

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

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

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка и исследование ортезных систем для реабилитации пациентов с нарушениями в опорно-двигательных функциях

УДК: 616.7.089.22

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ91	Шибанов Василий Алексеевич		

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	Спицына Л.Ю.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД	Сечин А.А.	К.Т.Н.		

По разделу «Иностранный язык»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст.преп. ОИЯ	Миронова В.Е.	К.Ф.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Мартюшев Н.В.	К.Т.Н.		

Томск – 2021

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 технологий, отделение материаловедения, руководитель ООП Крауиньш П.Я.

Планируемые результаты обучения ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, выработывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном языке, для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен решать производственные и/или исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов
ОПК(У)-2	Способен разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии
ОПК(У)-3	Способен участвовать в управлении профессиональной деятельностью, используя знания в области системы менеджмента качества
ОПК(У)-4	Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности

ОПК(У)-5	Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в области материаловедения и технологии материалов, смежных областях
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен обоснованно (осмысленно) использовать знания основных типов металлических, неметаллических и композиционных материалов различного назначения, в том числе наноматериалов для решения профессиональных задач.
ПК(У)-2	Способен осуществлять рациональный выбор материалов и оптимизировать их расходование на основе анализа заданных условий эксплуатации материалов, оценки их надежности, экономичности и экологических последствий применения
ПК(У)-3	Способен осуществлять анализ новых технологий производства материалов и разрабатывать рекомендации по составу и способам обработки конструкционных, инструментальных, композиционных и иных материалов с целью повышения их конкурентоспособности
ПК(У)-4	Способен планировать и осуществлять экспериментальные исследования, анализировать и обрабатывать их результаты, делать выводы, составлять и оформлять отчеты по проведенным исследованиям
ПК(У)-5	Способен выполнять перевод технической литературы на иностранном языке, связанной с профессиональной деятельностью в области материаловедения
ПК(У)-6	Способен решать задачи, относящиеся к производству, обработке и модификации материалов и покрытий, деталей и изделий
ПК(У)-7	Способен организовать проведение анализа и анализировать структуру новых материалов, адаптировать методики исследования свойств материалов к потребностям производства и разрабатывать специальные методики
ПК(У)-8	Способен проектировать и организовывать учебный процесс по образовательным программам с использованием современных образовательных технологий

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

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

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) _____ (Дата) Мартюшев Н.В.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
4НМ91	Шибанову Василию Алексеевичу

Тема работы:

Разработка и исследование ортезных систем для реабилитации пациентов с нарушениями в опорно-двигательных функциях	
---	--

Утверждена приказом директора (дата, номер)	№111-36/с от 21.04.21
---	-----------------------

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:** Ортезная система, как многофункциональное реабилитационное устройство.

1. Опора для стояния;
2. Тутора на ноги;
3. Система приводов для выполнения реабилитационных упражнений.

в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).	
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (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. Анализ результатов.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	Трёхмерная модель установки
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Спицына Л.Ю.
Социальная ответственность	Сечин А.А.
Иностранный язык	Миронова В.Е.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Аналитическая часть. Обзор аналогов	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	02.03.2021
--	-------------------

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ91	Шибанов Василий Алексеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
4НМ91	Шибанову Василию Алексеевичу

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

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Бюджет проекта – не более 1000000 руб., в т.ч. затраты по оплате труда – не более 500000 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Значение показателя интегральной ресурсоэффективности – не менее 0,5 баллов из 1
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %. (НК РФ)

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Потенциальные потребители результатов исследования. Анализ конкурентных технических решений, SWOT-анализ.
2. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Определение структуры выполнения НИ. Определение трудоемкости работ. Разработка графика проведения исследования.
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Определение финансового и научно-технического эффекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. «Портрет» потребителя результатов НТИ
2. Диаграмма Исикава
3. Сегментирование рынка
4. Оценка конкурентоспособности технических решений
5. Матрица SWOT
6. График проведения и бюджет НТИ
7. Оценка финансовой эффективности и научно-технического уровня

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Спицына Любовь Юрьевна	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ91	Шибанов Василий Алексеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4НМ91	Шибанову Василию Алексеевичу

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

Тема ВКР:

Разработка и исследование ортезных систем для реабилитации пациентов с нарушениями в опорно-двигательных функциях	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>Объект исследования – техническое средство реабилитации для восстановления опорно-двигательных функций у неходячих больных.</p> <p>Рабочая зона – медицинские учреждения, реабилитационные центры, дома, квартиры.</p> <p>Область применения – реабилитация людей с ограниченными возможностями.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	<p>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.</p>
2. Производственная безопасность:	<p>Опасные производственные факторы: Освещенность, шум, микроклимат; Электрический ток, короткое замыкание; Движущиеся машины и механизмы, механические повреждения.</p> <p>Вредные производственные факторы: Влияние психофизиологических факторов: монотонность труда, физические и эмоциональные перегрузки, умственное перенапряжение</p> <p>Мероприятия по снижению воздействия Требования к технике безопасности при производстве и эксплуатации; Предлагаемые средства защиты для работы на производстве: коллективная защита (вытяжные шкафы, вентиляция); индивидуальные средства защиты (перчатки, спецодежда, маски, очки).</p>

3. Экологическая безопасность:	Рассмотреть возможность утилизации компонентов установки; Влияние на санитарную зону отсутствует.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возможная ЧС: Пожар. Предупреждающие меры: повышение уровня электроизоляции, устройство оповещения при пожаре, датчики дыма Меры по повышению устойчивости объекта к пожару: соблюдение техники безопасности. Действия и меры по ликвидации пожара: соблюдение техники безопасности, вызов пожарных.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	02.03.2020
---	-------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин А.А.	к.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ91	Шибанов Василий Алексеевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит пояснительную записку, состоящую из 137 страниц. Включает в себя 84 рисунка и 28 таблиц. Процент заимствований составляет 14,62% (Приложение Г).

Ключевые слова: техническое средство реабилитации, реабилитация, редуктор, привод, многофункциональность, конструкция, адаптивность, медицинское оборудование.

Объектом проектирования является ортезная система для реабилитации пациентов.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка и исследование технического средства реабилитации с приводами для людей с ограниченными функциями.

В результате процесса разработки создана модель привода с редуктором.

В процессе исследования проводились исследования зубчатых механизмов, планетарных редукторов и способов передачи вращения.

Результаты проекта могут использоваться для дальнейшего исследования автоматизации технических средств реабилитации.

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

ВВЕДЕНИЕ.....	13
1. АНАЛИТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	15
Ортопедические аппараты	15
Конструкция и функциональные особенности ортезной системы	19
2. КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ	32
Антропометрия и входные данные	32
Мощности на валах привода.....	36
Расчет планетарной прямозубой передачи привода.....	38
Выбор материалов и определение допускаемых напряжений	39
Проектный расчет зацепления	41
KISSsoft – программный комплекс для расчета и анализа деталей машин.....	42
Проектирование ступеней редуктора в KISSsoft.....	44
Качественные показатели зубчатой передачи	52
Построение 3D модели в SolidWorks	56
Разработка кронштейна для закрепления привода.....	62
Контроллер, источник питания, и энкодер.....	69
3 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	73
3.1 Инициация проекта	73
3.2 Оценка коммерческого и инновационного потенциала проведения научных исследований	78
3.3 Планирование процесса управления научно-технических исследовательских	86
3.4 Определение финансовой эффективности и оценка научно-технического уровня исследования.....	95

3.5	Определение ресурсоэффективности научного исследования	97
4.	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	101
	Производственная безопасность.....	101
4.1	Разбор выявленных вредных факторов при производстве и эксплуатации автоматизированных ТСП	102
4.1.1	Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	102
4.1.2	Расчёт необходимого освещения в рабочей комнате.....	103
4.1.3	Повышенный уровень шума	106
4.1.4	Отклонение показателей микроклимата.....	107
4.1.5	Химические вещества.....	107
4.1.6	Охлаждение поверхности параподиума	108
4.1.7	Электрический ток.....	108
4.1.8	Острые кромки, заусенцы, шероховатости на поверхности заготовок, деталей оснастки и инструментов	109
	Экологическая безопасность.....	109
	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	110
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	113
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	115
	ПРИЛОЖЕНИЕ А	120
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	131
	ПРИЛОЖЕНИЕ В	134
	ПРИЛОЖЕНИЕ Г	135

ВВЕДЕНИЕ

С 2012 по 2020 количество людей с ограниченными возможностями в России уменьшилось. Такие изменения связаны с улучшением качества медицины, условий труда и общего уровня жизни.

Различное медицинское оборудование позволяет ускорить и облегчить процесс восстановления.

