности.

Начнём с определения предела текучести материала, так, как наша разработка должна будет сделана из проката Ст 3, который легко доступен в продажах Томских магазинах, например, ТоМаг.

Для материала Ст 3 предел текучести:

$$\sigma_T = 240 \text{ МПа};$$

Далее определимся с коэффициентом запаса прочности. Этот коэффициент состоит из ряда составляющих, которые представляют в виде произведения:

$$n = n_1 * n_2 * n_3;$$

$n_1$  – коэффициент, учитывающий неточность в определении нагрузок и напряжений. Значение этого коэффициента при повышенной точности определения действующих напряжений может приниматься равным 1,2 – 1,5.

$n_2$  – коэффициент, учитывающий неоднородность материала, повышенную его чувствительность к недостаткам механической обработки. При расчете по пределу прочности для малопластичных и хрупких материалов величину  $n_2$  принимают:

а) для малопластичных материалов (высокопрочные стали при низком отпуске)  $n_2 = 2 – 3$ ;

б) для хрупких материалов  $n_2 = 3 – 4$ ;

в) для весьма хрупких материалов  $n_2 = 4 – 6$ . При расчете на усталость коэффициент  $n_2$  принимают равным 1,5-2,0, увеличивая его для материала с пониженной однородностью (особенно для литья) и для деталей больших размеров до 3,0 и более.

$n_3$  – коэффициент условий работы, учитывающий степень ответственности детали, равный 1 – 1,5.

Примем:  $n_1 = 1,2$ ;  $n_2 = 2$ ;  $n_3 = 1,5$ . Рассчитаем коэффициент запаса прочности:

$$n = 1,2 * 2 * 1,5 = 3,6;$$

После рассчитаем допустимое напряжение:

$$[\sigma] = \frac{240 \text{ МПа}}{3,6} = 66,67 \text{ МПа};$$

Далее рассчитаем момент сопротивления балки:

$$W = \frac{516,22}{66,67 * 10^6} = 7,74 * 10^{-6} \text{ м}^3 = 7,74 \text{ см}^3;$$

Таким образом для обеспечения необходимой прочности момент сопротивления сечения ( $W_c$ ) должен быть не менее  $7,74 \text{ см}^3$ .

$$W_c \geq 7,74 \text{ см}^3.$$

Теперь можно перейти к определению формы и размеров поперечного сечения балки. Исходя из конструкции кровати в сечении балки должен быть прямоугольник с соотношением сторон 1:3.

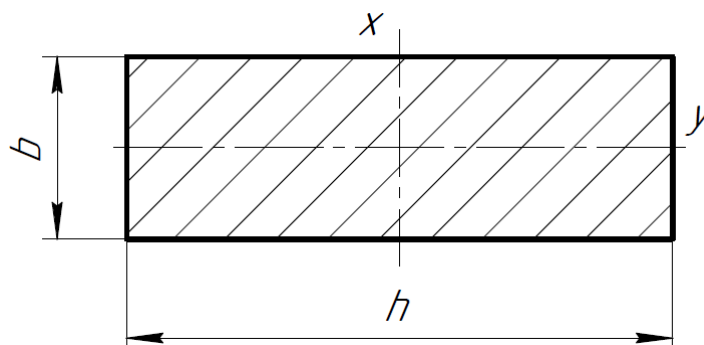


Рисунок 40 – Прямоугольное сечение

В связи с тем, что в конструкции заложен горизонтально расположенный прямоугольник, изгиб будет происходить вокруг оси Y. Соответственно формула для расчета осевого момента сопротивления прямоугольного сечения будет выглядеть так:

$$W_y = \frac{h * b^2}{6};$$

Исходя из соотношения сторон прямоугольного сечения балки, формула определения осевого сопротивления примет вид:

$$h = 3b;$$

$$W_y = \frac{3b^3}{6} = \frac{b^3}{2};$$

Из полученного уравнения выразим высоту прямоугольного сечения и подставим числовые значения:

$$b = \sqrt[3]{2 * W_y} = \sqrt[3]{7,74 * 2} = 2,4922 \text{ см} \approx 2,5 \text{ см};$$

Далее найдем ширину прямоугольного сечения балки:

$$h = 3 * 2,5 = 7,5 \text{ см};$$

По подсчетам первой части балки имеем габариты прямоугольного сечения:

$$b = 2,5 \text{ см};$$

$$h = 7,5 \text{ см}.$$

Следующим этапом расчета «Г-образного» рычага будет горизонтальная часть балки.

Аналогично закрепим вторую часть в жесткую заделку. Нагрузим внешней силой. Вторая часть балки будет изгибаться под действием Y-овой оставляющей силы рычага. Длина рычага взята с 3D модели. В результате действия внешней силы в заделке возникают реакции силы и момента.

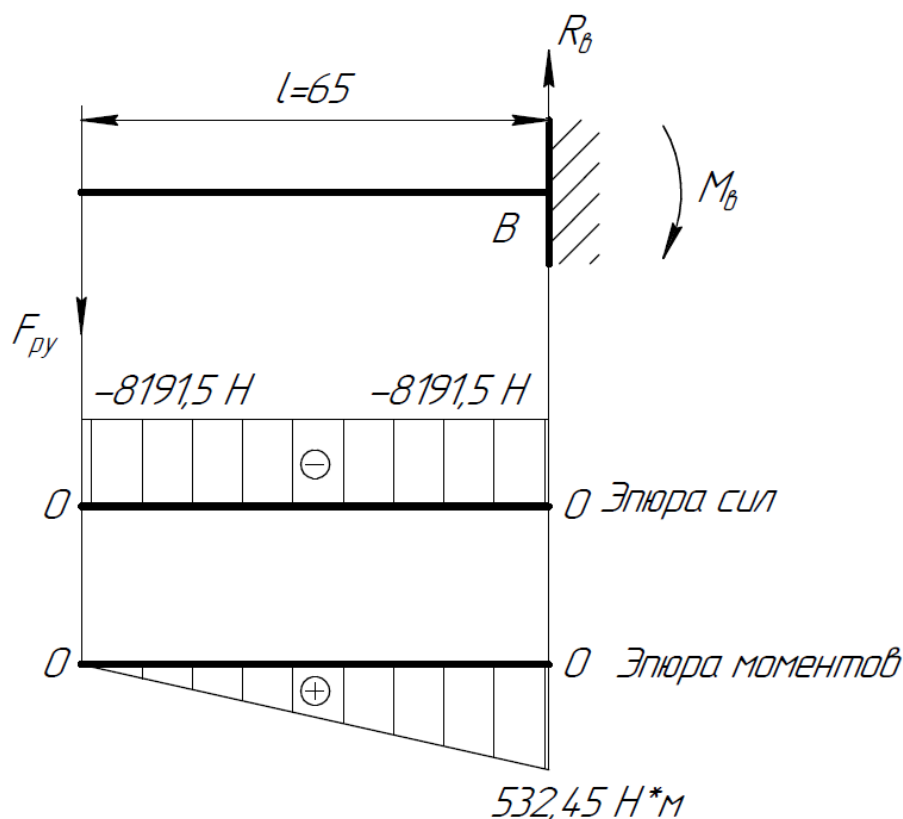


Рисунок 41 – Схема и эпюры нагружения части рычага

Для начала определим реакции в заделке. Определим силу  $R_B$ , для этого надо записать уравнение баланса сил относительно оси Y.

$$\sum F_y = -F_{Ry} + R_B = 0;$$

Где,  $F_{Ry}$  – внешняя сила;

$R_B$  – сила, возникающая в заделке.

В результате получим что:

$$R_B = F_{Ry} = F_p * \cos 35 = 8191,5 \text{ H};$$

Далее определимся с моментом реакции. Запишем сумму моментов относительно точки В:

$$\sum M_B = M_B - F_{py} * l = 0;$$

Где,  $M_B$  – момент в заделке;

$F_{py}$  – внешняя сила;

$l$  – плечо.

Преобразуем:

$$M_B = F_{py} * l;$$

Вычислим момент реакции в заделке:

$$M_B = 8911,5 * 0,065 = 532,45 \text{ Н * м};$$

Следующим шагом будет построение эпюр сил и моментов. См. рисунок выше.

В ходе анализа эпюр, аналогично с первой частью, опасное сечение находится в заделке, т.е. в точке В. По эпюре моментов определи максимальный момент в исследуемой точке:

$$M_{BMax} = 532,45 \text{ Н * м};$$

Для расчета второй части балки так же потребуется найти момент сопротивления балки.

$$W = \frac{M_{BMax}}{[\sigma]};$$

Где,  $M_{BMax}$  – максимальный момент в опасном сечении;

$[\sigma]$  – допустимое напряжение  $[\sigma] = 66,67 \text{ МПа}$ .

Подставим числовые значения и рассчитаем момент сопротивления:

$$W = \frac{532,45}{66,67 * 10^6} = 7,986 * 10^{-6} \text{ м}^3 = 7,99 \text{ см}^3 \sim 8 \text{ см}^3;$$

Таким образом для обеспечения необходимой прочности момент сопротивления сечения ( $W_c$ ) должен быть не менее  $8 \text{ см}^3$ .

$$W_c \geq 8 \text{ см}^3;$$

Логично предположить, что у первой и второй части балки направление поперечного сечения одно и тоже и изгиб будет вокруг оси Y. Соответственно

формула для расчета осевого момента сопротивления прямоугольного сечения осталась без изменений.

$$W_y = \frac{h * b^2}{6};$$

Аналогично преобразуем:

$$h = 3b;$$

$$W = \frac{b^3}{2};$$

Подставим числовые значения и проведём расчет параметров геометрического сечения балки:

$$b = \sqrt[3]{2 * 8} = 2,52 \text{ см} \approx 2,5 \text{ см};$$

$$h = 3 * 2,5 = 7,5 \text{ см};$$

В результате проведённых расчетов «Г-образный» рычаг должен быть выполнен из балки с поперечным сечением  $b = 2,5$  см и  $h = 7,5$  см. Важно учесть тот факт, что рассчитанное сечение должно быть цельнометаллическим. Что является не целесообразным использованием в проектируемой конструкции. Куда выгодней использовать прямоугольную трубу.

Для того чтобы выбрать правильного сечения трубу необходимо найти максимальный осевой момент сопротивления балки из 2 частей рычага. Основываясь на предыдущих расчетах максимальный момент сопротивления, который должна испытывать вторая часть балки составляет:

$$W_c = 8 \text{ см}^3;$$

Для этого воспользуемся ГОСТ 8645-68 Трубы стальные прямоугольные. Сортамент.

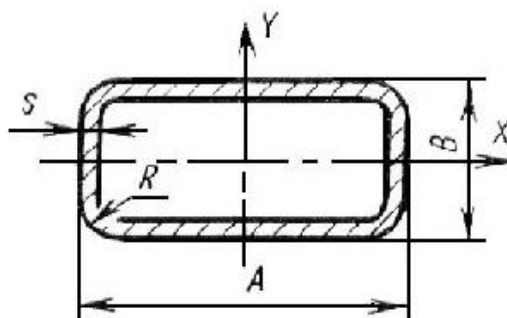


Рисунок 42 – Поперечное сечение трубы

Для проектируемой конструкции требуется горизонтально расположенное прямоугольное сечение. Из рисунка видно, что рычаг будет изгибаться вокруг оси X. В ГОСТе уже рассчитаны моменты сопротивления сечений стандартных профилей, остаётся только выбрать.

Для наших условий нужно выбрать столбец с  $W_x$  и найти число удовлетворяющее неравенству:

$$W_c \geq 8 \text{ см}^3;$$

Просмотрев ГОСТ и каталог магазина ТоМаг был определён размер требуемого сечения: 60x40x4, при этих габаритных значениях осевой момент сопротивления равен 8,39 см<sup>3</sup>.

$$8,39 \geq 8 \text{ см}^3.$$

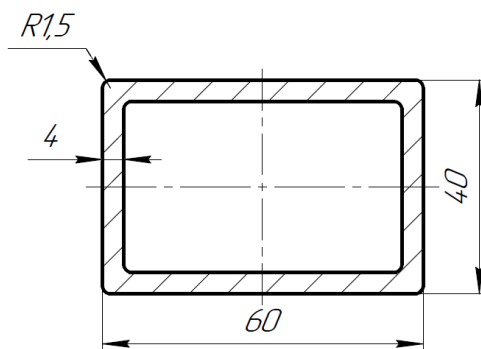


Рисунок 43 – Выбранное сечение трубы

Сравним два полученных сечения:

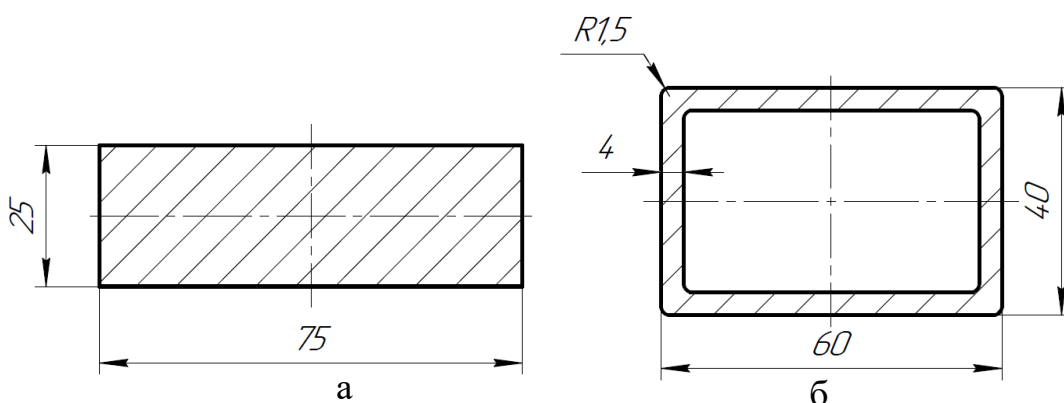


Рисунок 44 – Полученные сечения

а – При первом расчете, б – Второй расчет

С экономической точки зрения использовать стандартный прокат выгоднее, чем литой кусок металла. Останавливаемся на варианте Б.

### **Конструкция №2**

Второе техническое задание:

1. Кровать может трансформироваться в массажный стол, т.е. в начальном положении кровать должна иметь высоту 500 мм в поднятом положении 900-1000 мм; в сидячем положении 330-500
2. Кровать должна иметь возможность по отдельности тренировать ноги в коленном суставе;
3. Кровать должна иметь возможность транспортировать больного в положение сидя;
4. Кровать должна иметь возможность транспортировать больного в положение стоя.

Исходя из поставленной задачи была спроектирована кровать. Представленная на рисунках ниже.



Рисунок 45 – Кровать для реабилитации в горизонтальном положении





Рисунок 46 – Кровать для реабилитации в положении массажного стола



Рисунок 47 – Кровать для реабилитации в положении сидя



Рисунок 48 – Кровать для реабилитации в положении тренажера ног



Рисунок 49 – Кровать для реабилитации в стоячем положении

Для подъема кровати из горизонтального положения в массажный стол, предусмотрена передача рейка-шестерня, в которой шестерёнка выполняет роль выходного вала редуктора «Волна». А также для подъёма кровати используется четверть зубчатого зацепления, которая в свою очередь приводится в движение редуктором «Волна».

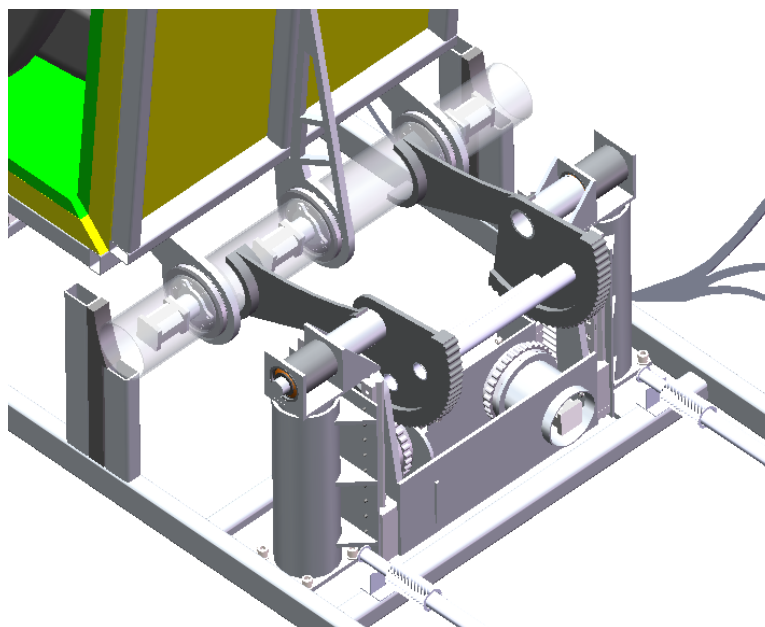


Рисунок 50 – Узел трансформирования кровати

Для подъёма спинки, а также для подъёма бёдерной части кровати, тоже используется редуктор «Волна», который установлен в трубе. Для регулировки

голенной части установлен червячный редуктор с тягами. Представлен на рисунке ниже.

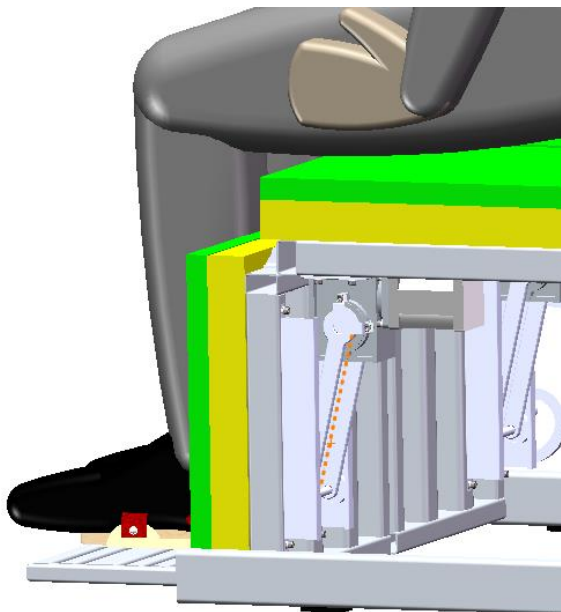


Рисунок 51 – Механизм подъёма голенной части кровати

В установке предусмотрены поставки в положении массажного стола. Для большей жёсткости конструкции при проведении массажа.

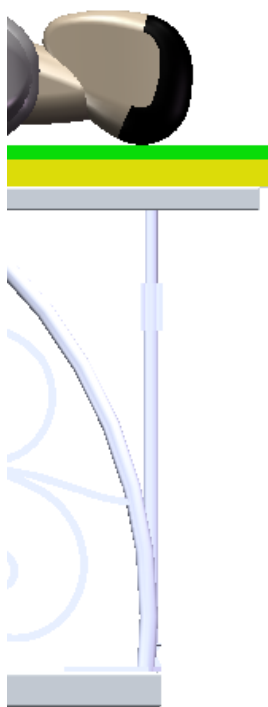


Рисунок 52 – Подставка

Расчёты и подбор оборудования.

*Расчет первой стадии подъёма.*

Для манипуляций кровати требуется: некоторой мощности двигатель и редуктор.

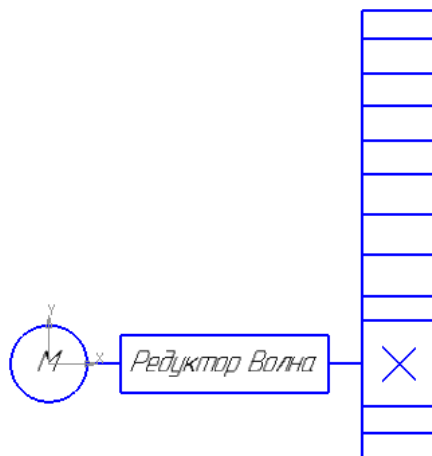


Рисунок 53 – Кинематическая схема первой стадии подъёма

Примем, что масса линии кровати (часть кровати на которой непосредственно лежит пациент) и человека в сумме составит 400 кг, где 250 кг – это линия кровати и 150 кг – человек. Следовательно, подъёмная сила должна быть больше, чем 4000 Н. Т.к.  $F=mg$ . Для подъёма примем 5000 Н. Диаметр выходного вала редуктора волна равен 120 мм. Следовательно, момент на выходном валу редуктора будет равен:

$$M = F * r;$$

$$5000 * 0,06 = 300 \text{ Н} * \text{м}.$$

Передаточное отношение редуктора 1060, тогда момент на двигателе должен быть:

$$M_d = M / 1060;$$

$$300 / 1060 = 0,3 \text{ Н} * \text{м}.$$

Для человека, находящегося на кровати, комфортная скорость подъёма кровати – 0,05 м/с. [36]

Определим угловую скорость выходного вала редуктора:

$$\omega = \frac{V}{R};$$

$$\omega = \frac{0,05}{0,06} = 0,85 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Рассчитаем угловую скорость двигателя, через передаточное отношение редуктора:

$$\omega_d = 0,85 * 1060 = 901 \frac{\text{рад}}{\text{с}};$$

Рассчитаем мощность двигателя:

$$N = M_d * \omega_d;$$

$$N = 0,03 * 901 = 270 \text{ Вт}.$$

*Рассчитаем вторую стадию подъёма.*

Входные данные остаются прежние, а, следовательно, сила подъёма остаётся прежней 5000 Н.

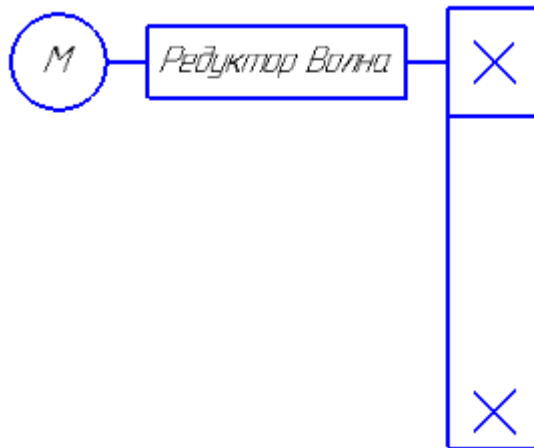


Рисунок 54 – Кинематическая схема второй стадии подъёма

Крутящий момент относительно зубчатого сегмента будет равен произведению силы на плечо, где сила – это сила подъёма, а плечо – это рычаг на котором держится линия кровати или по-другому расстояние от главного несущего вала линии кровати до оси вращения сегмента.

$$M = 5000 * 0,19 = 950 \text{ Н * м}.$$

Далее найдём момент на двигателе – это отношение найденного выше момента, поделённое на все передаточные отношения до двигателя: цилиндрическая зубчатая передача (шестерня и сегмент) и редуктор:

$$M_d = \frac{950}{25 * 1060} = 0,035 \text{ Н * м.}$$

По аналогии с моментом определим угловую скорость подъёма на сегменте:

$$\omega = \frac{V}{R};$$

$$\omega = \frac{0,05}{0,19} = 0,27 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Угловую скорость на двигателе найдем аналогично с моментом, только надо не делить, а умножать:

$$\omega_d = 0,27 * 25 * 1060 = 7000 \text{ рад/с.}$$

Мощность двигателя для подъёма второй стадии подъёма:

$$N = M_d * \omega_d = 0,035 * 7000 = 245 \text{ Вт.}$$

*Подъём спинной части кровати.*

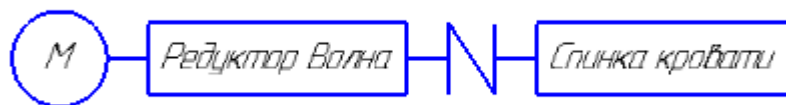


Рисунок 55 – Кинематическая схема подъёма спинной части кровати

*В роли муфты выступает хомут.*

Для расчёта потребуется: масса спинной части 120 кг. Из которых 90 кг человек, 30 кг – рама. Расстояние до приложения силы равен 557 мм. Сила давления будет 1200 Н, для подъёма потребуется чуть большая сила примем – 1300Н.

Определим момент:

$$M = F * r = 1300 * 0,557 = 670 \text{ Н * м.}$$

Момент на двигателе равен:  $M_d = 670/1060 = 0,65 \text{ Н * м.}$

Пусть скорость подъёма спинки составит половину скорости подъёма сегмента т.е. 0,135 рад/с.

Угловая скорость двигателя составит:  $\omega_d = 0,135 * 1060 = 143 \text{ рад/с.}$

Мощность двигателя:  $N = 0,65 * 143 = 93 \text{ Вт.}$

*Подъем бедренной части.*

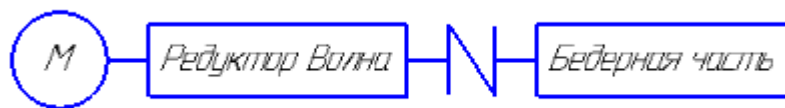


Рисунок 56 – Кинематическая схема подъема бедренной части кровати

*В роли муфты выступает хомут.*

Масса бедренной части 80 кг. Из которых 30 кг человек, 50 кг установка. Расстояние до приложения силы 290 мм. Сила давления составляет – 800 Н, для подъема потребуется 900 Н.

Момент на редукторе:  $M = 900 * 0,29 = 232 \text{ Н} * \text{м}$ .

Момент на двигателе:  $M_d = 232/1060 = 0,22 \text{ Н} * \text{м}$ .

Угловая скорость подъема бедренной части возьмем равную сегменту: 0,27 рад/с.

Угловая скорость двигателя:  $\omega_d = 0,27 * 1060 = 287 \text{ рад/с}$ .

Мощность двигателя:  $N = 287 * 0,22 = 65 \text{ Вт}$ .

*Подъем голенной части кровати.*



Рисунок 57 – Кинематическая схема подъема голенной части кровати

Масса 25 кг. Из которых 10 кг – человек, 15 кг – установка. Плечо воздействия силы: 200 мм. Сила давления установки – 250 Н. Для подъема потребуется: 300 Н.

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

Момент двигателя:  $M_d = 60/100 = 0,6 \text{ Н} * \text{м}$ . т.е. в этом механизме установлен червячный редуктор с передаточным отношением 100:1.

Угловая скорость равна скорости бедренной части: 0,27 рад/с.

Угловая скорость на двигателе:  $\omega_d = 0,27 * 100 = 27 \text{ рад/с}$ .

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

Из проведённых расчетов видно, что самый мощный двигатель нужен для подъёма первой ступени. Следовательно, именно для этого этапа трансформации кровати будем проводить подбор двигателя.

Выбор шагового двигателя происходит так: подбирается примерный двигатель. На сайте производителя находим кривую характеристик шагового двигателя, на которой отложен по вертикали момент и по горизонтали скорость (обороты в секунду). Определяем на ней наше значение скорости. Сверяемся, достаточен ли момент, указанный на кривой. Если момент, указанный на кривой слишком мал, то нужно рассмотреть двигатель размером побольше, если слишком велик - размером поменьше.

На рисунке ниже приведена такая кривая.



Рисунок 58 – Кривая характеристик шагового двигателя

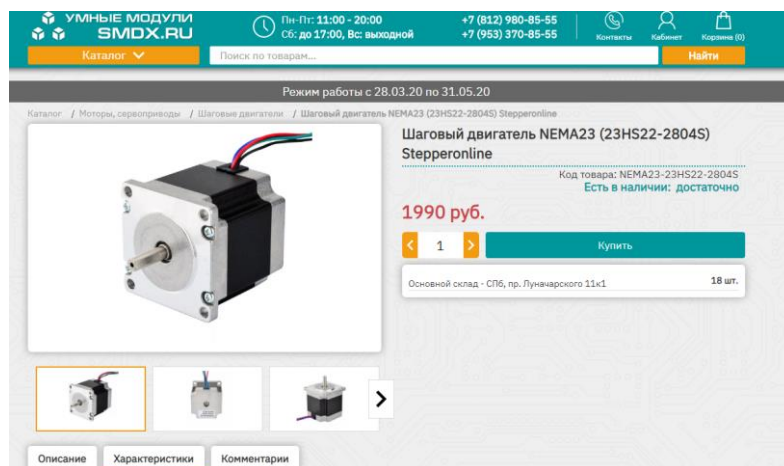


Рисунок 59 – Подобранный шаговый двигатель NEMA23





Рисунок 60 – Червячный редуктор NMRW 040-100

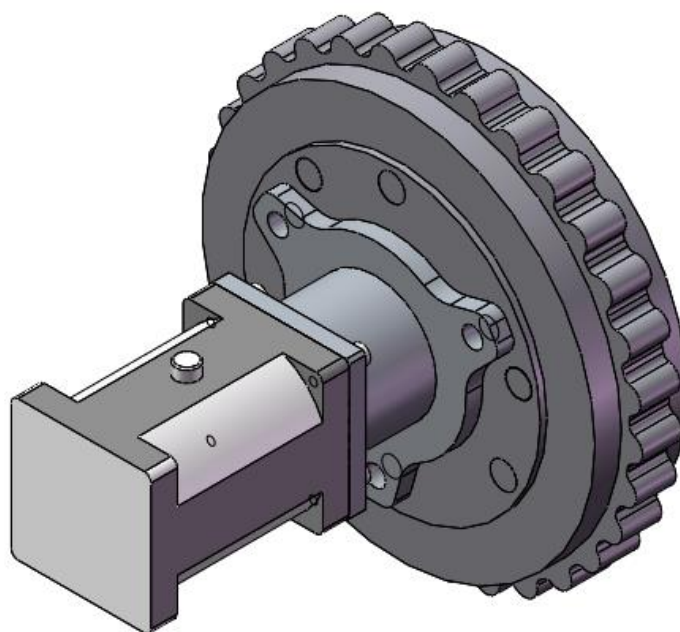


Рисунок 61 – Редуктор «Волна»

Силовая составляющая конструкции:

1. Шаговый двигатель NEMA23 – 7 шт.
2. Редуктор «Волна», передаточное отношение – 1060; - 5 шт.
3. Червячный редуктор NMRW 040-100, передаточное отношение – 100. – 2 шт.

Электрическая составляющая установки:

1. Аккумулятор;
2. Контроллер;
3. Потребители.

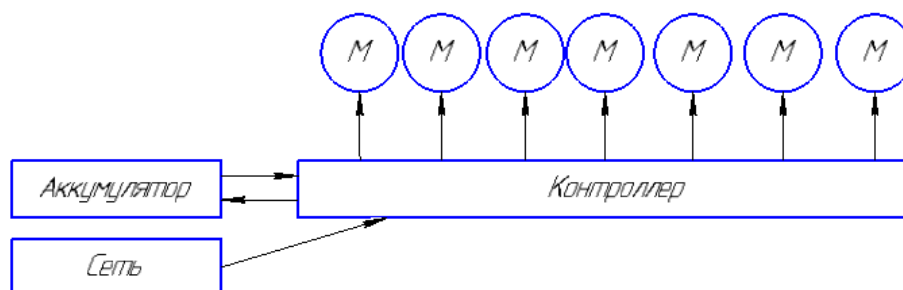


Рисунок 62 – Электрическая схема установки

Для установки потребуется аккумулятор ёмкостью:  $1,5 * 7$  (число двигателей)  $* 24$  (время работы от аккумулятора) =  $180 \text{ А*ч}$ .



Рисунок 63 – Аккумулятор, ёмкостью 190 А\*ч

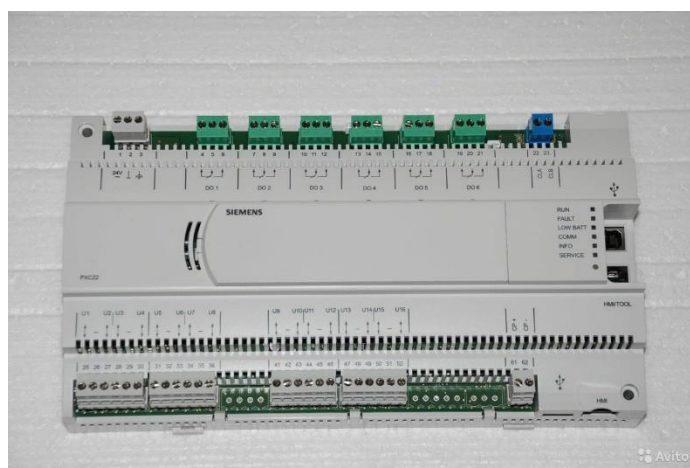


Рисунок 64 – Контроллер

### 3. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УСТАНОВКИ

Одной из задач данной выпускной работы является исследование устройства выдвижения ножек кровати для преобразования её в массажный стол.

Рассмотрим две принципиальные схемы, которые могут быть использованы для создания устройства выдвижения ножек кровати.

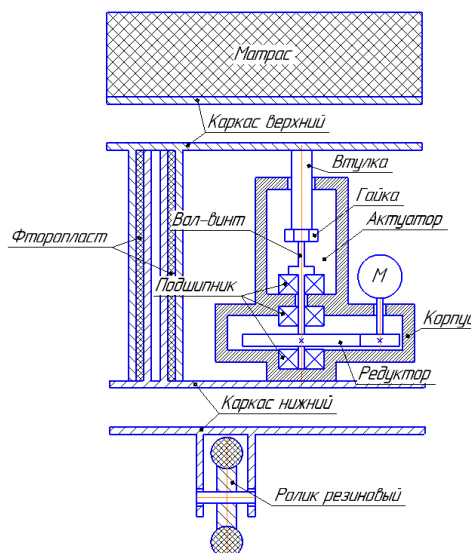


Рисунок 65 – Принципиальная схема с актуатором

Полноразмерный рисунок см. приложение Б

Устройство представляет собой два встроенных в друг в друга профиля расположенных между двумя каркасными опорами.

Нижний каркас расположен на роликах.

Между нижним и верхним каркасом установлен актуатор выдвижение которого способствует перемещению по высоте профилей друг относительно друга.

В качестве уплотнительного элемента между профилями встроены фторопластовые пластины.

Представленная модель актуатора выполнена из стального корпуса, в котором расположены все необходимые элементы: редуктор, вал-винт, гайка, втулка, подшипники (2-радиальных, 1-упорный). Движение актуатора осуществляется посредством работы мотора.

Далее приведены схемы аналогичные первой, однако в них актуатор заменён в одном случае гидроцилиндром, в другом – реечной передачей с редуктором.

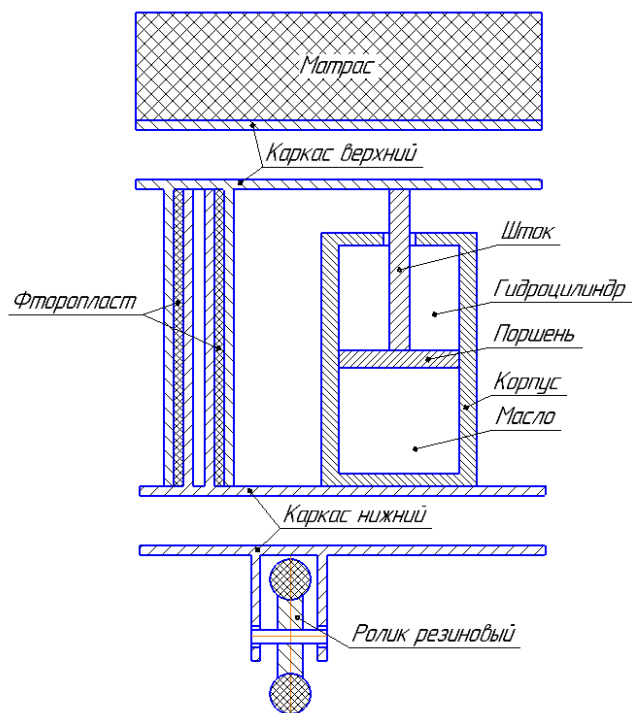


Рисунок 66 – Принципиальная схема с гидроцилиндром  
Полноразмерный рисунок см. приложение В

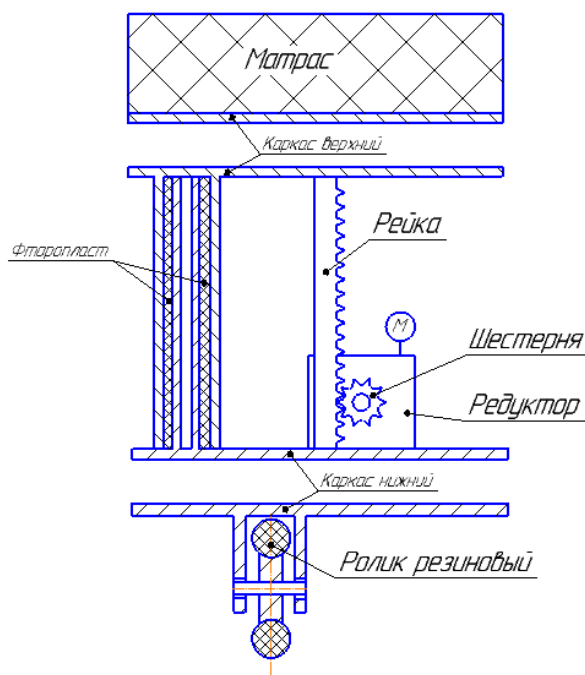


Рисунок 67 – Принципиальная схема с реечной передачей и редуктором.  
Полноразмерный рисунок см. приложение Г

## Расчетная схема с актуатором

Составим расчетную схему устройства.