Сейчас разработаны и внедрены на рынок уникальные аппараты для восстановления мышечной активности при травмах позвоночника и спинного мозга, детском церебральном параличе (ДЦП), других заболеваниях с параличами верхних и нижних конечностей. С их помощью успешно проходят реабилитацию сотни детей и взрослых в различных лечебных и образовательных центрах.

Однако на данный момент возможности медицинского оборудования все еще могут быть расширены. Многофункциональность подразумевает автоматизацию различных процессов, упражнений, направленных на восстановление опорно-двигательного аппарата.

Рынок электродвигателей и возможность проектирования и создания микроредукторов с большими передаточными числами позволяют подобрать и использовать такие приводы, мощности которых хватит для совершения тех самых упражнений.

Автоматизированные ТСР представлены только на зарубежном рынке и имеют достаточно высокую стоимость. Запуск отечественного производства, возможно, повысит процент людей, которым реабилитационные центры помогут справиться со всеми недугами.

Объект проектирования и актуальность разработки

Цели проводимой работы

Исследование многофункционального технического средства реабилитации, а именно установить компактные приводы с редукторами на тазовый, коленный и голеностопный сустав, которые будут обеспечивать имитацию ходьбы, сгиба/разгиба сустава с помощью ПО

Обоснование для разработки

Актуальность работы обусловлена необходимостью исключить фактор человеческой помощи из программы реабилитации инвалидов. На подсознательном уровне на людей с ДЦП негативно может влиять осознание того, что им в выполнении каких-либо упражнений помогает доктор. Автоматизация позволит избежать данной проблемы.

Основное содержание работы

Создание, расчет и установка приводов с редукторами на ортезную систему.

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 является продукт реабилитационного центра ООО «ТехноМед»

Задачи, предполагаемые к выполнению в условиях диссертации

- Рассмотреть стандартные конструкции средств реабилитации пациентов.
- Рассмотреть различные типы редукторов.
- Разработать 3-d модель и необходимую конструкторскую документацию.
- Провести необходимые исследования ТСП, 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 средствах технической реабилитации для людей с ограниченными возможностями.

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

Рассматривается разработанная ортезная система, все её функции и положения

Ортопедические аппараты

Ортез – специальное техническое средство реабилитации, которое используется при реабилитации пациента после травм или болезней. ТСР дает возможность изменения характеристик нервно-мышечной и скелетных систем, а также обеспечивает ортопедическую коррекцию, разгрузку, фиксацию, активизацию двигательных функций. [37].

Динамический параподиум – это ортопедический аппарат, который служит для вертикализации и передвижения инвалидов, также для предназначен для активной реабилитации без посторонней помощи. Предназначается для людей с травмами спинного мозга (в том числе шейного отдела), ДЦП, а также различными неврологическими нарушениями, вызывающими полный или частичный паралич верхних и нижних конечностей.

Использование ТСР в процессе реабилитации критически важно, потому что движение (двигательная терапия, кинезитерапия) - это терапевтическое средство, которое повышает качество жизни человека и значительно улучшает общее состояние.



Рисунок 1 – Техническое средство реабилитации

При каких заболеваниях применяется:

- Повреждение спинного мозга

Поражение в результате травмы или болезни любой части спинного мозга или нервов позвоночного канала.

- Инсульт

Острое нарушение мозгового кровообращения, приводящее к стойкому очаговому поражению головного мозга.

- Детский церебральный паралич

Это один из самых тяжелых итогов перинатального поражения нервной системы.

- Полиомиелит

Вирусная инфекция, протекающая с преимущественным поражением центральной нервной системы.

- Рассеянный склероз

Аутоиммунное заболевание, поражается миелиновая оболочка нервных волокон головного и спинного мозга.

- Сирингомиелия

Хроническое прогрессирующее заболевание нервной системы, при котором в спинном мозге образуются полости.

- Дисциркуляторная энцефалопатия

Многоочаговое или диффузное сосудистое поражение головного мозга с медленным прогрессированием.

- Гемипарез

Нарушение в работе нервной системы, приводящее к ослаблению или параличу мышц.

Особенности больных с ограниченными возможностями.

Разберемся, 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 2 – 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.

У инвалидов наблюдаются развивающиеся процессы болезней психического и физического плана.

Говоря о психике: 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.

Движение - это терапевтическое средство, которое значительно повышает качество жизни человека.