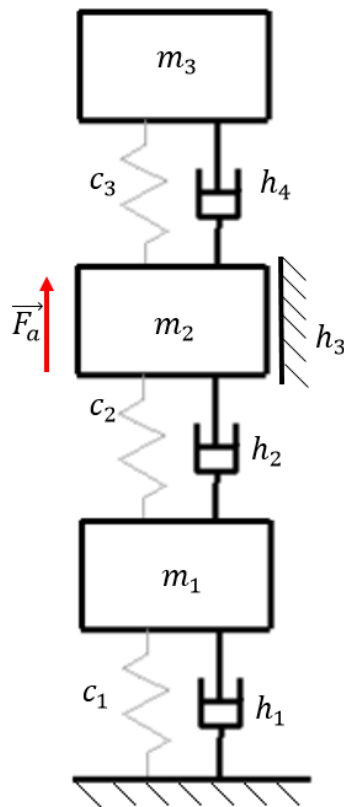


Рисунок 68 – Расчетная схема (с актуатором)

$m_1$  – нижний каркас;

$m_2$  – верхний каркас

$m_3$  – матрас;

$c_1$  – жесткость резиновых роликов;

$h_1$  – вязкость резины;

$c_2$  – жесткость актуатора;

$h_2$  – силы трения между составными частями актуатора и трение между фторопластом и профилем;

$c_3$  – жесткость матраса;

$h_3$  – трение фторопласта;

$h_4$  – вязкость наполнителя матраса.

Задающим воздействием в установке является двигатель, который закреплён к актуатору и создаёт момент  $M$ . Момент двигателя преобразуется на редукторе и передаётся на винт. В результате вращения винта гайка перемещается вверх. Гайка соединена с втулкой, втулка перемещается вместе с гайкой и давит на верхний каркас. В результате чего и происходит выдвижение ножек кровати. На кровати расположен матрас, который имеет свою жесткость и вязкость наполнителя и перемещается соответственно с верхним каркасом.

**Схема расстановки сил на второе тело:**

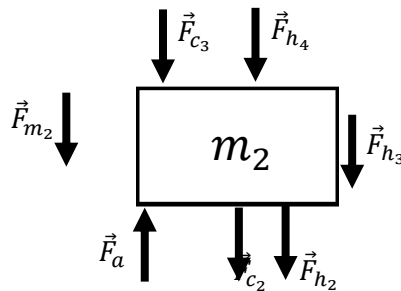


Рисунок 69 – Схема расстановки сил на второе тело

Баланс сил и все преобразования до системы дифференциальных уравнений для второго тела:

Уравнение баланса сил (сумма внешних сил уравновешена сумме внутренних сил):

$$\vec{F}_a = \vec{F}_{m_2} + \vec{F}_{h_2} + \vec{F}_{c_2} + \vec{F}_{h_3} + \vec{F}_{c_3} + \vec{F}_{h_4};$$

Определим внутренние силы:

Сила инерции:

$$F_{m_2} = m_2 * a_2;$$

Демпферная сила  $h_2$ :

$$F_{h_2} = h_2 * (v_2 - v_1);$$

Сила упругости  $c_2$ :

$$F_{c_2} = c_2 * (x_2 - x_1);$$

Демпферная сила  $h_3$ :

$$F_{h_3} = h_3 * v_2;$$

Сила упругости  $c_3$ :

$$F_{c_3} = c_3 * (x_2 - x_3);$$

Демпферная сила  $h_4$ :

$$F_{h_4} = h_4 * (v_2 - v_3);$$

Подставим все получившиеся уравнения в уравнение баланса сил для второго тела:

$$F_a = m_2 * a_2 + h_2 * (v_2 - v_1) + c_2 * (x_2 - x_1) + h_3 * v_2 + c_3 * (x_2 - x_3) + h_4 * (v_2 - v_3);$$

Из получившегося уравнения, выражаем ускорение для второго тела:

$$a_2 = \frac{F_a - h_2 * (v_2 - v_1) - c_2 * (x_2 - x_1) - h_3 * v_2 - c_3 * (x_2 - x_3) - h_4 * (v_2 - v_3)}{m_2};$$

**Схема расстановки сил на третье тело:**

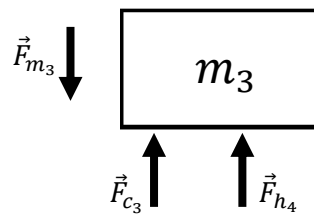


Рисунок 70 – Схема расстановки сил на третье тело

Баланс сил и все преобразования до системы дифференциальных уравнений для третьего тела

Уравнение баланса сил (сумма внешних сил уравновешена суммой внутренних сил):

$$\vec{F}_{h_4} + \vec{F}_{c_3} = \vec{F}_{m_3};$$

Определим внутренние силы:

Сила инерции:

$$F_{m_3} = m_3 * a_3;$$

Демпферная сила:

$$F_{h_4} = h_4 * (v_2 - v_3);$$

Сила упругости:

$$F_{c_3} = c_3 * (x_2 - x_3);$$

Подставим все получившиеся уравнения в уравнение баланса сил для третьего тела:

$$h_4 * (v_2 - v_3) + c_3 * (x_2 - x_3) = m_3 * a_3;$$

Из получившегося уравнения, выражаем ускорение для третьего тела:

$$a_3 = \frac{h_4 * (v_2 - v_3) + c_3 * (x_2 - x_3)}{m_3};$$

**Схема расстановки сил на первое тело:**

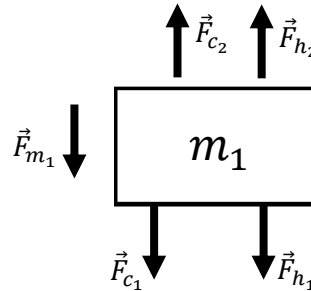


Рисунок 71 – Схема расстановки сил на первое тело

Баланс сил и все преобразования до системы дифференциальных уравнений для первого тела

Уравнение баланса сил (сумма внешних сил уравновешена сумме внутренних сил):

$$\vec{F}_{h_2} + \vec{F}_{c_2} = \vec{F}_{m_1} + \vec{F}_{h_1} + \vec{F}_{c_1};$$

Определим внутренние силы:

Сила инерции:

$$F_{m_1} = m_1 * a_1;$$

Демпферная сила  $h_2$ :

$$F_{h_2} = h_2 * (v_2 - v_1);$$

Сила упругости  $c_2$ :

$$F_{c_2} = c_2 * (x_2 - x_1);$$

Демпферная сила  $h_1$ :

$$F_{h_1} = h_1 * v_1;$$

Сила упругости  $c_1$ :

$$F_{c_1} = c_1 * x_1;$$



Подставим все получившиеся уравнения в уравнение баланса сил для первого тела:

$$h_2 * (v_2 - v_1) + c_2 * (x_2 - x_1) = m_1 * a_1 + h_1 * v_1 + c_1 * x_1;$$

Из получившегося уравнения, выражаем ускорение для первого тела:

$$a_1 = \frac{h_2 * (v_2 - v_1) + c_2 * (x_2 - x_1) - h_1 * v_1 - c_1 * x_1}{m_1};$$

Зная, что скорость является первой производной от перемещения, а ускорение первой производной от скорости составим систему:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dx_1}{dt} = v_1; \\ \frac{dv_1}{dt} = \frac{h_2 * (v_2 - v_1) + c_2 * (x_2 - x_1) - h_1 * v_1 - c_1 * x_1}{m_1}, \\ \frac{dx_2}{dt} = v_2; \\ \frac{dv_2}{dt} = \frac{F_a - h_2 * (v_2 - v_1) - c_2 * (x_2 - x_1) - h_3 * v_2 - c_3 * (x_2 - x_3) - h_4 * (v_2 - v_3)}{m_2}, \\ \frac{dx_3}{dt} = v_3; \\ \frac{dv_3}{dt} = \frac{h_4 * (v_2 - v_3) + c_3 * (x_2 - x_3)}{m_3}, \end{array} \right.$$

Определимся с массами:

$$m_1 = 16 \text{ кг};$$

$$m_2 = 30 \text{ кг};$$

$$m_3 = 7 \text{ кг};$$

$$C_1 = C_{\text{резины}} = 4000 \frac{\text{Н}}{\text{м}};$$

$$C_2 = C_{\text{корпуса акт.}} + C_{\text{штулки}} + C_{\text{гайки}} + C_{\text{вала-винта}} + C_{\text{редуктора}} + C_{\text{подшипника упор.}} \\ + 2 * C_{\text{подшипника рад.}};$$

Примем, что все детали актуатора сделаны из стали 45;

Возьмем жесткость для стали 45 и умножим на соответствующие весовые коэффициенты для каждой детали.

$$C_{\text{стали}} = 170000 \frac{\text{Н}}{\text{м}}; [5]$$

$$C_{\text{корпуса акт.}} = 170000 * 0,2 = 34000 \frac{\text{Н}}{\text{м}}; [5]$$

$$C_{\text{втулки}} = 170000 * 0,5 = 85000 \frac{H}{M}; [5]$$

$$C_{\text{гайки}} = 170000 * 0,8 = 136000 \frac{H}{M}; [5]$$

$$C_{\text{вала-винта}} = 170000 * 0,4 = 68000 \frac{H}{M}; [5]$$

$$C_{\text{редуктора}} = 170000 * 0,3 = 51000 \frac{H}{M}; [5]$$

$$C_{\text{подшипника рад.}} = 170000 * 0,7 = 119000 \frac{H}{M}; [5]$$

$$C_{\text{подшипника упор.}} = 170000 * 0,9 = 153000 \frac{H}{M}; [5]$$

Для того, чтобы найти жесткость  $C_2$  необходимо учитывать правило последовательного соединения пружин.

Из этого следует что:

$$C_2 = \frac{1}{C_{\text{корпуса акт.}}} + \frac{1}{C_{\text{втулки}}} + \frac{1}{C_{\text{гайки}}} + \frac{1}{C_{\text{вала-винта}}} + \frac{1}{C_{\text{редуктора}}} + \frac{1}{C_{\text{подшипника рад.}}} + \frac{1}{C_{\text{подшипника уп.}}};$$

$$C_2 = \frac{1}{34000} + \frac{1}{85000} + \frac{1}{136000} + \frac{1}{68000} + \frac{1}{51000} + \frac{1}{119000} + \frac{1}{153000} = 9163,64 \frac{H}{M};$$

$$C_3 = C_{\text{матраца}} = 100 \frac{H}{M}; [5]$$

$$h_1 = h_{\text{резины}} = 50 \frac{H * c}{M}; [5]$$

$$h_2 = h_{\text{гайки}} + h_{\text{винта}} + h_{\text{втулки}} + h_{\text{корпуса}} + h_{\text{редуктора}} + h_{\text{подшипника рад.}} + h_{\text{подшипника уп.}};$$

$$h_3 = h_{\text{трения фторопласта}} + h_{\text{винт-гайка}}$$

$$h_2 = 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 = 40 \frac{H * c}{M}; [5]$$

$$h_3 = 0,4 + 0,2 = 0,6 \frac{H * c}{M}; [5]$$

$$h_4 = h_{\text{матраца}} = 500 \frac{H * c}{M}; [5]$$

Найдем собственную частоту колебаний тел системы:

Собственная частота первого тела:

$$f_{\text{соб}_1} = \sqrt{\frac{c_1 + c_2}{m_1}} / 2\pi;$$

$$f_{\text{соб}_1} = \sqrt{\frac{4000 + 9163,64}{16}} / 2\pi = 9,13 \text{ Гц};$$

Собственная частота второго тела:

$$f_{\text{соб}_2} = \sqrt{\frac{c_2 + c_1}{m_2}} / 2\pi;$$

$$f_{\text{соб}_2} = \sqrt{\frac{9163,64 + 100}{30}} / 2\pi = 5,6 \text{ Гц};$$

Собственная частота третьего тела:

$$f_{\text{соб}_3} = \sqrt{\frac{c_3}{m_3}} / 2\pi;$$

$$f_{\text{соб}_3} = \sqrt{\frac{100}{7}} / 2\pi = 1,2 \text{ Гц};$$

Для решения уравнений в MathLab могут понадобиться следующие данные:

Частота вращения мотора актуатора – 3000 Гц. [4]

Передаточное отношение редуктора актуатора – 0,16. [4]

Рассчитаем частоту вращения выходного винта актуатора.

$$n_{\text{вых.вала}} = 3000 * 0,16 = 480 \text{ Гц};$$

Результаты исследования

Входные данные, а также необходимые уравнения для исследования в программе MathLab можно найти в приложении Д, Е.

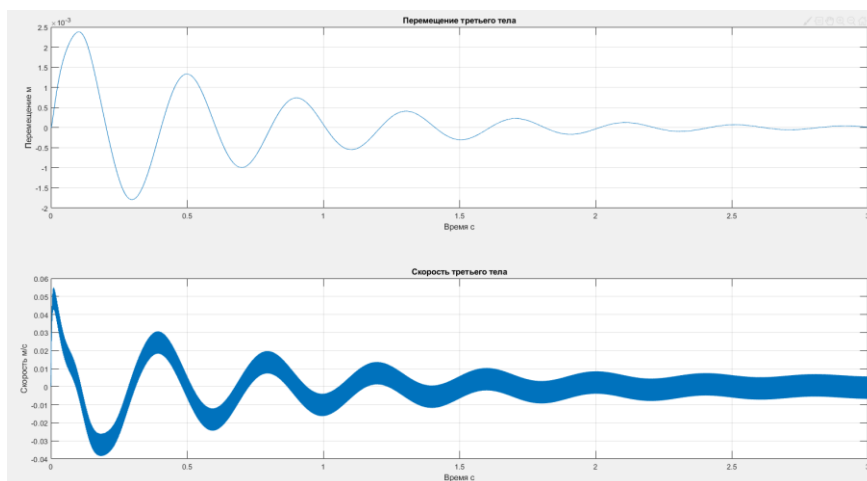


Рисунок 72 – Результаты исследования колебаний тела 3 при его перемещении актуатором

### Расчетная схема с гидроцилиндром

Составим расчетную схему устройства.

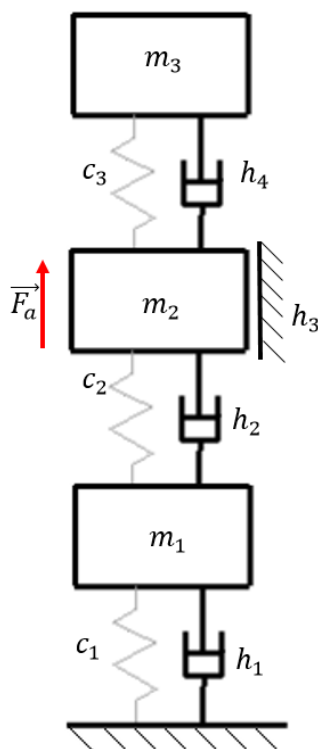


Рисунок 73 – Расчетная схема (с гидроцилиндром)

$m_1$  – нижний каркас;

$m_2$  – верхний каркас

$m_3$  – матрас;

$c_1$  – жесткость резиновых роликов;

$h_1$  – вязкость резины;

$c_2$  – жесткость гидроцилиндра;

$h_2$  – силы трения между составными частями гидроцилиндра и трение между фторопластом и профилем;

$c_3$  – жесткость матраса;

$h_3$  – трение фторопласта;

$h_4$  – вязкость наполнителя матраса.

Задающим воздействием в установке является двигатель насосной станции. Насосная станция подаёт давление в гидроцилиндр. В результате поршень перемещается вверх. В результате чего и происходит выдвигание ножек кровати. На кровати расположен матрас, который имеет свою жесткость и вязкость наполнителя и перемещается соответственно с верхним каркасом.

**Схема расстановки сил на второе тело:**

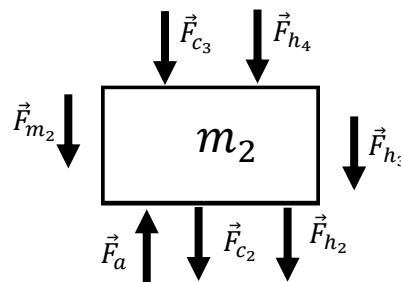


Рисунок 74 – Схема расстановки сил на второе тело

Баланс сил и все преобразования до системы дифференциальных уравнений для второго тела:

Уравнение баланса сил (сумма внешних сил уравновешена сумме внутренних сил):

$$\vec{F}_a = \vec{F}_{m_2} + \vec{F}_{h_2} + \vec{F}_{c_2} + \vec{F}_{h_3} + \vec{F}_{c_3} + \vec{F}_{h_4};$$

Определим внутренние силы:

Сила инерции:

$$F_{m_2} = m_2 * a_2;$$

Демпферная сила  $h_2$ :

$$F_{h_2} = h_2 * (v_2 - v_1);$$

Сила упругости  $c_2$ :

$$F_{c_2} = c_2 * (x_2 - x_1);$$

Демпферная сила  $h_3$ :

$$F_{h_3} = h_3 * v_2;$$

Сила упругости  $c_3$ :

$$F_{c_3} = c_3 * (x_2 - x_3);$$

Демпферная сила  $h_4$ :

$$F_{h_4} = h_4 * (v_2 - v_3);$$

Подставим все получившиеся уравнения в уравнение баланса сил для второго тела:

$$F_a = m_2 * a_2 + h_2 * (v_2 - v_1) + c_2 * (x_2 - x_1) + h_3 * v_2 + c_3 * (x_2 - x_3) + h_4 * (v_2 - v_3);$$

Из получившегося уравнения, выражаем ускорение для второго тела:

$$a_2 = \frac{F_a - h_2 * (v_2 - v_1) - c_2 * (x_2 - x_1) - h_3 * v_2 - c_3 * (x_2 - x_3) - h_4 * (v_2 - v_3)}{m_2};$$

**Схема расстановки сил на третье тело:**

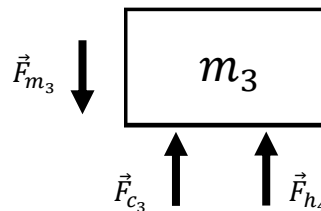


Рисунок 75 – Схема расстановки сил на третье тело

Баланс сил и все преобразования до системы дифференциальных уравнений для третьего тела:

Уравнение баланса сил (сумма внешних сил уравновешена суммой внутренних сил):

$$\vec{F}_{h_4} + \vec{F}_{c_3} = \vec{F}_{m_3};$$

Определим внутренние силы:

Сила инерции:

$$F_{m_3} = m_3 * a_3;$$

Демпферная сила:

$$F_{h_4} = h_4 * (v_2 - v_3);$$

Сила упругости:

$$F_{c_3} = c_3 * (x_2 - x_3);$$

Подставим все получившиеся уравнения в уравнение баланса сил для третьего тела:

$$h_4 * (v_2 - v_3) + c_3 * (x_2 - x_3) = m_3 * a_3;$$

Из получившегося уравнения, выражаем ускорение для третьего тела:

$$a_3 = \frac{h_4 * (v_2 - v_3) + c_3 * (x_2 - x_3)}{m_3};$$

**Схема расстановки сил на первое тело:**

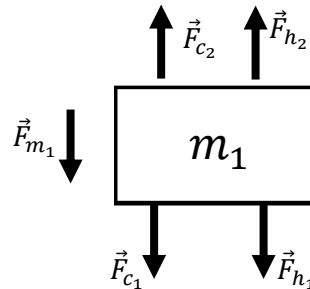


Рисунок 76 – Схема расстановки сил на первое тело

Баланс сил и все преобразования до системы дифференциальных уравнений для первого тела:

Уравнение баланса сил (сумма внешних сил уравновешена суммой внутренних сил):

$$\vec{F}_{h_2} + \vec{F}_{c_2} = \vec{F}_{m_1} + \vec{F}_{h_1} + \vec{F}_{c_1};$$

Определим внутренние силы:

Сила инерции:

$$F_{m_1} = m_1 * a_1;$$

Демпферная сила  $h_2$ :

$$F_{h_2} = h_2 * (v_2 - v_1);$$

Сила упругости  $c_2$ :

$$F_{c_2} = c_2 * (x_2 - x_1);$$

Демпферная сила  $h_1$ :

$$F_{h_1} = h_1 * v_1;$$

Сила упругости  $c_1$ :

$$F_{c_1} = c_1 * x_1;$$

Подставим все получившиеся уравнения в уравнение баланса сил для первого тела:

$$h_2 * (v_2 - v_1) + c_2 * (x_2 - x_1) = m_1 * a_1 + h_1 * v_1 + c_1 * x_1;$$

Из получившегося уравнения, выражаем ускорение для первого тела:

$$a_1 = \frac{h_2 * (v_2 - v_1) + c_2 * (x_2 - x_1) - h_1 * v_1 - c_1 * x_1}{m_1};$$

Зная, что скорость является первой производной от перемещения, а ускорение первой производной от скорости составим систему:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dx_1}{dt} = v_1; \\ \frac{dv_1}{dt} = \frac{h_2 * (v_2 - v_1) + c_2 * (x_2 - x_1) - h_1 * v_1 - c_1 * x_1}{m_1}, \\ \frac{dx_2}{dt} = v_2; \\ \frac{dv_2}{dt} = \frac{F_a - h_2 * (v_2 - v_1) - c_2 * (x_2 - x_1) - h_3 * v_2 - c_3 * (x_2 - x_3) - h_4 * (v_2 - v_3)}{m_2}, \\ \frac{dx_3}{dt} = v_3; \\ \frac{dv_3}{dt} = \frac{h_4 * (v_2 - v_3) + c_3 * (x_2 - x_3)}{m_3}, \end{array} \right.$$

Массы тел в системе:

$$m_1 = 16 \text{ кг};$$

$$m_2 = 30 \text{ кг};$$

$$m_3 = 7 \text{ кг};$$

$$C_1 = C_{\text{резины}} = 4000 \frac{\text{Н}}{\text{м}};$$

$$C_2 = C_{\text{корпуса гид.}} + C_{\text{поршня}} + C_{\text{штукаака}};$$

Примем, что все детали гидроцилиндра сделаны из стали 45;

Возьмем жесткость для стали 45 и умножим на соответствующие весовые коэффициенты для каждой детали.

$$C_{\text{стали}} = 170000 \frac{\text{Н}}{\text{м}}; [5]$$

$$C_{\text{корпуса гид.}} = 170000 * 0,3 = 51000 \frac{\text{Н}}{\text{м}}; [5]$$



$$C_{\text{поршня}} = 170000 * 0,5 = 85000 \frac{H}{M}; [5]$$

$$C_{\text{штукаока}} = 170000 * 0,4 = 68000 \frac{H}{M}; [5]$$

Для того, чтобы найти жесткость  $C_2$  необходимо учитывать правило последовательного соединения пружин.

Из этого следует что:

$$C_2 = \frac{1}{C_{\text{корпуса гид.}}} + \frac{1}{C_{\text{поршня}}} + \frac{1}{C_{\text{штукаока}}};$$

$$C_2 = \frac{1}{51000} + \frac{1}{85000} + \frac{1}{68000} = 21702,128 \frac{H}{M};$$

$$C_3 = C_{\text{матраца}} = 100 \frac{H}{M}; [5]$$

$$h_1 = h_{\text{резины}} = 50 \frac{H * c}{M}; [5]$$

$$h_2 = h_{\text{корпуса гид.}} + h_{\text{поршня}} + h_{\text{штукаока}};$$

$$h_3 = h_{\text{трения фторопласта}} + h_{\text{уплотнительных колец}}$$

$$h_2 = 5 + 5 + 5 = 15 \frac{H * c}{M}; [5]$$

$$h_3 = 0,4 + 0,5 = 0,9 \frac{H * c}{M}; [5]$$

$$h_4 = h_{\text{матраца}} = 500 \frac{H * c}{M}; [5]$$

Найдем собственную частоту колебаний тел системы:

Собственная частота первого тела:

$$f_{\text{соб}_1} = \sqrt{\frac{c_1 + c_2}{m_1}} / 2\pi;$$

$$f_{\text{соб}_1} = \sqrt{\frac{4000 + 21702,128}{16}} / 2\pi = 12,76 \text{ Гц};$$

Собственная частота второго тела:

$$f_{\text{соб}_2} = \sqrt{\frac{c_2 + c_1}{m_2}} / 2\pi;$$

$$f_{\text{соб}_2} = \sqrt{\frac{21702,128 + 100}{30}} / 2\pi = 8,6 \text{ Гц};$$

Собственная частота третьего тела:

$$f_{\text{соб}_3} = \sqrt{\frac{c_3}{m_3}} / 2\pi;$$

$$f_{\text{соб}_3} = \sqrt{\frac{100}{7}} / 2\pi = 1,2 \text{ Гц};$$

Для решения уравнений в MathLab требуется частота изменения силы:

$$n_{\text{вых.вала}} = 50 \text{ Гц}; [5]$$

Результаты исследования

Входные данные, а также необходимые уравнения для исследования в программе MathLab можно найти в приложении Ж, Е.

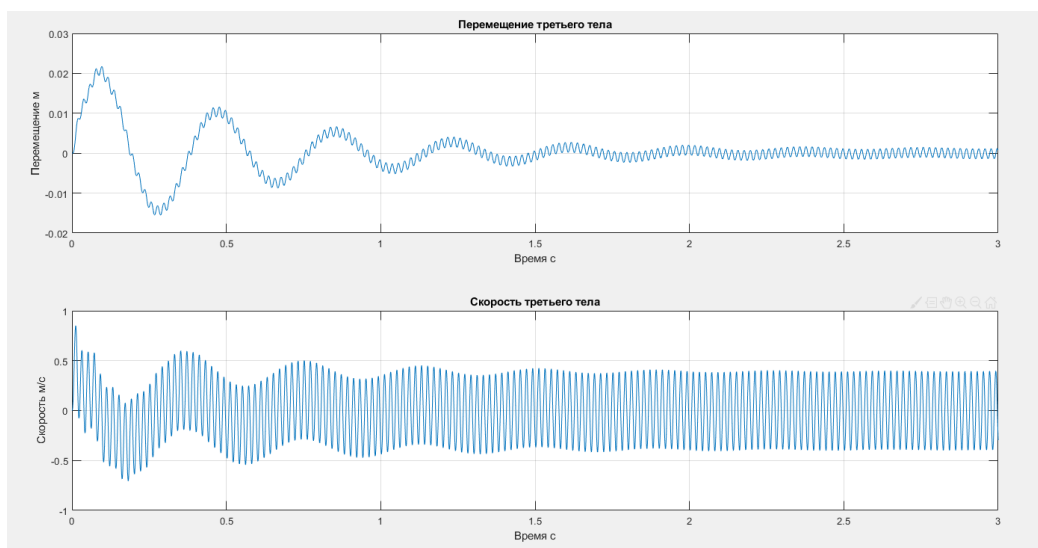


Рисунок 77 – Результаты исследования колебаний тела 3 при его перемещении гидроцилиндром.

## Расчетная схема с реечной передачей

Составим расчетную схему устройства.

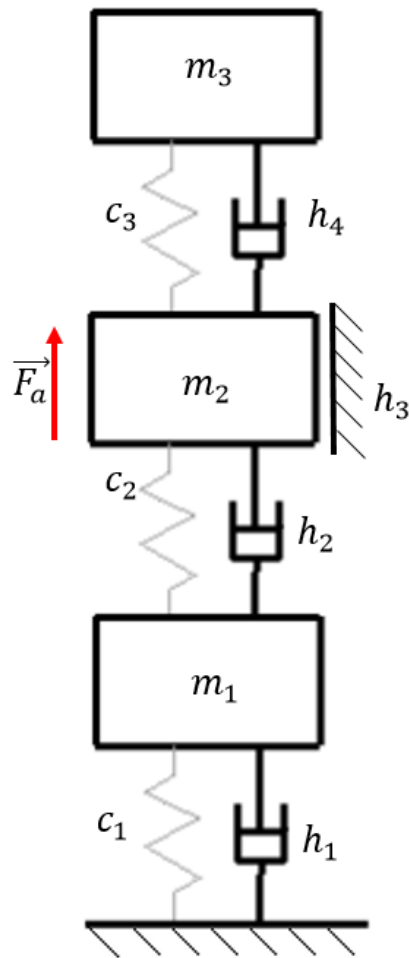


Рисунок 78 – Расчетная схема (с реечной передачей)

$m_1$  – нижний каркас;

$m_2$  – верхний каркас

$m_3$  – матрас;

$c_1$  – жесткость резиновых роликов;

$h_1$  – вязкость резины;

$c_2$  – жесткость реечной передачи;

$h_2$  – силы трения между составными частями реечной передачи и трение между фторопластом и профилем;

$c_3$  – жесткость матраса;

$h_3$  – трение фторопласта;

$h_4$  – вязкость наполнителя матраса.

Задающим воздействием в установке является двигатель, который закреплён к редуктору и создаёт момент  $M$ . Момент двигателя преобразуется на редукторе и передаётся на шестерню. В результате вращения шестерёнка перемещается вверх и происходит выдвигание ножек кровати. На кровати расположен матрас, который имеет свою жесткость и вязкость наполнителя и перемещается соответственно с верхним каркасом.

**Схема расстановки сил на второе тело:**

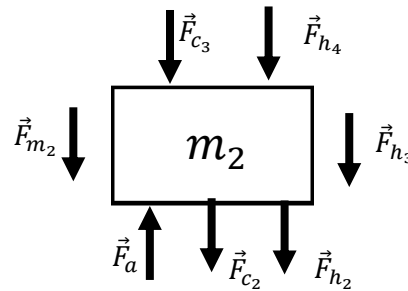


Рисунок 79 – Схема расстановки сил на второе тело

Баланс сил и все преобразования до системы дифференциальных уравнений для второго тела:

Уравнение баланса сил (сумма внешних сил уравновешена суммой внутренних сил):

$$\vec{F}_a = \vec{F}_{m_2} + \vec{F}_{h_2} + \vec{F}_{c_2} + \vec{F}_{h_3} + \vec{F}_{c_3} + \vec{F}_{h_4};$$

Определим внутренние силы:

Сила инерции:

$$F_{m_2} = m_2 * a_2;$$

Демпферная сила  $h_2$ :

$$F_{h_2} = h_2 * (v_2 - v_1);$$

Сила упругости  $c_2$ :

$$F_{c_2} = c_2 * (x_2 - x_1);$$

Демпферная сила  $h_3$ :

$$F_{h_3} = h_3 * v_2;$$

Сила упругости  $c_3$ :

$$F_{c_3} = c_3 * (x_2 - x_3);$$

Демпферная сила  $h_4$ :

$$F_{h_4} = h_4 * (v_2 - v_3);$$

Подставим все получившиеся уравнения в уравнение баланса сил для второго тела:

$$F_a = m_2 * a_2 + h_2 * (v_2 - v_1) + c_2 * (x_2 - x_1) + h_3 * v_2 + c_3 * (x_2 - x_3) + h_4 * (v_2 - v_3);$$

Из получившегося уравнения, выражаем ускорение для второго тела:

$$a_2 = \frac{F_a - h_2 * (v_2 - v_1) - c_2 * (x_2 - x_1) - h_3 * v_2 - c_3 * (x_2 - x_3) - h_4 * (v_2 - v_3)}{m_2};$$

**Схема расстановки сил на третье тело:**

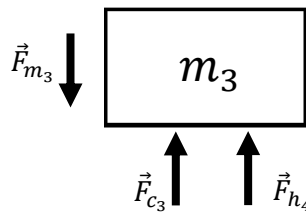


Рисунок 80 – Схема расстановки сил на третье тело

Баланс сил и все преобразования до системы дифференциальных уравнений для третьего тела:

Уравнение баланса сил (сумма внешних сил уравновешена суммой внутренних сил):

$$\vec{F}_{h_4} + \vec{F}_{c_3} = \vec{F}_{m_3};$$

Определим внутренние силы:

Сила инерции:

$$F_{m_3} = m_3 * a_3;$$

Демпферная сила:

$$F_{h_4} = h_4 * (v_2 - v_3);$$

Сила упругости:

$$F_{c_3} = c_3 * (x_2 - x_3);$$

Подставим все получившиеся уравнения в уравнение баланса сил для третьего тела:

$$h_4 * (v_2 - v_3) + c_3 * (x_2 - x_3) = m_3 * a_3;$$

Из получившегося уравнения, выражаем ускорение для третьего тела:

$$a_3 = \frac{h_4 * (v_2 - v_3) + c_3 * (x_2 - x_3)}{m_3};$$

**Схема расстановки сил на первое тело:**

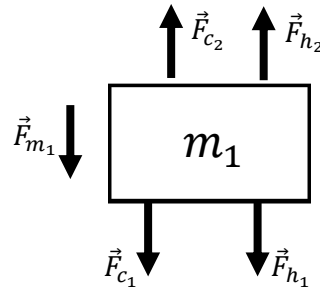


Рисунок 81 – Схема расстановки сил на первое тело

Баланс сил и все преобразования до системы дифференциальных уравнений для первого тела:

Уравнение баланса сил (сумма внешних сил уравновешена сумме внутренних сил):

$$\vec{F}_{h_2} + \vec{F}_{c_2} = \vec{F}_{m_1} + \vec{F}_{h_1} + \vec{F}_{c_1};$$

Определим внутренние силы:

Сила инерции:

$$F_{m_1} = m_1 * a_1;$$

Демпферная сила  $h_2$ :

$$F_{h_2} = h_2 * (v_2 - v_1);$$

Сила упругости  $c_2$ :

$$F_{c_2} = c_2 * (x_2 - x_1);$$

Демпферная сила  $h_1$ :

$$F_{h_1} = h_1 * v_1;$$

Сила упругости  $c_1$ :

$$F_{c_1} = c_1 * x_1;$$

Подставим все получившиеся уравнения в уравнение баланса сил для первого тела:

$$h_2 * (v_2 - v_1) + c_2 * (x_2 - x_1) = m_1 * a_1 + h_1 * v_1 + c_1 * x_1;$$

Из получившегося уравнения, выражаем ускорение для первого тела:

$$a_1 = \frac{h_2 * (v_2 - v_1) + c_2 * (x_2 - x_1) - h_1 * v_1 - c_1 * x_1}{m_1};$$

Зная, что скорость является первой производной от перемещения, а ускорение первой производной от скорости составим систему:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dx_1}{dt} = v_1; \\ \frac{dv_1}{dt} = \frac{h_2 * (v_2 - v_1) + c_2 * (x_2 - x_1) - h_1 * v_1 - c_1 * x_1}{m_1}; \\ \frac{dx_2}{dt} = v_2; \\ \frac{dv_2}{dt} = \frac{F_a - h_2 * (v_2 - v_1) - c_2 * (x_2 - x_1) - h_3 * v_2 - c_3 * (x_2 - x_3) - h_4 * (v_2 - v_3)}{m_2}; \\ \frac{dx_3}{dt} = v_3; \\ \frac{dv_3}{dt} = \frac{h_4 * (v_2 - v_3) + c_3 * (x_2 - x_3)}{m_3}; \end{array} \right.$$

Определим массы

$$m_1 = 16 \text{ кг};$$

$$m_2 = 30 \text{ кг};$$

$$m_3 = 7 \text{ кг};$$

$$C_1 = C_{\text{резины}} = 4000 \frac{\text{Н}}{\text{м}};$$

$$C_2 = C_{\text{рейка}} + C_{\text{шестерня}} + C_{\text{редуктор}} + 2C_{\text{подшипника рад.}};$$

Примем, что все детали гидроцилиндра сделаны из стали 45;

Возьмем жесткость для стали 45 и умножим на соответствующие весовые коэффициенты для каждой детали.

$$C_{\text{стали}} = 170000 \frac{\text{Н}}{\text{м}}; [5]$$

$$C_{\text{рейка}} = 170000 * 0,4 = 68000 \frac{\text{Н}}{\text{м}}; [5]$$

$$C_{\text{шестерня}} = 170000 * 0,8 = 136000 \frac{\text{Н}}{\text{м}}; [5]$$

$$C_{\text{редуктор}} = 170000 * 0,3 = 51000 \frac{H}{M}; [5]$$

$$C_{\text{подшипника рад.}} = 170000 * 0,7 = 119000 \frac{H}{M}; [5]$$

Для того, чтобы найти жесткость  $C_2$  необходимо учитывать правило последовательного соединения пружин.

Из этого следует что:

$$C_2 = \frac{1}{C_{\text{рейка}}} + \frac{1}{C_{\text{шестерня}}} + \frac{1}{C_{\text{редуктор}}} + \frac{2}{C_{\text{подшипника рад.}}};$$

$$C_2 = \frac{1}{68000} + \frac{1}{136000} + \frac{1}{51000} + \frac{2}{119000} = 5847,4 \frac{H}{M};$$

$$C_3 = C_{\text{матраца}} = 100 \frac{H}{M}; [5]$$

$$h_1 = h_{\text{резины}} = 50 \frac{H * c}{M}; [5]$$

$$h_2 = h_{\text{рейка}} + h_{\text{шестерня}} + h_{\text{редуктор}} + h_{\text{подшипника рад.}};$$

$$h_3 = h_{\text{трения фторопласта}}$$

$$h_2 = 5 + 5 + 5 + 5 = 20 \frac{H * c}{M}; [5]$$

$$h_3 = 0,4 \frac{H * c}{M}; [5]$$

$$h_4 = h_{\text{матраца}} = 500 \frac{H * c}{M}; [5]$$

Найдем собственную частоту колебаний тел системы:

Собственная частота первого тела:

$$f_{\text{соб}_1} = \sqrt{\frac{c_1 + c_2}{m_1}} / 2\pi;$$

$$f_{\text{соб}_1} = \sqrt{\frac{4000 + 5847,4}{16}} / 2\pi = 78 \text{ Гц};$$

Собственная частота второго тела:

$$f_{\text{соб}_2} = \sqrt{\frac{c_2 + c_1}{m_2}} / 2\pi;$$



$$f_{\text{соб}_2} = \sqrt{\frac{5847,4 + 100}{30}} / 2\pi = 44 \text{ Гц};$$

Собственная частота третьего тела:

$$f_{\text{соб}_3} = \sqrt{\frac{c_3}{m_3}} / 2\pi;$$

$$f_{\text{соб}_3} = \sqrt{\frac{100}{7}} / 2\pi = 1,2 \text{ Гц};$$

Для решения уравнений в MathLab требуется частота вращения выходного вала двигателя:

$$n_{\text{вых.вала}} = 50 \text{ Гц}; [5]$$

Результаты исследования

Входные данные, а также необходимые уравнения для исследования в программе MathLab можно найти в приложении И, Е.