Недостаток двигательной активности из-за большого проведения времени в позиции стоя или лежа вызывает некоторые взаимосвязанные заболевания, такие как:

- нарушение целостности кожного покрова;
- дегенеративные изменения сердечно-сосудистой системы;
- венозный застой, тромб глубоких вен, эмболия легочной артерии;
- увеличение риска появления болезни коронарных сосудов и т.д.;

Конструкция и функциональные особенности ортезной системы

В данном пункте разберем разработанную ортезную систему ООО «ТехноМед», ее конструкцию и функции. На рисунке представлена система, включающая в себя аппарат на нижние конечности и туловище (или аппарат на всю ногу, аппарат на тазобедренный сустав), опору для стояния, татора для ног.

Ее функции – вертикализация, имитация ходьбы, отведение ног в стороны, сгибание колена, а также дополнительная функция — это наклон туловищем вперед

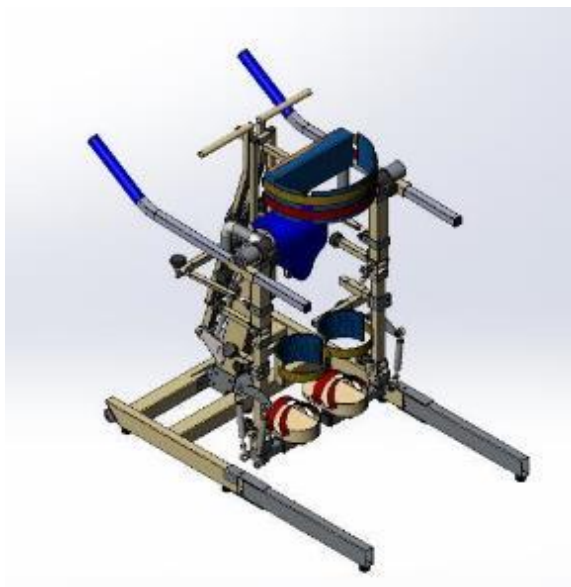


Рисунок 3 – Трехмерная модель ТСП

Основные элементы конструкции выполнены из профильной трубы, в том числе и сама рама. Рама имеет резиновые опоры и колесики для облегчения передвижения. На центральную стойку устанавливаются татора для ног, бандажи с ремнями для закрепления пациента и механизм с газовыми упорами для выполнения наклонов вперед.



Рисунок 4 – Трехмерная модель рамы ТСП

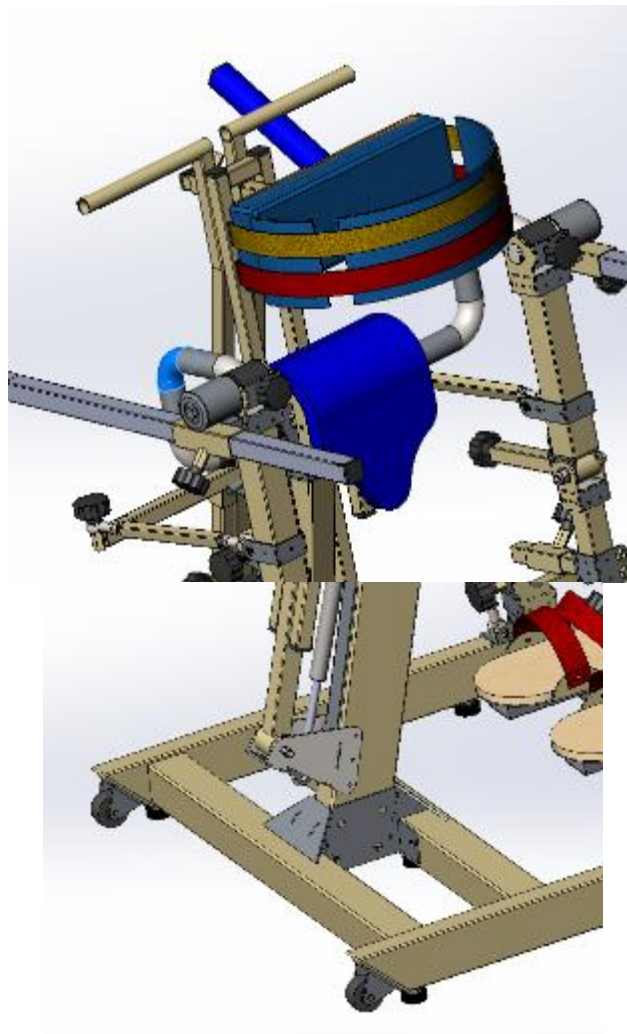


Рисунок 5 – Трехмерная модель тазового упора в ТСП

Конструкция элемента, крепящего тьютора для ног позволяет пациенту выполнять упражнения в двух плоскостях – имитировать ходьбу и совершать махи ногами в стороны. Данная деталь называется рулем. Руль имеет

«замочный» механизм для выбора одного из двух упражнений.



Рисунок 6 – Трехмерная модель руля ТСП

Тутор на ногу правый. Деталь соединяется с рулем с помощью разработанного крепления, и таким же образом бедренная часть соединяется с лодыжкой. Крепления имеют ограничители, защищающие от разгибания коленного сустава под неправильным углом и слишком сильного размаха ног в тазобедренном суставе.

Имеются коленоупор и ступнеупор, фиксация пациента ремнями. Данные упоры регулируются по выносу и вылету, то есть имеют возможность индивидуальной настройки под каждого пациента.

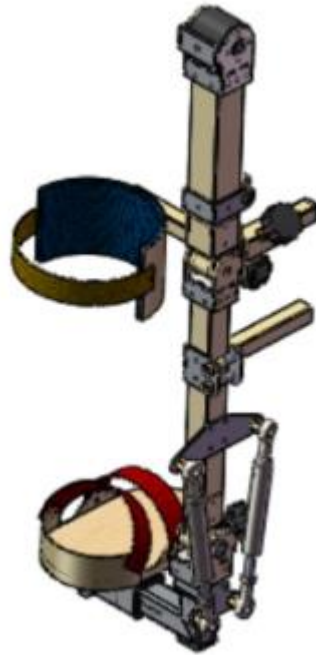


Рисунок 7 – Трехмерная модель тьютора ноги ТСР

Все настройки конфигурации ортезной системы выполняются с помощью фиксаторов – барашков. Ослабив и затянув болт можно установить нужное положение упора или руки. Также данные фиксаторы позволяют блокировать движения в суставах в зависимости от выполняемого упражнения.