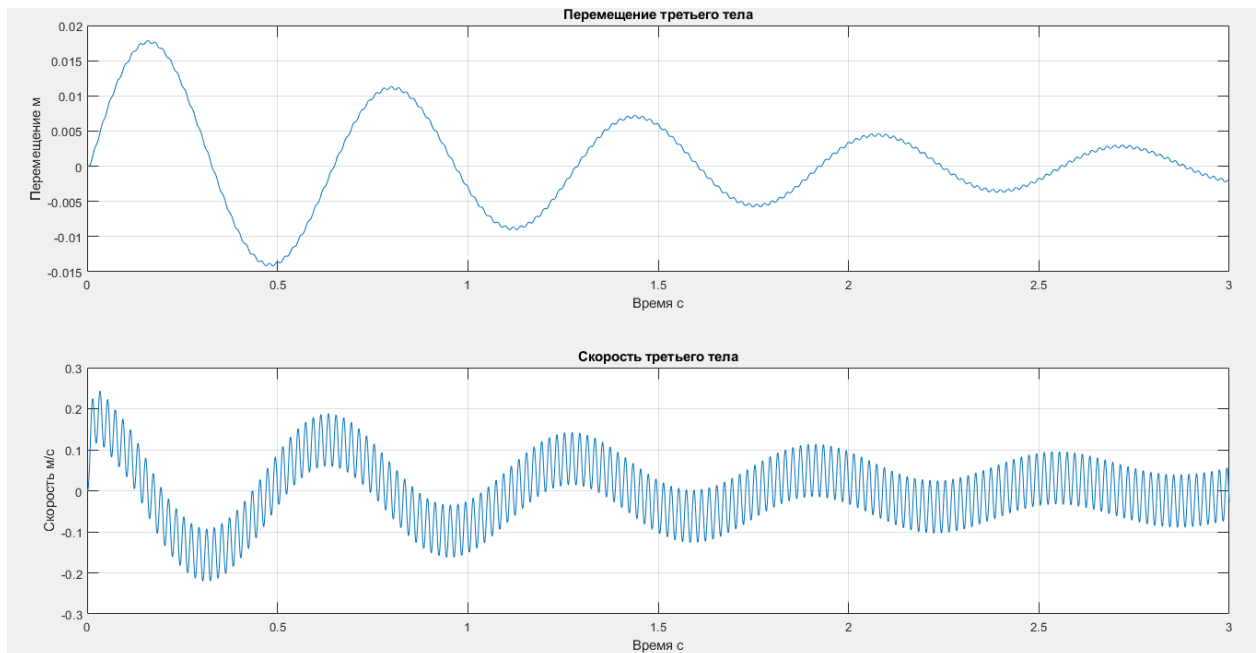


Рисунок 82 – Результаты исследования колебаний тела 3 при его перемещении ременной передачи

## **Вывод**

В данном разделе дипломной работы было проведено исследование амплитуды колебаний при перемещении ножек кровати для трансформации кровати в массажный стол.

Были рассмотрены три варианта конструкции. В первом варианте перемещение ножек обеспечивает актуатор и колебания в крайнем раздвинутом положении конструкции составляют 0,0024м. Во втором варианте исследования перемещения ножек кровати обеспечивается гидроцилиндром, максимальная амплитуда колебаний в крайней точке составляет 0,02м. В третьем варианте исследования раздвижения ножек кровати происходит при помощи реечной передачи, максимальная амплитуда колебаний 0,018м.

Из исследования видно, что колебания, создаваемые устройствами раздвижения допустимы для использования. Однако колебания, создаваемые актуатором, меньше. Применительно к кровати трансформер принято решение использовать реечную передачу с редуктором так, как она подразумевает автоматическое управление и относительно не дорогая в приобретении.

Актуаторы тоже прекрасно подходят для автоматизации, но их недостаток – стоимость. Гидроцилиндры же используются в основном с ручным управлением, а их автоматизация подразумевает наличие насосной станции, которая будет загромождать конструкцию.

#### **4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

На данный момент рынок медицинских кроватей, хоть и не переполнен, но разнообразен предложением продукции. Поэтому при изготовлении медицинской кровати важно не только учесть все необходимые конструкторские особенности, но и учесть конкурентоспособность изделия. Необходимо сделать оборудование наиболее доступным для широкого использования.

Целью данного раздела является рассмотрение конкурентоспособности новой разработки – реабилитационной кровати, обоснование перспективности производства спроектированного изделия.

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.

##### **4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

###### **4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

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

Определим, что такое целевой рынок.

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. [44]

Проведем исследования относительно спроектированного изделия.

*Таблица 1. Сегментация.*

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

По итогам данных таблицы 1 можно сделать следующей вывод: что кровати с регулированием высоты и тазобедренной 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.

#### **4.1.2 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

НИОКР, 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 зарубежных аналогов и нашей разработки.*

Компании	Преимущества	Недостатки
Invacare	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Надежность;</li> <li>2. Технологичность;</li> <li>3. Эргономичность;</li> <li>4. Многофункциональность;</li> <li>5. Наличие доп. устройств (ручка-петля, штатив).</li> <li>6. Тех. поддержка</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Разработана за границей;</li> <li>2. Высокая стоимость;</li> <li>3. Отсутствие регулирования длины тазобедренной части.</li> <li>4. Отсутствие регулирования высоты ножек.</li> <li>5. Платная доставка.</li> </ol>
Pro Medic	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Дизайн;</li> <li>2. Технологичность;</li> <li>3. Надежность;</li> <li>4. Многофункциональность</li> <li>5. Эргономичность;</li> <li>6. Универсальность;</li> <li>7. Наличие доп. устройств (ручка-петля, штатив).</li> <li>8. Тех поддержка.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Разработана за границей;</li> <li>2. Высокая стоимость;</li> <li>3. Платная доставка</li> <li>4. Отсутствие регулирования длины тазобедренной части.</li> <li>5. Отсутствие регулирования высоты ножек.</li> </ol>
Армед	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Произведена в России;</li> <li>2. Низкая стоимость;</li> <li>3. Долговечность;</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отсутствие регулирования длины тазобедренной части.</li> <li>2. Отсутствие регулирования высоты ножек.</li> </ol>

	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Наличие доп. устройств (ручка-петля, штукаатив);</li> <li>5. Технологичность;</li> <li>6. Надежность;</li> <li>7. Многофункциональность</li> <li>8. Эргономичность</li> <li>9. Бесплатная доставка по РФ.</li> <li>10. Тех поддержка.</li> </ol>	
<p>Кровать трансформер разработанная для фирмы ТехноМед</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Эргономичность;</li> <li>2. Ремонтопригодность</li> <li>3. Долговечность;</li> <li>4. Технологичность;</li> <li>5. Многофункциональность;</li> <li>6. Осуществляется регулировка длины тазобедренной области;</li> <li>7. Осуществляется подъем ножек кровати;</li> <li>8. Низкая стоимость;</li> <li>9. Доставка по России.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отсутствие доп. устройств (ручка-петля, штатив);</li> <li>2. Тех поддержка.</li> </ol>

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 и высоты

подъема ножек кровати. Это выгодно выделяет предложенное в данной диссертации 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 <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	Б <sub>к3</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>	К <sub>к3</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>									
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. Ремонтпригодность	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
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>									
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
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>Суммарная оценка</b>				4,6	3,9	3,74	3,86

БФ – разработанная кровать трансформер; Б<sub>к1</sub> – Invascare; Б<sub>к2</sub> – Pro Medic; Б<sub>к3</sub> – Армед.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

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

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;
- Ремонтопригодность.

#### 4.1.3 SWOT-анализ

SWOT – представляет собой комплексный анализ НИОКР. 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. [35]



Таблица 4 – Матрица SWOT

Сильные стороны (С)	Слабые стороны (Сл)
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Низкая стоимость;</li> <li>2. Многофункциональность;</li> <li>3. Уникальность разработки;</li> <li>4. Использование отечественных комплектующих;</li> <li>5. Востребованность рынка;</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отсутствие опытного образца;</li> <li>2. Отсутствие доп. устройств.</li> <li>3. Отсутствие послепродажного обслуживания;</li> <li>4. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца;</li> <li>5. Большой срок поставок материалов и комплектующих.</li> </ol>
Возможности (В)	Угрозы (У)
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Рост спроса в виду уникальности установки;</li> <li>2. Возможен приток частного капитала;</li> <li>3. Выход на международный рынок в случае спроса продукта;</li> <li>4. Возможен переход на серийное производство;</li> <li>5. Возможность расширения функционала кровати.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отсутствие спроса из-за неправильного продвижения;</li> <li>2. Нестабильное финансирование;</li> <li>3. Срыв поставки комплектующих;</li> <li>4. Ограничение на экспорт установки;</li> <li>5. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции.</li> </ol>

В рамках следующего этапа производится построение интерактивной матрицы НИОКР.

Таблица 5. Соответствие сильных сторон возможностям

Сильные стороны проекта						
Возможности		С1	С2	С3	С4	С5
НИОКР	В1	-	+	+	0	0
	В2	-	+	0	0	+
	В3	-	+	0	0	+
	В4	+	0	0	+	+
	В5	-	0	0	+	+

Таблица 6. Соответствие слабых сторон возможностям

Слабые стороны проекта						
Возможности		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
НИОКР	В1	0	-	-	0	0
	В2	+	+	+	+	0
	В3	-	0	0	-	0
	В4	-	0	0	-	-
	В5	-	+	0	-	0

Таблица 7. Соответствие сильных сторон угрозам

Сильные стороны проекта						
Возможности		С1	С2	С3	С4	С5
НИОКР	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
НИОКР	У1	-	0	0	0	0
	У2	+	+	+	+	+
	У3	+	-	0	+	+
	У4	0	-	0	0	0
	У5	0	-	0	0	0

При анализе сильных сторон НИОКР, 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	<p>В4С1С4С5</p> <p>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.</p>	<p>В2Сл1Сл2Сл3Сл4</p> <p>Отрицательным фактором притока частного капитала может являться отсутствие опытного образца дополнительных устройств, отсутствие послепродажного обслуживания, а также необходимость оборудования для проведения испытаний опытного образца. Все это может замедлить рост производства изделия.</p>

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, приобрести необходимое оборудование для испытаний, а также неспособности стабильно пополнять комплектующие. Всё это может привести, фактически, к остановке производства.
--------	---	---

## 4.2 Планирование научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ

### 4.2.1 Структура предполагаемых работ в рамках НИОКР

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках НИОКРа;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научно-исследовательской опытно-конструкторской работ.

Таблица 10. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№	Содержание работ	Исполнитель
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Литературный обзор: существующих заболеваний не ходячих больных, эволюция реабилитационных кроватей, обзор существующих аналогов	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
<i>Проведение ОКР</i>			
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 НИОКР	11	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

## 4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путём в человеко-днях и носит вероятностный характер, так, как зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости ( $t_{ожi}$ ) используется следующая формула:

$$t_{ожi} = \frac{3 * t_{\min i} + 2 * t_{\max i}}{5};$$

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях ( $T_{pi}$ ), учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i};$$

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:

$$T_{Ki} = T_{pi} * k_{\text{кал}};$$

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

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

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{366}{248} = 1,476;$$

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

Название работы	Трудоёмкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, $T_p$	Длительность работ в календарных днях, $T_K$
	$t_{min}$ , Чел-дни	$t_{max}$ , Чел-дни	$t_{ож}$ , Чел-дни			
Разработка принципиальной схемы, создание модели изделия	5	7	5,8	Инженер, руководитель	2,9	4,3
Расчет конструкции	10	12	10,8	Инженер	10,8	16
Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	3	5	3,8	Инженер	3,8	5,6
Изготовление нижней части рамы	5	10	7	Инженер	7	10

Изготовление верхней части рамы	5	10	7	Инженер	7	10
Сборка основания	1	2	1,4	Инженер, руководитель	0,7	1
Изготовление сидельной части	7	14	9,8	Инженер	9,8	14,5
Изготовление спинки кровати	4	7	5,2	Инженер	5,2	7,68
Сборка ложе	1	2	1,4	Инженер, руководитель	0,7	1
Изготовление подикроножной части кровати	6	10	7,6	Инженер	7,6	11
Изготовление под стопной части кровати	4	6	4,8	Инженер	4,8	7
Сборка кровати	3	5	3,8	Инженер, руководитель	1,9	2,8



Таблица 12. График Ганта

Название работы	Время выполнения работ. д.													
	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	91	
Разработка схем														
Расчет констр.														
Оценка эффектив.														
Рама Ч.1														
Рама Ч.2														
Сб. основания														
Седалищная ч.														
Спинка кровати														
Сб. ложе														
Под икроножной ч.														
Под стопной ч.														
Сб. кровати														

- Руководитель      - Инженер

### 4.3 Бюджет опытно-конструкторских работ

#### 4.3.1 Материальные затраты

При планировании затрат на НИОКР практически невозможно точно оценить – сколько и какие именно материальные затраты будут необходимы для данной разработки. Поэтому закладываем приблизительный бюджет на изготовление одной единицы изделия.

Таблица 13

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, руб.
Труба квадратная 50x50	штука	1	800	848

Труба прямо- угольная 50x25	штука	3	700	2226
Редуктор Duxe	штука	2	3330	7059,6
Труба квад- ратная 20x20	штука	1	600	636
Труба прямо- угольная 30x20	штука	1	650	689
Ролики	штука	4	300	1272
Направляю- щие	штука	2	548	1161,76
Труба 12	штука	1	320	339,2
Пруток 10мм	штука	1	400	424
Пруток 40мм	штука	1	600	636
Доска 1000x500x15	штука	2	350	742
Брусok 25x10	штука	2	150	318
Труба прямо- угольная 60x40	штука	1	500	530
Итого: 16 881,56 р.				

Цены приняты на основании прайс-листа поставщика материалов:  
<https://tomag.ru>, <https://www.duxe.ru>.

$$C_M = (1 + k_{ТЗ}) * \sum_{i=1}^m C_i * N_{Pi}$$

$k_{ТЗ} = 0,06$  – коэффициент транспортно-заготовительных расходов.

Из затрат на материальные ресурсы, включаемых в себестоимость продукции, исключается стоимость возвратных отходов.

Под возвратными отходами производства понимаются остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, теплоносителей и других видов материальных ресурсов, образовавшиеся в процессе производства научно-технической продукции, утратившие полностью или частично потребительские качества исходного ресурса (химические или физические свойства) и в силу этого используемые с повышенными затратами (понижением выхода продукции) или вовсе не используемые по прямому назначению. [35]

#### 4.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Тип оборудования	Стоимость, руб.	Количество	Срок эксплуатации, лет	Амортизационные отчисления, руб.
Токарный станок	528000	1	8	900
Гидрорез	1000000	1	10	2730
Итого: 3 630 р.				

$$A_{\text{год}} = \sum_{i=1}^T \Phi_i * N_{ai} + \sum_j^m \Phi_j * N_{aj};$$

где  $\Phi_i$  – первоначальная (балансовая) стоимость единицы оборудования  $i$ -го типа,  $i = 1, \dots, T$ ;  $T$  – количество типов используемого оборудования;  $\Phi_j$  – то же для  $j$ -го типа оснастки  $j=1, \dots, m$ ;  $m$  – количество типов используемой оснастки;  $N_{обi}$  и  $N_{оснj}$  – соответствующие нормы амортизации.

$$N_a = \frac{1}{T_{\text{ти}}};$$

где  $T_{\text{пи}}$  – срок полезного использования

$$N_{a \text{ т}} = \frac{1}{8} = 0,125;$$

$$N_{a \text{ г}} = \frac{1}{10} = 0,1;$$

$$A_{\text{год т}} = 528000 * 0,125 = 66000 \text{ Р/год};$$

$$A_{\text{год г}} = 1000000 * 0,1 = 100000 \text{ Р/год};$$

Определим амортизацию в день:

$$A_{\text{день т}} = \frac{A_{\text{год т}}}{366} = \frac{66000}{366} = 180 \text{ Р/день};$$

$$A_{\text{день г}} = \frac{A_{\text{год г}}}{366} = \frac{100000}{366} = 273 \text{ Р/день};$$

Амортизация оборудования за время использования в НИОКР:

$$A_{\text{т}} = 180 * 5 = 900 \text{ р.}$$

$$A_{\text{г}} = 273 * 10 = 2730 \text{ р.}$$

### 4.3.3 Основная заработная плата

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

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} * T_{\text{р}};$$

Где,  $T_{\text{р}}$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (график Ганта);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

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

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:

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

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

$k_{\text{пр}}$  – премиальный коэффициент (30% от  $Z_{\text{б}}$ );

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: определяется Положением об оплате труда);

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Базовые оклады участника проекта приняты согласно документу ТПУ «Оклады по новой системе оплаты труда с 01.10.2013 г.», [1], базовый оклад высококвалифицированного рабочего принять согласно проекту коллективному договору ИСЭ СО РАН на 2019-2022 гг. [7]

Таблица 15. Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_b$ , руб	$Z_m$ , руб	$Z_{дн}$ , руб	$T_p$ , раб.дн	$Z_{осн}$ , руб
Руководитель	21 547,22	42 017,1	1 999,2	10	20 000
Инженер	13 396,59	26122,2	1 179,12	91	107 300

#### 4.3.4 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.). [32]

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$C_{дзп} = C_{озп} * k_d;$$

$k_d$  – коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату,  $k_d=0,15$ .

#### 4.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

$$C_n = (C_{озп} + C_{дзп}) * (O_{с.н.} + O_{стр.}) / 100;$$

Общая ставка взносов составляет в 2020 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ):

- 22 % – на пенсионное страхование;
- 5,1 % – на медицинское страхование;
- 2,9 % – на социальное страхование.

Таблица 16. Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	20 000	3 000
Инженер	107 300	16 095
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3	
<b>Итого</b>		
Руководитель проекта	6 900	
Инженер	37 018,5	

#### *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:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма предыдущих статей}) \cdot k_{\text{нр}};$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

#### **4.3.6 Формирование бюджета затрат ОКР**

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 17.

Таблица 17. Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НИИ	16 881,5	Пункт 3.3.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	3 630	Пункт 3.3.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	127 300	Пункт 3.3.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	19 095	Пункт 3.3.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	43 918,5	Пункт 3.3.5
6. Накладные расходы	38 726,48	16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат ОКР	280 766,98	Сумма ст. 1- 6

#### 4.4 Анализ и оценка научно-технического уровня исследования

Необходимо рассчитать коэффициент научно-технического уровня. Коэффициент НТУ рассчитывается при помощи метода балльных оценок, в котором каждому из признаков НТУ присваивается определенное число баллов по принятой шкале. Общую оценку приводят по сумме баллов, по всем показателям с учетом весовых характеристик. Общая оценка рассчитывается по формуле:

$$\text{НТУ} = \sum_{i=1}^n k_i \cdot \Pi_i$$

где  $k_i$  – весовой коэффициент  $i$  – го признака;

$\Pi_i$  – количественная оценка  $i$  – го признака.

Таблица 18. Весовые коэффициенты НТУ

Признаки НТУ	Весовой коэффициент
Уровень новизны	0,4
Теоретический уровень	0,2
Возможность и масштабы реализации	0,4

Таблица 19. Шкала оценки новизны

Баллы	Уровень
1-4	Низкий НТУ
5-7	<u>Средний НТУ</u>
8-10	Сравнительно высокий НТУ
11-14	Высокий НТУ

Таблица 20. Значимость теоретических уровней

Характеристика значимости теоретических уровней	Баллы
<u>Универсальность, проработка возможности трансформации кровати для разных типов людей</u>	10
Надежность, расчет установки под нагрузкой	8
Технологичность, проработка узлов установки для простоты производства	6
Многофункциональность, внедрение в установку дополнительных опций для реабилитации больного.	2
Удобство в эксплуатации.	0.5

Таблица 21. Возможность реализации по времени и масштабам

Время реализации	Баллы
<u>В течение первых лет</u>	10
От 5 до 10 лет	4
Свыше 10 лет	2
Масштабы реализации	Баллы



Одно или несколько предприятий	2
Отрасль	4
Народное хозяйство	10

$$k_1 = 0,4, \Pi_1 = 7, k_2 = 0,2, \Pi_2 = 10, k_3 = 0,4, \Pi_3 = 10, k_4 = 0,4, \Pi_4 = 4$$

$$НТУ = 0,4 \cdot 7 + 0,2 \cdot 10 + 0,4 \cdot 10 + 0,4 \cdot 4 = 10,4$$

По полученным результатам расчета коэффициента научно-технического уровня можно сделать вывод, что данный проект имеет высокую значимость теоретического и практического уровня, и при этом может использоваться в широком спектре отраслей.

Таким образом, анализируя результаты оценки, можно заключить, что проводимое исследование имеет высокую значимость теоретического и практического уровня, а также приемлемый уровень рисков. Это подтверждает целесообразность проводимого научного исследования.

### **Вывод**

По результатам раздела финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения выпускной квалификационной работы был проведён сравнительный анализ с конкурентами, а также проведён SWOT-анализ, который ярко показывает преимущества установки и недоставки. Произведен расчет бюджетной стоимости научного исследования. В котором были рассчитаны следующие затраты: материальные затраты НИОКР, затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ, затраты по основной заработной плате исполнителей работы, затраты по дополнительной заработной плате исполнителей работы, отчисления во внебюджетные фонды, накладные расходы. По итогу бюджет НИОКР составляет 280 766,98руб.

В сравнении с другими аналогами разработанная кровать уникальна и найдёт своего покупателя. Затраты на научное исследование обоснованы.

## **5. 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 проектируемым оборудованием, а также вопросы безопасного использования оборудования. Основными пользователями данного оборудования, являются хирурги, терапевты, а также персонал медицинских учреждений.

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.

### **5.1 Производственная безопасность**

Производственные условия подразумевают собой наличие вредных факторов, влияющих на здоровье и работоспособность человека. Опасные производственные факторы способны моментально оказать влияние на здоровье работника: привести к травмам, ожогам или к резкому ухудшению здоровья в результате отравления или облучения.

Система здравоохранения сегодня — это тысячи лечебнопрофилактических, аптечных, санитарно-эпидемиологических учреждений, сотни научно-исследовательских институтов, центров, высших и средних учебных заведений. Медицинский персонал, работающий в этих многочисленных учреждениях, яв-

ляется группой профессионального риска, так как на него действуют физические, биологические, химические, психоэмоциональные и эргономические факторы производственной среды.

Активное развитие технологий и появление комплексных приборов и систем привело к усложнению работы с ними. Для обеспечения надежности и безопасности труда появилась потребность придерживаться определенных правил в процессе эксплуатации оборудования. Соблюдение этих правил позволяет продлить жизнь приборам, а также сделать их использование максимально безопасным.

В современных медучреждениях широко применяется микропроцессорная медицинская техника, автоматизированные системы, многофункциональные комплексы. Для того, чтобы использовать их полезный потенциал, необходимо знать, как правильно эксплуатировать эти средства.

Персонал должен быть специально подготовлен для работы с медицинским оборудованием, в частности, с функциональными кроватями. Сложная медтехника требует от специалистов высокого уровня квалификации. Сотрудник должен не только знать все правила использования приборов, но и уметь обеспечить их безопасное применение. Неправильное использование оборудования может повредить его, а также создать опасную для человека ситуацию.

Многие электроприборы входят в непосредственный контакт с телом пациента. Поэтому если они неисправны, существует вероятность поражения током. Небрежное отношение к безопасности становится причиной несчастных случаев.

Применение оборудования, которое требует замены, неисправных приборов не допустимо. Это может нанести существенный вред здоровью, как пациента, так и врача. Устройства, требующие регулярное сервисное обслуживание, должны получать его в полной мере. Для обновления оборудования проводится плановая замена. Приборы, отслужившие свой срок, списывают и приобретают новые.

Персонал медицинского учреждения обязан быть бдительным по отношению к используемому оборудованию. Все, кто непосредственно работает с мед-техникой, должны быть осведомлены о правилах безопасности и строго соблюдать их. Ответственный подход к работе и внимание к мелочам может сослужить хорошую службу, помогая вовремя обнаружить дефекты и избежать проблем.

Соблюдение правил эксплуатации медицинского оборудования, его своевременное техобслуживание, гарантирует оказание услуг высокого качества и уровня безопасности.

## **5.2 Анализ выявленных вредных факторов при производстве и эксплуатации проектируемого решения**

### **5.2.1 Недостаточная освещенность рабочей зоны**

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 52.13330.2011 норма освещенности в палате должна быть  $E_n = 200$  Лк. Пульсация при работе с ноутбуком не должна превышать 5% СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. 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. [34]

### 5.2.1.1 Расчёт освещения в больничной палате

Возьмем больничное помещение с тремя кроватями, которой соответствуют размерами: длина  $A = 6$  м, ширина  $B = 4$  м, высота  $H = 3,5$  м. Высота рабочей поверхности  $h_{рп} = 0,4$  м (высота кровати). Требуется создать освещенность  $E = 200$  Лк.

Коэффициент отражения стен  $R_c = 70\%$ , потолка  $R_{п} = 70\%$ . Коэффициенты были выбраны исходя из того, что стены палаты в больницах побелённые.

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

Рассчитываем систему общего люминесцентного освещения.

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

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

$$h = H - h_c - h_{рп};$$

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

Расчет расстояния между светильниками:

$$L = \frac{\lambda * h}{3};$$

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

$$L = \frac{3}{3} = 1 \text{ м}.$$

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

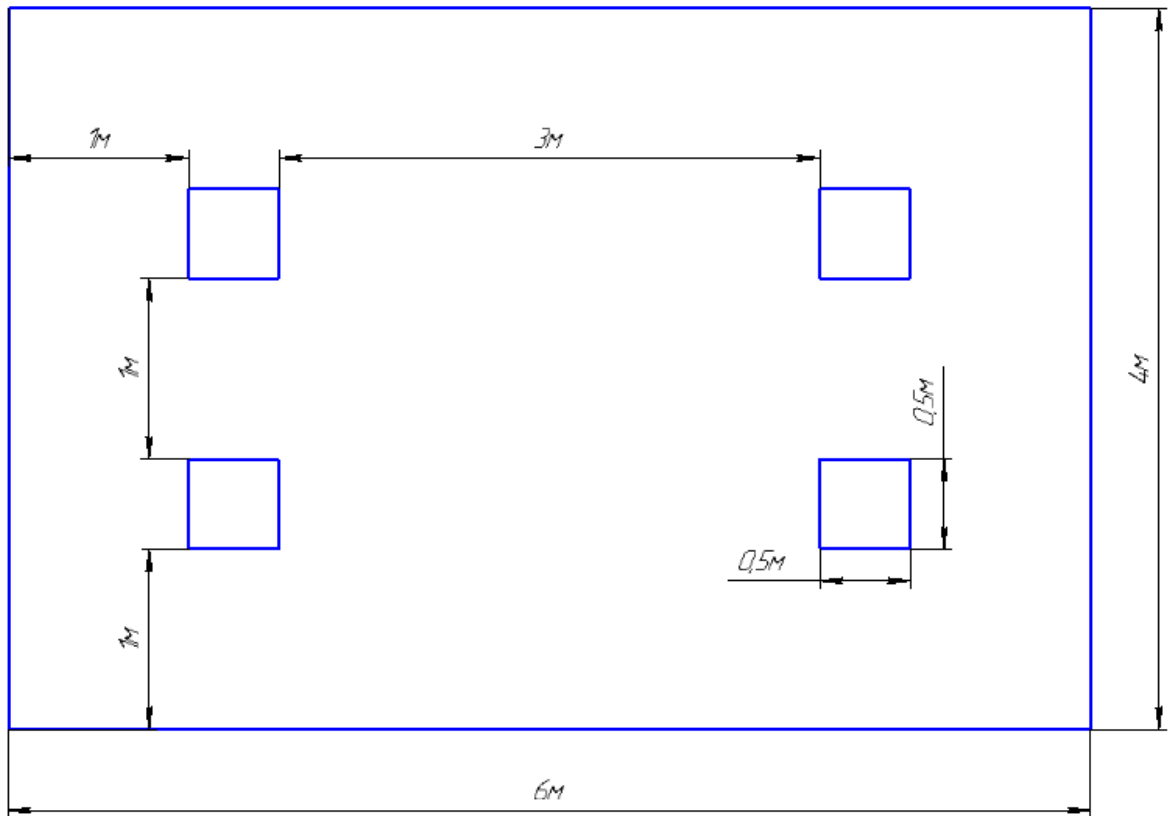


Рисунок 83 – Схема расположения светильников

Находим индекс помещения

$$i = S/h * (A + B);$$

$$i = 24/2,6 * (6 + 4) = 0,92;$$

Определяем коэффициент использования светового потока по Табл. 8[1]:

$$\eta = 48\%;$$

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

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

где  $E_n$  – нормируемая минимальная освещённость;

$S$  – площадь освещаемого помещения;

$K_3$  – коэффициент запаса;

$Z$  – коэффициент неравномерности освещения;

$n$  – число светильников;

$\eta$  - коэффициент использования светового потока, %.

$$\Phi = \frac{200 * 24 * 1,5 * 1,1 * 100}{16 * 48} = 1031,25 \text{ Лк.}$$

Определяем потребный световой поток ламп в каждом из рядов:

По табл. 1 [1] выбираем ближайшую стандартную лампу – ЛТБ 20 Вт с потоком 1100 лм. Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{(1100 - 1031,25)}{1100} \leq 20\%;$$
$$-10\% \leq 6,25\% \leq 20\%;$$

Определяем электрическую мощность осветительной установки

$$P = 16 * 20 = 320 \text{ Вт.}$$

### **5.2.2 Повышенный уровень шума**

Согласно ГОСТ 12.1.003-2014, эквивалентный уровень звука в условиях помещения медицинского учреждения не должен превышать 40 дБ.

Для уменьшения влияния шума применяют следующие основные методы:

- уменьшение возмущения звуковых колебаний в источнике;
- изменение направленности излучения;
- рациональная планировка помещения;
- звукоизоляция;
- звукопоглощение.

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

В данной установке для трансформации большого установлены двигатели, которые производят шум в пределах 20-35 дБ. Так, как регулировка кровати не постоянна, установка будет производить шум кратковременно. Нормы кратковременного шума в палате составляет: 55-60 дБ, это говорит о том, что разработанная установка в данном проекте отвечает нормам.

### **5.2.3 Отклонение показателей микроклимата**

При пониженной влажности воздуха у человека возникают неприятные ощущения сухости слизистых оболочек дыхательных путей, затрудняется дыхание. Это оказывает негативное влияние, как на медицинских работников, так и на пациентов, находящихся в таком помещении.

При повышенной влажности воздуха затрудняется теплообмен организма человека с окружающей средой. Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности в зоне покоя пациента должны составлять 24°C и 40-50% соответственно.

Разработанная в данной работе установка никак не влияет на микроклимат в палате, так, как при работе установки не выделяется и не поглощается из окружающей среды.

### **5.2.4 Химические вещества**

В современных условиях при проведении дезинфекции применяется большой ассортимент дезинфицирующих средств. Некоторые из них обладают раздражающим действием при попадании на кожу, слизистые оболочки глаз и органов дыхания, могут всасываться через кожу и слизистые, а также оказывать аллергическое действие. Медицинский персонал, выполняющий дезинфекционные работы, также может подвергаться воздействию неблагоприятных физических факторов (высокая температура, повышенная влажность, лучистая энергия и др.). Для охраны здоровья медицинских работников и во избежание случайных отравлений при работе с дезинфицирующими средствами необходимо соблюдать определенные меры по охране труда и технике безопасности. Меры по охране труда при работе с дезинфицирующими средствами указаны в документе № 1963-79 «Правила по охране труда работников дезинфекционного дела и по содержанию дезинфекционных станций, дезинфекционных отделов, отделений профилактической дезинфекции санитарно-эпидемиологических станций, отдельных дезинфекционных установок» [45]



## **5.3 Анализ выявленных опасных факторов при производстве и эксплуатации проектируемого решения**

### **5.3.1 Пониженная температура поверхностей оборудования, материалов**

Некоторые части медицинской функциональной кровати выполнены из стали, в результате чего в холодный период времени эти детали могут охлаждаться. Вследствие этого возможен дискомфорт при работе с данным оборудованием.

Действие фактора пониженной температуры поверхностей оборудования и материалов – может служить причиной сосудистых заболеваний, в особенности – пальцев рук.

Для того чтобы снизить негативные воздействия данных факторов, необходимо оснащать медицинский персонал специальными средствами защиты при работе, например, хлопчатобумажными перчатками.

### **5.3.2 Электрический ток**

Результатом воздействия электрического тока на организм человека являются электрические травмы, электрические удары и даже смерть ГОСТ Р 12.1.009-2009. 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. Результатом механического повреждения могут стать вывихи суставов, переломы костей, разрывы кровеносных сосудов и нервных тканей.

Безопасным считается напряжение не более 42 В, а компьютерная техника питается от сети 220 В 50 Гц. Во время работы за ноутбуком, при прикосновениях к его элементам могут возникнуть токи статического электричества, которые обладают свойством притяжения пыли и мелких частиц к экрану. Для

предотвращения электроожогов необходимо использовать шнуры питания с заземлением, обеспечить недоступность токоведущих частей от случайных прикосновений, а также регулярно проводить влажную уборку.

### **5.3.3 Острые кромки, заусенцы, шероховатости на поверхности заготовок, деталей оснастки и инструментов**

Острые кромки, заусенцы, шероховатости на поверхности заготовок, деталей оснастки и инструмента могут привести к появлению царапин, ссадин и порезов, которые могут послужить причиной заражений, вызвав нетрудоспособность работников. Основными причинами травматизма, в первом и во втором случаях, являются несоблюдение требований техники безопасности.

Применяемый инструмент должен быть исправен, использоваться по назначению, соответствовать условиям труда, требованиям технических нормативных правовых актов на конкретный вид инструмента.

Переноска и перевозка инструмента должны осуществляться безопасным способом. Для переноски инструмента к месту работы необходимо иметь специальную сумку или ящик с несколькими отделениями.

Не допускается переносить инструмент в карманах одежды. При переноске или перевозке инструмента его острые части следует защитить.

При производстве установки возможно появление на деталях острых кромок и заусенцев, при работе с которыми следует применять средства индивидуальной защиты рук, например, хлопчатобумажные перчатки с ПВХ.

## **5.3 Экологическая безопасность**

В данном разделе необходимо учесть негативно влияющие на экологию факторы, сопутствующие при производстве проектируемого объекта.

Каркас медицинской функциональной кровати изготавливается из стали.

Сталь широко используется в производстве, отличается долговечностью и стопроцентной пригодностью для вторичной переработки. Кроме того, переработанная сталь имеет те же свойства, что и сталь, выплавленная из железной

руды. Благодаря грамотной утилизации стали в виде переработки металлического лома 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.

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.

#### **5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

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.

Основной причиной пожара в рассматриваемом помещении является неисправность электрооборудования, короткое замыкание, нагрев проводов и загорание 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.

Мероприятия противопожарной профилактики:

- Система вентиляции должны быть оборудована устройством, обеспечивающим автоматическое отключение при пожаре;
- В помещении должна предусматриваться автоматическая пожарная сигнализация.

- Сотрудники должны пройти инструктаж на рабочем месте.
- В здании должен быть предусмотрен план эвакуации.
- Запрещение курения в неустановленных местах.
- Своевременная профилактика, осмотры, ремонты и испытание противопожарного оборудования.

#### **5.4.1 Необходимые действия при возникновении пожара в помещении**

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.

#### **Вывод**

В результате проделанной работы определены вредные и опасные факторы при эксплуатации установки, установлено, что при работе с установкой нет негативного влияния на здоровье человека и состояние окружающей среды. Также определены вредные и опасные факторы при производстве установки, при анализе которых также не было выявлено негативного воздействия.