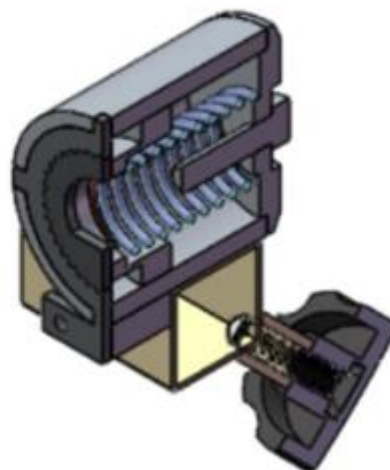


Рисунок 8 – Трехмерная модель регулировочного винта наклона стойки для упора рук

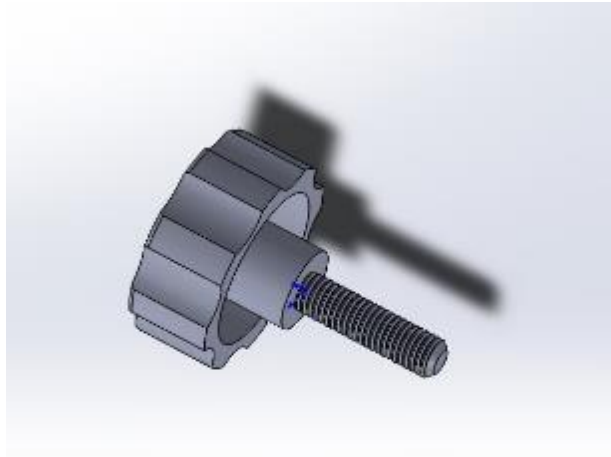


Рисунок 9– Трехмерная модель винта с бобышкой

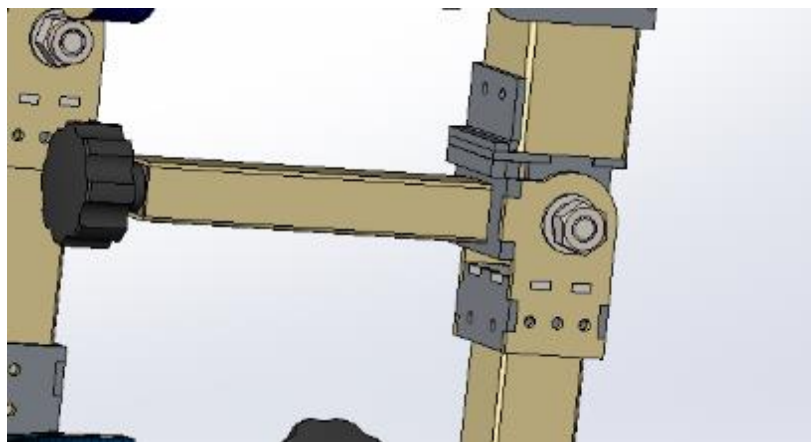


Рисунок 10– Запорный элемент сгиба коленного сустава

На центральной стойке помимо «бошки» – элемента, крепящего правый и левый руль к опорной части, находится синхронизатор. Синхронизатор связывает обе ноги посредством двух тяг с шаровыми наконечниками. Пациент, двигая одну ногу вперед, будет создавать усилие для движения второй ноги назад, тем самым выполняя правильную последовательность действий при ходьбе.

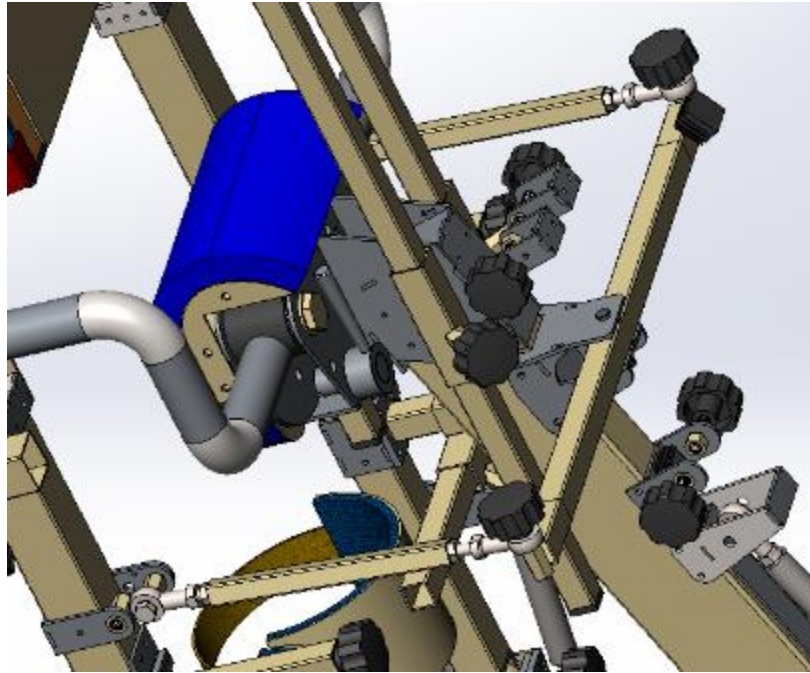


Рисунок 11 – Трехмерная модель стабилизатора и площадки закрепления

Обзор производителей ортезных систем и предложений

На данный момент на отечественном рынке представлено небольшое количество аппаратов для реабилитации пациентов с ДЦП или повреждением опорно-двигательного аппарата. Все они не автоматизированы и требуют сторонней помощи. Зарубежные аналоги имеют слишком высокую стоимость.

Решив задачу автоматизации упражнений, разработав и установив привода на шарниры бедра, колена и голеностопа можно внести существенное изменение в реабилитационную программу. Именно этому будут посвящены все последующие разделы дипломной работы.

ПРИМЕРЫ АНАЛОГОВ

Рассмотрим несколько аналогов динамических параподиумов. Две зарубежных и одна отечественная ортезная система. Для наиболее справедливой оценки выделим основные особенности реабилитационных средств.

Важные обязательные конструктивные особенности, которые должен иметь аппарат:

- регулируемые подвижные шарниры в области тазобедренных суставов и стоп;
- регулировки по высоте, ширине, глубине;
- регулировки положения центра тяжести пациента;
- регулировки длины шага, положения стоп;
- регулируемые по высоте, ширине и глубине фиксаторы коленей, грудной упор, опоры рук;
- регулируемые по ширине 4 телескопические кронштейны для подстраховки.

Динамический параподиум PD-180 [4]



Рис.12 – Динамический параподиум PD-180

Данное средство реабилитации является разработкой компании MDH Sp.z. из Польши. В Россию поставляется импортером ООО Медорт Евразия.