Предложены методы утилизации установки, для повторного использования материалов и защите окружающей среды. Рассмотрены возможные чрезвычайные ситуации при производстве и эксплуатации. Рассмотрены действия при возникновении ЧС. Установка отвечает всем поставленным требованиям в задании и безопасна в использовании.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения магистерской диссертации были систематизированы и закреплены знания в сфере профессиональной деятельности. Основная цель проекта достигалась путем последовательного решения поставленных задач:

1. Проведен обзор кроватей для реабилитации больных, и проанализированы их конструкции.
2. Разработаны и проанализированы несколько конструкций кроватей.
3. Составлена математическая модель подъёмного устройства кровати, в которой проведено сравнение нескольких разных устройств подъема.
4. Определена экономическая и ресурсоэффективная составляющая работы. Произведен расчет требующихся затрат на реализацию НИОКР, определены сильные, слабые стороны проекта.
5. Рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места медицинского работника, осуществляющего уход за больным. Составлен перечень опасных и вредных факторов, оказывающих влияние на пациента.

В ходе исследований проекта «Кровать-трансформер» были разработаны и исследованы несколько установок. Исследование проводились для приводных механизмов: подъёма и трансформации кровати.

Первая конструкция кровати разрабатывалась с несколькими приводными устройствами: актуаторами и редукторами с моторами. Актуаторы не подошли т.к. имеют небольшой коэффициент раздвижения, также имеют довольно высокую стоимость. Конструкции с редукторами вполне устраивала, но в ходе работы над проектом были изменены требования заказчика к установке, и пришлось отказаться от данной конструкции и заняться разработкой принципиально новой конструкции.

Вторая конструкция кровати представляет собой раму (основание) на котором расположен механизм подъёма, аккумулятор и контроллер, сверху на механизм подъёма установлена линия кровати с элементами трансформации. Подъёмный механизм реализован при помощи двух стадий подъёма. Первая стадия рейка-шестерня в роли шестерни выступает выходной «вал» редуктора «Волна»,

вторая стадия подъёма реализована при помощи зубчатого зацепления шестерни и зубчатого сегмента. В роли шестерёнки выступает редуктор «Волна». Трансформация линии кровати происходит в центральной несущей трубе при помощи, установленной в ней редукторов «Волна» с моторами. На выходной вал редуктора надевается специальный механизм «Хомут», который как бы обнимает выходной вал редуктора и передает движение уже на спинку или бёдерную части кровати. Привод голенной части кровати был реализован при помощи червячного редуктора с тягами, на краю которых установлен вал роликами, ролики перемещаются по направляющей. В результате голенная часть поднимается и опускается.

В данной работе было выполнено исследование выполнения массажа разными людьми. Каждый человек определённого роста, следовательно, для удобства выполнения массажа и высокого качества, в кровати предусмотрен механизм подъёма до 1100 мм.

Было проведено исследование погрузки и снятие больного с кровати на коляску. В результате для удобной трансформации больного установлена минимальная высота кровати 500 мм, такая же, как и у коляски. Также для удобства сделан разборный подлокотник кровати. Пока самостоятельное перемещение больного с кровати на коляску не представляется возможным этот вопрос остаётся на доработку.

В разделе математическое моделирование были исследованы три подъёмных устройства, которые планировалось устанавливать в конструкции: актуатор, гидроцилиндр и редуктор с мотором. Из исследования было выявлено, что все устройства могут использоваться в конструкции. Но самым оптимальным для нашей установки был редуктор с мотором. Т.к. актуатор обладает низким коэффициентом раздвижения, а гидроцилиндр предполагает наличие отдельной насосной станции, что будет не рентабельным использованием в кровати т.к. кровать мобильна.

В итоге, разработан новый образец медицинской функциональной кровати для компании ТехноМед, соответствующий медицинским стандартам и имеющий эстетически приятный внешний вид. Кровать эргономична, мобильна, удобна в эксплуатации, как для медицинского персонала, так для пациентов, имеет сборные и разборные узлы.

## Список литературы

1. Вибрация в технике / под ред. В.Н. Челомея. – М.: Машиностроение, 1978. – Т. 6. – 456 с.
2. Дерюшева В.Н. Модели пневмогидравлического узла с учётом свойств формирователя импульса и нагрузки: дис. ... канд. техн. наук – Томск, 2009. – 178с.
3. Ивович В.А., Онищенко В.Я. Защита от вибраций в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1990. – 272 с.
4. Приводные технологии. <https://techprivod.com/index.pl?act=PRODUCT&id=1212> Дата обращения 03.11.2019г.
5. Технические таблицы <https://tehtab.ru/Guide/GuidePhysics/Frication/FrictionToVariousPairs/> Дата обращения 03.11.2019.
6. Безопасность жизнедеятельности. Расчёт искусственного освещения. Методические указания к выполнению индивидуальных заданий для студентов дневного и заочного обучения всех специальностей. – Томск: Изд. ТПУ, 2005. –
7. Техэксперт. Правила по охране труда работников дезинфекционного дела и по содержанию дезинфекционных станций, дезинфекционных отделов, отделений профилактической дезинфекции санитарно-эпидемиологических станций, отдельных дезинфекционных установок. <http://docs.cntd.ru/document/901728136>. Дата обращения 28.03.2020.
8. Техэксперт. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности. <http://docs.cntd.ru/document/1200118606>. Дата обращения 04.04.2020.
9. Техэксперт. ГОСТ 12.4.026-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сиг-



нальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. <http://docs.cntd.ru/document/1200136061>. Дата обращения 04.04.2020.

- 10.Техэксперт. ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования. <http://docs.cntd.ru/document/1200059881>. Дата обращения 04.04.2020.
- 11.Техэксперт. ГОСТ 12.4.299-2015. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Рекомендации по выбору, применению и техническому обслуживанию. <http://docs.cntd.ru/document/1200121959>. Дата обращения 04.04.2020.
- 12.Техэксперт. ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности <http://docs.cntd.ru/document/901702428>. Дата обращения 04.04.2020.
- 13.Техэксперт. ГОСТ 12.2.062-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Ограждения защитные. <http://docs.cntd.ru/document/9051598>. Дата обращения 04.04.2020.
- 14.Техэксперт. ГОСТ Р 22.0.02-2016 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения. <http://docs.cntd.ru/document/1200139176>. Дата обращения 04.04.2020.
- 15.Техэксперт. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. <http://docs.cntd.ru/document/901704046>. Дата обращения 04.04.2020.
- 16.Техэксперт. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. <http://docs.cntd.ru/document/901865498>. Дата обращения 04.04.2020.
- 17.Техэксперт. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и

- общественных зданий. <http://docs.cntd.ru/document/901859404>. Дата обращения 04.04.2020.
18. Техэксперт. СанПиН 2.1.3.2630-10 Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность. <http://docs.cntd.ru/document/902217205>. Дата обращения 04.04.2020.
19. Медицинская энциклопедия. [Электронный ресурс] URL: <http://www.medical-enc.ru> (Дата обращения 04.04.2020 г.)
20. Основы дизайна и средовое проектирование/ Шимко В.Т.; М.: Архитектура – С, 2004 г.
21. Методика художественного конструирования/ М.: ВНИИТЭ, 1978 г.
22. Дизайн. Иллюстрированный словарь-справочник/ Минервин Г.Б., Шимко В.Т., Ефимов А.В.; М.: Архитектура, 2004 г.
23. НПБ 105-03. Нормы пожарной безопасности. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
24. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. 123 - ФЗ. 2013.
25. Алгоритмы и методы трансформации промышленных изделий в дизайне на основе примеров / Ельцов А. В., Скуба Д. В.; Молодой ученый, 2012 г.
26. Безопасность жизнедеятельности. /Под ред. Н.А. Белова - М.: Знание, 2000 г.
27. Охрана труда/ Мотузко Ф.Я.; М.: Высшая школа, 1989 г.
28. Освещение рабочих мест/ Самгин Э.Б.; М.: МИРЭА, 1989 г.
29. Основы эргономики/ Зинченко В.П.; М.: МГУ, 1979 г.
30. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014 г.

31. Промышленный дизайн и бионика [Электронный ресурс] URL: <http://ru.wikipedia.org> (Дата обращения 12.04.2020 г.)
32. Техническая эстетика [Электронный ресурс] URL: <http://uniip.ru/juournal/arhiv/soderghanie/385-av1-2013/421-1-2013-obednina> (Дата обращения 12.04.20 г.)
33. 71. Материаловедение для дизайнеров интерьеров Том 1./ Володина Е. – М.: Ridero.ru, 2015 – 42 с.
34. Принципы универсального дизайна как основа формирования профессиональных компетенций дизайнеров/ Давыдова Е. М., Радченко В. Ю., Радченко О. С. // Филологические науки. Вопросы теории и практики. - 2016 - №. 4-1(58). - С. 186-190
35. Позиция Фаулера [Электронный ресурс] URL: <http://www.pozvonochnik.info/text/21/content/45/> (Дата обращения 09.03.2020 г.)
36. Виды медицинских функциональных кроватей [Электронный ресурс] URL: <http://www.medtechnology.ru> (Дата обращения 11.03.2020 г.)
37. Рама Балканского [Электронный ресурс] URL: <http://zabota-market.ru> (Дата обращения 15.03.2020 г.)
38. 76. Invacare [Электронный ресурс] URL: <http://www.invacare.com> (Дата обращения 18.03.2017 г.)
39. ProMedic [Электронный ресурс] URL: <http://www.promedic-health.com> (Дата обращения 18.03.2020 г.)
40. Армед [Электронный ресурс] URL: <http://www.armed-russia.ru> (Дата обращения 18.03.2020 г.)
41. Белва [Электронный ресурс] URL: <https://www.belva.ru> (Дата обращения 18.03.2020 г.)
42. Американское управление по контролю над продуктами и лекарствами FDA [Электронный ресурс] URL: <https://www.fda.gov> (Дата обращения 21.03.2020 г.)

- 43.Промышленный дизайн [Электронный ресурс] URL:  
<http://ru.wikipedia.org> (Дата обращения 10.03.2020 г.);
- 44.Промышленный дизайн/ Кочегаров Б.Е.; ДВТГУ. — Владивосток, 2006 г.
- 45.Основы теории дизайна/ Розенсон И. А.; СПб.: Питер, 2006 г.
- 46.Дизайн и время. — СПб.: Арт-родник, 2009 г.
- 47.Дизайн как он есть/ Глазычев В. Л.; М.: Европа, 2006 г.
- 48.Графический дизайн. Фирменный стиль, новейшие технологии и креативные идеи/ Туэмлоу Э.; М.: АСТ, 2007 г.
- 49.Моделирование как метод научного исследования/ Глинский Б.А.; М., 1965 г.
- 50.Словесный образ и зримое изображение (живопись — фотография — слово) / Сапаров М. А.; Литература и живопись. — Л.:Наука, 1982 г.
- 51.Коллектив авторов. Техническая эстетика. Труды ВНИИТЭ: Проблемы формообразования и композиции промышленных изделий. — ВНИИТЭ, 1975 г.
- 52.История дизайна/ Михайлов С.М.; Том 1,2: Учеб. Для вузов. — Москва: Союз Дизайнеров России, 2004 г.
- 53.Дизайн промышленных товаров «Строфа»/ Дональд А. Норман. 2004 г.
- 54.ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ Пожарная безопасность. Общие требования.
- 55.СНиП 2.08.02-89 Общественные здания и сооружения.
- 56.Охрана труда/ Мотузко Ф.Я. – М.: Высшая школа 1989 г.
- 57.Освещение рабочих мест/ Самгин Э.Б. - М.: МИРЭА, 1989 г.
- 58.ГОСТ 12.2.033-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования».

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

### Introduction

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ81	Рындина Юлия Сергеевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Крауиньш Д.П.	К.Т.Н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ	Диденко А.В.	к.ф.н.		

## **Introduction**

In the stages of treatment of complex diseases, rehabilitation therapy plays an important role. Recovery therapy is aimed at restoring the lost functions of the human body and maintaining them in a normal state.

Rehabilitation therapy is designed to:

- To prevent complications that may appear in the patient
- To relieve pain and reduce restriction in the mobility of the patient
- To provide psychological stability of the patient
- To return the patient to active life.

Medical equipment helps to perform all these functions of restorative therapy. For example, medical beds are able in modern conditions to ensure the movement of an absolutely stationary patient, lift the neck and legs of a person. This helps the patient to be in a position not only lying down, but also half-sitting and so on. However, at the moment, the capabilities of medical equipment can still be expanded, because multifunctionality implies the ability of the bed to perform many different functions.

Ideally, a bed is not a place where the patient lies almost motionless. The bed should be a place for recovery, serve as a massage table, so that doctors can massage for active relaxation of the patient's muscles and ligaments. Also, the bed should be a place for training the body, so to function as a simulator for the patient. All these different functions can be done by a single hardware. And this will allow it to be rightfully called multifunctional.

This master's thesis appeared for a reason, and on request to research and create a multifunctional bed for the Tomsk company Technomed. The company has been saving people's lives for many years, in particular, children with disabilities. This work is the beginning of the road to recovery for those people who really need it and want to live. Multifunctional beds are needed today, because people are always ill.

The purpose of this work is to create and research a multifunctional bed-transformer. The equipment will function as a bed, exercise machine, massage table to ensure rapid rehabilitation of the patient.

This work is relevant, because modern multifunctional beds are not able to provide the function of a leg simulator for the rehabilitation of sick people. Also, modern medical beds cannot be equally comfortable for people with different hip height parameters.

The main content of the work is the creation and analysis of a mathematical and experimental model for investigating the operation of mechanisms of a multifunctional medical bed and identifying the optimal parameters of bed nodes for uninterrupted operation. The calculated method is used as the research method. This method is very accurate and easy to use. The calculation method is used in manual and software calculations. The source for the creation and research of the model is the developments and recommendations of the Tomsk company for the production of rehabilitation equipment "Technomed", and the results of research work.

In the dissertation the tasks were set:

- To consider the standard design of modern beds: functionality, features of movement of the components of the structure.
- To consider the proposals of the market's current medical beds to identify strengths and weaknesses.
- To develop a kinematic and electrical diagram of a medical bed-transformer.
- To develop a 3-d model of the transformer- bed and the necessary design documentation.
- To conduct the necessary studies of the bed, which will allow the product to be technological, durable, workable, resistant to vibration.
- To make the product cost-effective and safe to use.

## **1. Features of medical beds and people with disabilities**

This section reviews the mental and physical characteristics of people with disabilities. The structural features and development trends of medical beds are considered.

People always get sick. Patient care provides a speedy recovery and reduces the risks of complications. For successful treatment, medical equipment is needed: operating tables, medical beds, tomographs, and so on. In this master's work, a medical bed is studied and designed.

### **1.1 The appearance and transformation of the medical bed over time.**

A medical bed is a bed that is designed to accommodate bedridden patients during the postoperative period or during long-term medical treatment in various social institutions, such as: a hospital, nursing home or at home. Means for transferring patients who cannot move independently have always been available. There have always been wars, injured people, and severe infectious diseases on Earth, so means of transporting bedridden people have used.

So until the XXI century, a stretcher was used for the place of a medical bed. The stretcher was used both in hospitals and on the street. Figure 1 shows a stretcher for patient transfer.

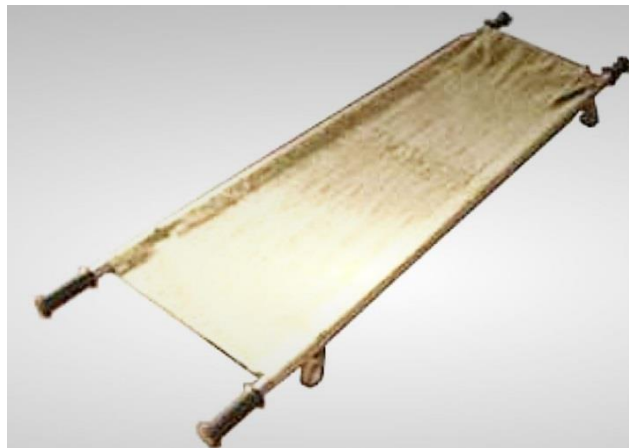


Figure 1- the stretcher for the movement of non-walking patients

Later in the XIX century, the stretcher was transformed into a stole. The stole differed from the stretcher only in that it had a covered top and allowed to hide the sick person from people. The stole is shown in Figure 2.





Figure 2-Stole

The first medical bed with a folding side fence was created in England in 1815-1825. The first sectional bed was invented by a doctor Willis Dew Gatch. And in 1945, the first medical automated bed with an electric drive appeared, it was introduced by a doctor Marvel Darlington Beam from Los Angeles. Features of bed support structures, features of rehabilitation bed drives will be discussed in detail in paragraph 1.3.

### **1.2 Physical and mental characteristics of people with disabilities.**

A disabled person is a person who has impaired body functions. Disturbances and defects in the body can appear at birth or throughout life. This leads to limitations in the viability and the need for social protection of the sick person. Figure 3 shows a person with disabilities.



Figure 3 –a person with disabilities

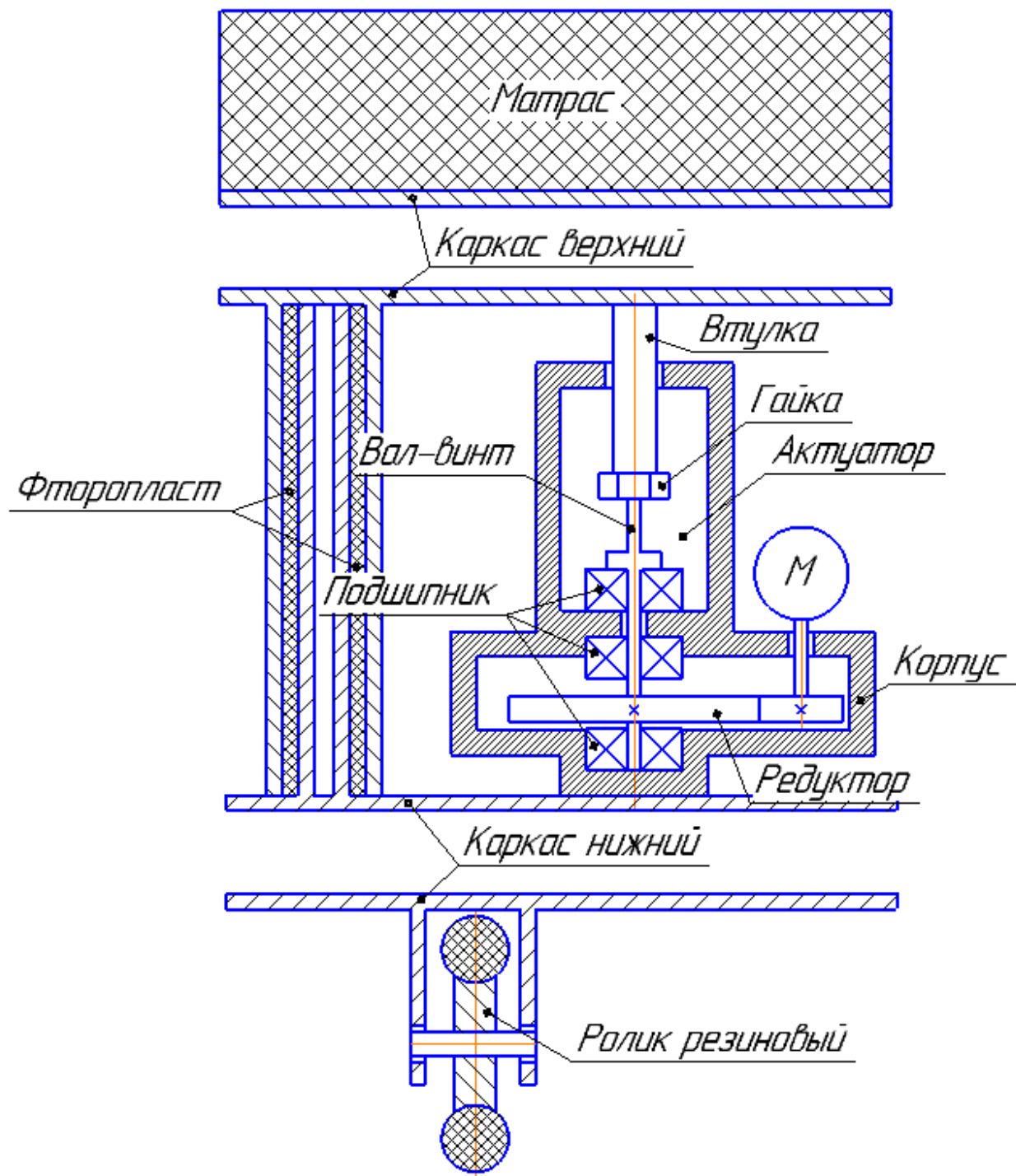
People who have received injuries and defects need treatment in the rehabilitation process. Rehabilitation of disabled people is a system of medical, psychological, pedagogical and social measures aimed at restoring viable body functions and social capabilities of the disabled person. People with disabilities can often develop concomitant mental and physical illnesses.