В комплект поставки входит:

1) Набор деталей жилета (или корсета, в который входит ремень и замок ремня безопасности, замок жилета, кронштейн в области грудной клетки, боковые подпорки в области плеч (регулируемые по высоте, ширине и глубине), регулируемые подвижные шарниры в области тазобедренных суставов с дополнительной регулировкой центра тяжести, набор мягких накладок на жилет с обивкой из искусственной кожи);

2) Набор деталей опор для рук (опоры для рук (регулируемые по высоте, ширине и глубине), держатели для рук);

3) Набор деталей боковых опор (боковые кронштейны, наколенники (регулируемые по высоте, ширине и глубине), набор мягких накладок на наколенники с обивкой из искусственной кожи);

4) Набор деталей основания (стабилизирующий прут сзади (с регулировкой длины шага), полозья с платформами (с регулировкой положения стоп и резиновыми накладками), 4 телескопических кронштейна для подстраховки, регулируемые подвижные нижние шарниры в области стоп с дополнительной регулировкой центра тяжести, набор декоративных накладок с обивкой из искусственной кожи).

Дополнительная комплектация: набор фиксаторов кистей, фиксатор спины.

Динамический параподиум PD-NEW



Рис. 13 – Динамический параподиум PD-NEW

Обновленное средство реабилитации компании MDH Sp.z. из Польши. Принципиально больших различий с PD-180 нет, однако конструкция устройства предусматривает возможность регулировки длины шага. Устройство наклона соответствует ортезам TLSO и НКАФО. Широкий диапазон регулировки позволяет адаптировать устройство для разных пациентов. Есть возможность регулировки высоты, ширины и центра тяжести устройства, высоты жилета, настройки ручных захватов.

Пациент защищен в нескольких ключевых точках:

- Платформы для ног с ремнями безопасности,
- Арочные коленные зажимы,
- Поясной ремень, открытый сзади, имеет современную и беспроблемную молнию,
- Стабилизирующий пояс для туловища.

Многофункциональный вертикализатор ПАРАМОБИЛЬ Akces-Med



Рис. 14 – Парамобиль Akces-Med

Парамобиль Akces-Med — это уникальный многофункциональный вертикализатор. Akces-Med – польский производитель средств реабилитации, на весь мир известный своим внимательным подходом к потребностям пользователей. Результатом тщательного изучения ожиданий клиентов являются надежная и практичная продукция, способная действительно улучшить качество жизни пациентов.

Akces-Med выпускают серию первоклассных вертикализаторов, реабилитационных кресел и колясок для детей с проблемами опорно-двигательной функции и с ДЦП.

Конструкторам удалось объединить в одном устройстве две самые важные функции в реабилитации человека – статическую и динамическую.

Статическая функция обеспечивает пассивную вертикализацию на начальных этапах реабилитации. Благодаря широким возможностям регулировки устройство отлично стабилизирует пациента.

Другая функция – динамическая – позволяет обретать утраченные или новые навыки. Хорошим дополнением к комплексной терапии будут упражнения с ротором, устанавливаемым в это устройство. Установка ротора позволяет

пациенту на ранних этапах реабилитации выполнять самостоятельно или с чьей-то помощью упражнения для нижних конечностей.

Особенности: изделие совмещает 3 функции в одном устройстве.

Прост в использовании. Интуитивно понятная регулировка и сборка. Конструкция рамы позволяет перенастроить вертикализатор на множество функций: статических, динамических, реабилитационных и любых конфигураций между этими функциями.

Рама установлена на колеса с тормозами, что облегчает перемещение.

Регулируемая передняя часть зажима обоймы (грудной и бедренной) позволяет идеально подобрать размер под тело пациента.

Задняя открывающаяся часть обоймы (грудной и бедренной) оснащена прочной и надежной застежкой и дополнительным ремнем безопасности.

Стабилизатор колен с пелотами регулируется по высоте, глубине и между собой.

Платформа со стабилизатором стоп изготовлена из нескользящего материала. Регулируются по высоте с возможностью демонтажа. Есть возможность сводить и разводить стопы.

Прочные ремни на липучке стабилизируют стопы.

Регулируемые поворотные опоры обеспечивают надежное сцепление и ощущение безопасности.

Специальные ремни на предплечье и руках дают дополнительную защиту. Возможность установки одной подставки, а другую снять.

Столик изготовлен из высококачественной фанеры, покрытой экологическим лаком, с ободом.