The mental characteristics of people with disabilities include: resentment, hypochondria, a tendency to form obsessive ideas and thoughts, a high level of anxiety, a dreary mood, depression, and so on. To avoid these syndromes in patients it is recommended: the increase in social activity of disabled people (communication, participation in social projects, etc.), the increase of physical activity (gymnastics, swimming), training of disabled people (learning something new and useful), and so on.

Physical complications in people with disabilities include: skin problems, vascular problems, respiratory disorders, problems of the gastrointestinal tract, problems of muscle activity, problems of joints and bones, disorders of the nervous system, problems of the urinary organs and hearing organs. Further, all physical complications will be considered individually in more detail.

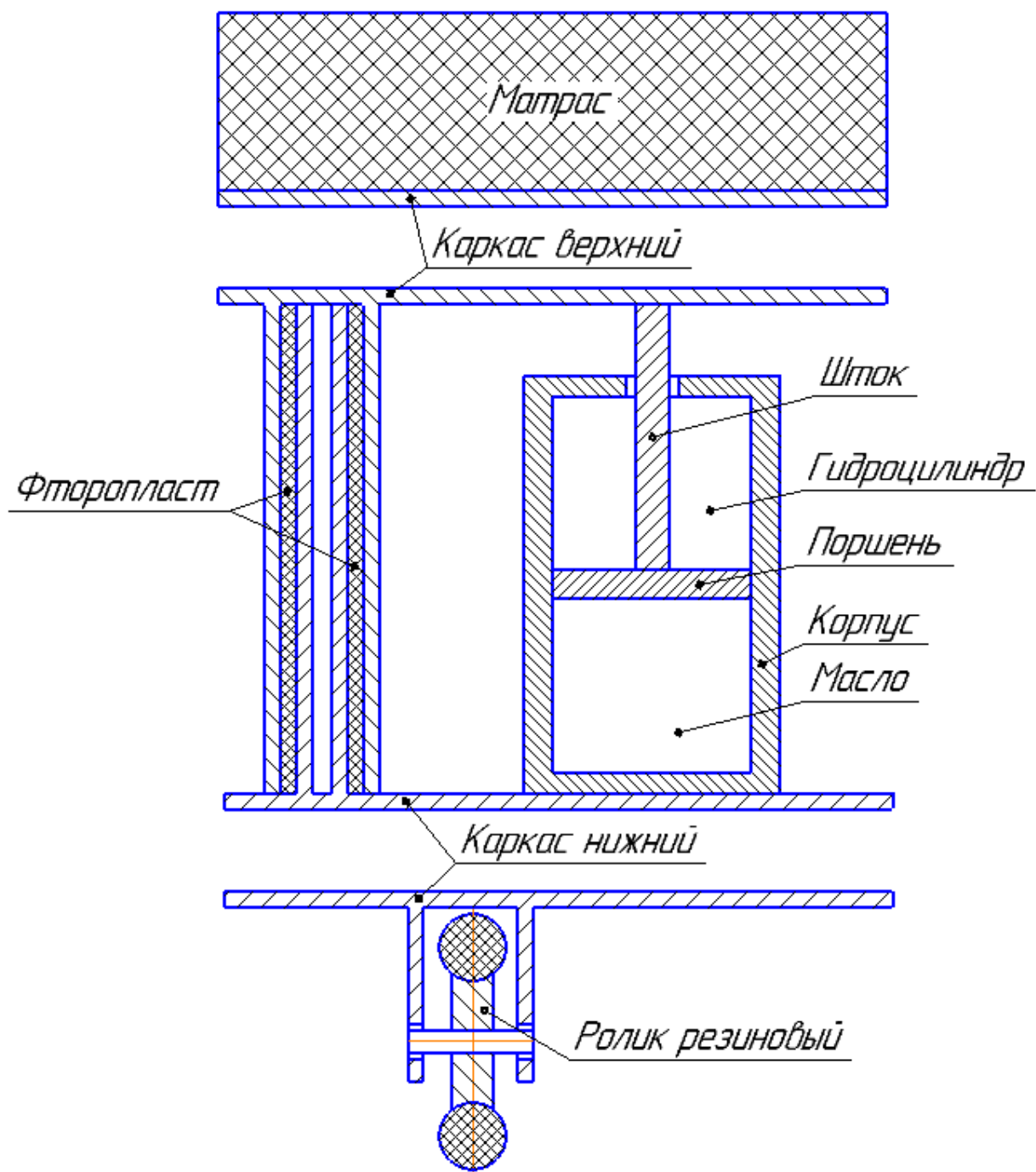
## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Принципиальная схема с актуатором



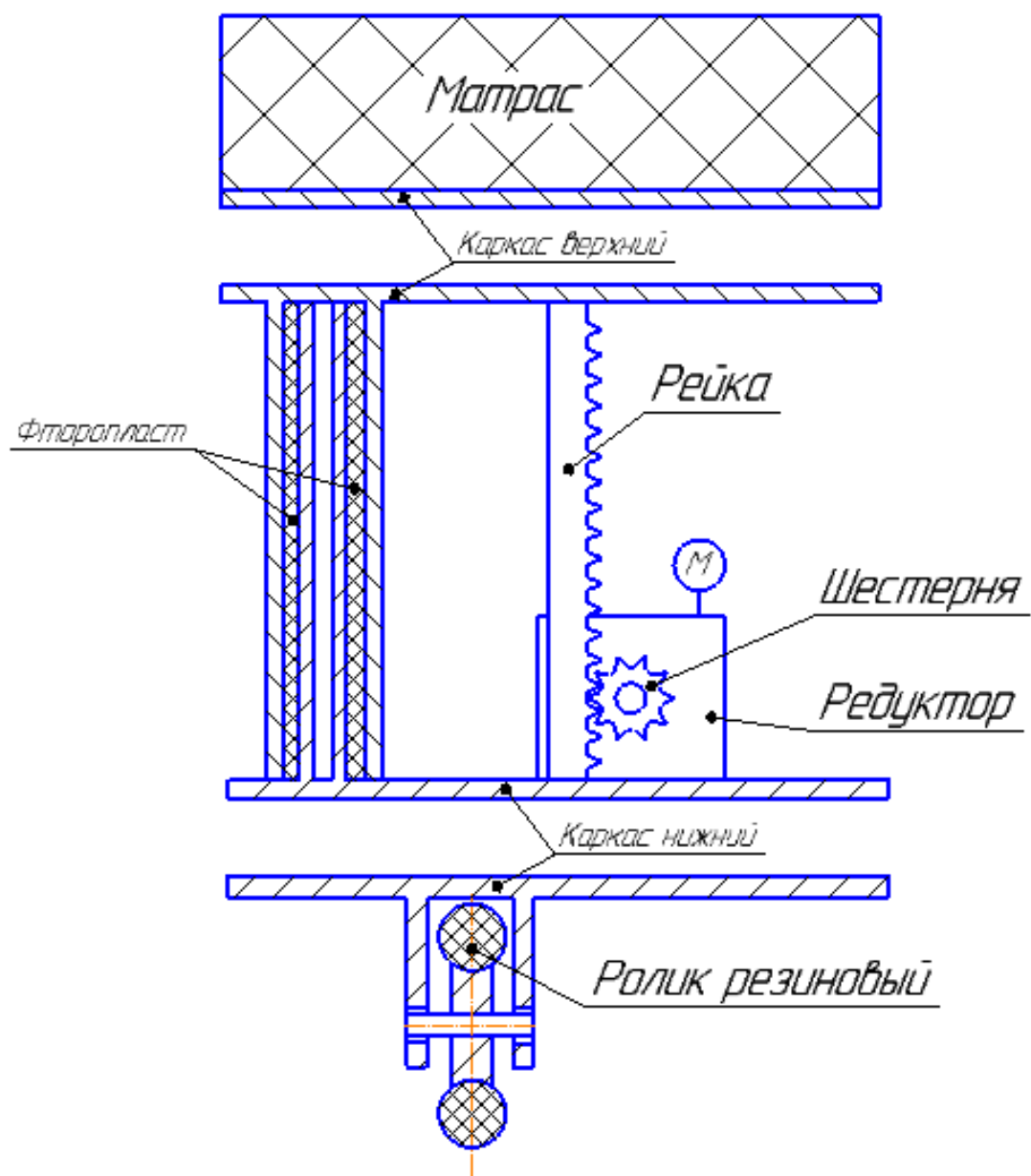
## ПРИЛОЖЕНИЕ В

Принципиальная схема с гидроцилиндром



## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Принципиальная схема с реечной передачей и редуктором



## ПРИЛОЖЕНИЕ Д

```
1 function f=mass3fun(t,n)
2 %n(1)-X1, n(2)-V1 n(3)-X2, n(4)-V2,n(5)-X3, n(6)-V3
3 m1=4; %kg
4 m2=7.5; %kg
5 m3=1.75; %kg
6 c1=4000; %N/m
7 c2=9163.64; %N/m
8 c3=100; %N/m
9 h1=50; %N*sec/m
10 h2=40; %N*sec/m
11 h3=0.6; %N*sec/m
12 h4=500; %N*sec/m
13 A=1500; %H
14 fw=480; % Hz
15 w=fw*2*pi; %rad/sec
16 Fa=A*sin(w*t);
17 f=[n(2);
18     (h2*(n(4)-n(2))+c2*(n(3)-n(1))-h1*n(2)-c1*n(1))/m1;
19     n(4);
20     (Fa-h2*(n(4)-n(2))-c2*(n(3)-n(1))-h3*n(4)-c3*(n(3)-n(5))-h4*(n(4)-n(6)))/m2;
21     n(6);
22     (h4*(n(4)-n(6))-c3*(n(3)-n(5)))/m3];
23 Fsob1=sqrt((c1+c2)/m1)/(2*pi)
24 Fsob2=sqrt((c2+c1)/m2)/(2*pi)
25 Fsob3=sqrt(c3/m3)/(2*pi)
```

## ПРИЛОЖЕНИЕ Е

```
1 clc;
2 clear;
3 close all;
4
5 [t,n]=ode45(@mass3fun, [0,3], [0,0,0,0,0,0]);
6 X1=n(:,1);
7 V1=n(:,2);
8 X2=n(:,3);
9 V2=n(:,4);
10 X3=n(:,5);
11 V3=n(:,6);
12
13 subplot(2,1,1)
14 plot(t,X3)
15 grid on;
16 title('Перемещение третьего тела')
17 xlabel('Время с')
18 ylabel('Перемещение м')
19 subplot(2,1,2)
20 plot(t,V3)
21 grid on;
22 title('Скорость третьего тела')
23 xlabel('Время с')
24 ylabel('Скорость м/с')
```

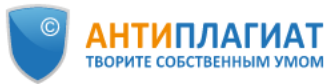
## ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

```
function f=mass3fun(t,n)
% n(1)-X1, n(2)-V1 n(3)-X2, n(4)-V2, n(5)-X3, n(6)-V3
m1=4; %kg
m2=7.5; %kg
m3=1.75; %kg
c1=4000; %N/m
c2=21702.128; %N/m
c3=100; %N/m
h1=50; %N*sec/m
h2=15; %N*sec/m
h3=0.9; %N*sec/m
h4=500; %N*sec/m
A=1500; %H
fw=50; % Hz
w=fw*2*pi; %rad/sec
Fa=A*sin(w*t);
f=[n(2);
    (h2*(n(4)-n(2))+c2*(n(3)-n(1))-h1*n(2)-c1*n(1))/m1;
    n(4);
    (Fa-h2*(n(4)-n(2))-c2*(n(3)-n(1))-h3*n(4)-c3*(n(3)-n(5))-h4*(n(4)-n(6)))/m2;
    n(6);
    (h4*(n(4)-n(6))-c3*(n(3)-n(5)))/m3];
Fsob1=sqrt((c1+c2)/m1)/(2*pi)
Fsob2=sqrt((c2+c1)/m2)/(2*pi)
Fsob3=sqrt(c3/m3)/(2*pi)
```

## ПРИЛОЖЕНИЕ И

```
1 function f=mass3fun(t,n)
2 % n(1)-X1, n(2)-V1 n(3)-X2, n(4)-V2, n(5)-X3, n(6)-V3
3 - m1=4; %kg
4 - m2=7.5; %kg
5 - m3=1.75; %kg
6 - c1=4000; %N/m
7 - c2=5847.4; %N/m
8 - c3=100; %N/m
9 - h1=50; %N*sec/m
10 - h2=20; %N*sec/m
11 - h3=0.9; %N*sec/m
12 - h4=500; %N*sec/m
13 - A=1500; %H
14 - fw=50; % Hz
15 - w=fw*2*pi; %rad/sec
16 - Fa=A*sin(w*t);
17 - f=[n(2);
18     (h2*(n(4)-n(2))+c2*(n(3)-n(1))-h1*n(2)-c1*n(1))/m1;
19     n(4);
20     (Fa-h2*(n(4)-n(2))-c2*(n(3)-n(1))-h3*n(4)-c3*(n(3)-n(5))-h4*(n(4)-n(6)))/m2;
21     n(6);
22     (h4*(n(4)-n(6))-c3*(n(3)-n(5)))/m3];
23 - Fsob1=sqrt((c1+c2)/m1)/(2*pi)
24 - Fsob2=sqrt((c2+c1)/m2)/(2*pi)
25 - Fsob3=sqrt(c3/m3)/(2*pi)
```

# ПРИЛОЖЕНИЕ К



ТПУ

[ВОЙТИ](#) | ru

[ГЛАВНАЯ](#) /

## Полный отчет ?

[ПАРАМЕТРЫ ПРОВЕРКИ](#) [ЭКСПОРТ](#) [СОХРАНИТЬ](#) [ЕЩЁ...](#)

TPU915601.docx

ПРОВЕРЕНО: 04.06.2020 01:36:37

**ТЕКСТОВЫЙ ВИД** | исходный вид |  скрыть номера источников | 1/146

Министерство науки и высшего образования 30 Российской Федерации 38  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ 38  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ »

Инженерная школа новых производственных технологий 20  
Направление подготовки: 15.04.05 «Конструкторско-технологическое  
обеспечение машиностроительных производств 38 »

Отделение школы (НОЦ): Отделение материаловедения  
МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ  
Тема работы  
Разработка и исследование возможностей кровати – трансформера для  
людей с ограниченными функциями

16,37%	ЗАИМСТВОВАНИЯ
0%	САМОЦИТИРОВАНИЯ
7,6%	ЦИТИРОВАНИЯ
76,03%	ОРИГИНАЛЬНОСТЬ

**ПОИСК ПО БЛОКАМ**

Заимствования [ПРЕДЫДУЩИЙ](#)

Самоцитирования [СЛЕДУЮЩИЙ](#)

Цитирования

Выключенные блоки

**ИСТОЧНИКИ: 141 ИЗ 141** [ПЕРЕСЧИТАТЬ](#)

<input checked="" type="checkbox"/>	%	Модуль поиска
<input checked="" type="checkbox"/>	0,12%	TPU_VKR_43989.pdf Модуль поиска "ТПУ" <a href="#">Изменить тип</a> <a href="#">📖</a> <a href="#">🔗</a>
<input checked="" type="checkbox"/>	0%	TPU_VKR_38101.pdf Модуль поиска "ТПУ" <a href="#">Изменить тип</a> <a href="#">📖</a> <a href="#">🔗</a>
<input checked="" type="checkbox"/>	0,02%	TPU_VKR_38040.pdf Модуль поиска "ТПУ"



# ПРИЛОЖЕНИЕ Л

КТ 00.00.00 СБ

Позиция	Название	Обозначение	Кол-во	Примечание
1	Основание		1	СЕ
2	Линия кровати		1	СЕ
3	Человек		1	
4	Цилиндр		2	СЕ
5	Вал		2	
6	Подшипник		4	
7	Каретка		1	СЕ
8	Редуктор "Волна"		5	СЕ
9	Рейка		1	
10	Зубчатый сектор		1	СЕ
11	Хомут		3	СЕ
12	Труба		4	
13	Червячный редуктор		2	СЕ
14	Тяга		4	
15	Ролик		4	
16	Подлокотник		2	
17	Аккумулятор		1	
18	Контроллер		1	
19	Поставка		2	СЕ
20	Столупор		2	СЕ
21	Опора		4	СЕ
22	Ролик		6	

**Технические характеристики:**

- Максимальная грузоподъемность кровати составляет - 150 кг.
- Скорость подъема кровати в положение массажного стола - 5 см/с.
- Скорость подъема спинки кровати - 0,15 рад/с.
- Скорость подъема бедренной части кровати - 0,3 рад/с.
- Скорость регулировки голенной части кровати - 0,3 рад/с.

**Технические требования:**

- Наружные поверхности покрыть антикоррозийным покрытием.
- Установка должна трансформироваться из положения кровати в положения массажного стола, сиджаче, тренажера, вертикальное положение.
- При трансформации кровати не должно быть заклинивания установок.

КТ 00.00.00 СБ

Кровать-трансформер

Лист	Масштаб	Масштаб
1	-	-
1:10		
SolidWorks RUSSIA		