Столик регулируется по высоте и глубине установки. Идеально подходит для работы и учебы

Показания к применению: вертикализатор Парамобиль рекомендуется для детей, подростков и взрослых с диагнозом:

- Детский церебральный паралич – различные формы.
- Расщепление позвоночника.

- Повреждения головного и спинного мозга – различной этиологии.
- Демиелинизирующие заболевания (рассеянный склероз, боковой амиотрофический склероз и др.).
- Заболевания мышц, протекающие с парезами и параличом.
- Генетические синдромы, протекающие с парезами конечностей.
- Другие заболевания сопровождающиеся парезами, параличом, повреждениями опорно-двигательного аппарата.
- После черепно-мозговой травмы, травмы позвоночника с повреждением спинного мозга и нижних конечностей.

Базовая комплектация Парамобиль

- Рама с колесами
- Грудная обойма
- Бедренная обойма
- Стабилизатор колен с пелотами
- Платформа со стабилизатором стоп
- Подставки для предплечий
- Столик

Ортезная система ШР-2



Рис. 15 – Ортезная система ШР-2

Техническое средство реабилитации, разработанное в ортезно-ортопедическом центре в г.Томск, ул. А.Беленца ООО "ТехноМед"

Система состоит из ортезов:

Аппарат на нижние конечности и туловище (или аппарат на всю ногу, аппарат на тазобедренный сустав), опора для стояния, тьютора

Функции – вертикализация, имитация ходьбы, отведение ног в стороны, сгибание колена

Дополнительная функция – наклон туловищем вперед, при необходимости можно доукомплектовать столешницей.

2. КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

Антропометрия и входные данные

Техническое задание заключалось в разработке и установке приводов на ТСР. Механизм должен обеспечить разведение и сгибание в коленном и голеностопном суставе ног пациентов. Разработанный редуктор имеет высокое передаточное число, необходимое для кратного увеличения крутящего момента, сгибающего ноги пользователя ТСР.

Как было сказано выше, эксплуатация параподиума состоит из трех фаз:

- 1) Фаза входа в параподиум;
- 2) Фаза пребывания в вертикальном положении и ходьбы;
- 3) Фаза выхода из параподиума.

Нам необходимо более тщательно рассмотреть вторую фазу. Для совершения упражнений «ходьбы» в существующих ТСР необходимо наличие помощника-врача, который в свою очередь прикладывает усилие, совершая движения ног, если пациент сам не способен этого делать.

Разработанная система приводов позволит автоматизировать процесс.

Рассмотрим необходимые прикладываемые силы

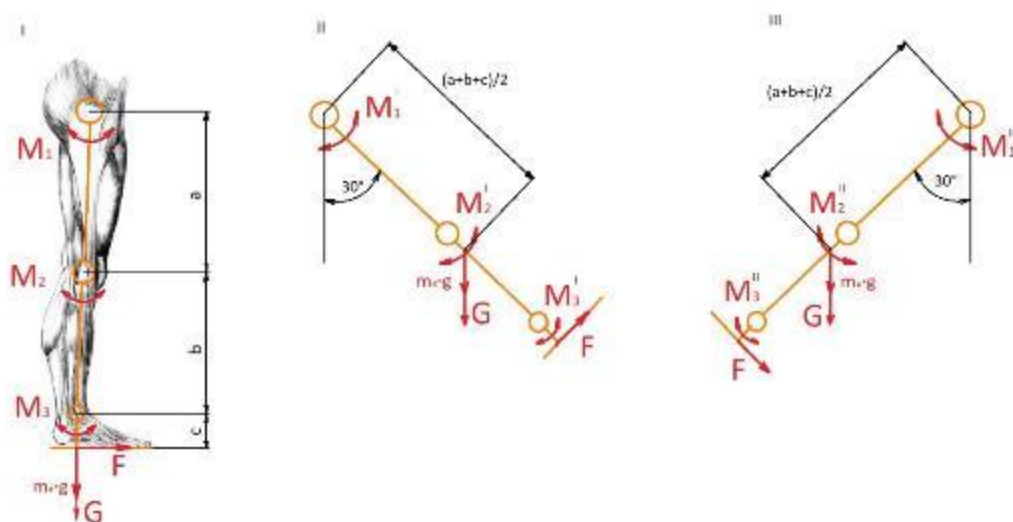


Рис.1 – Схема ходьбы

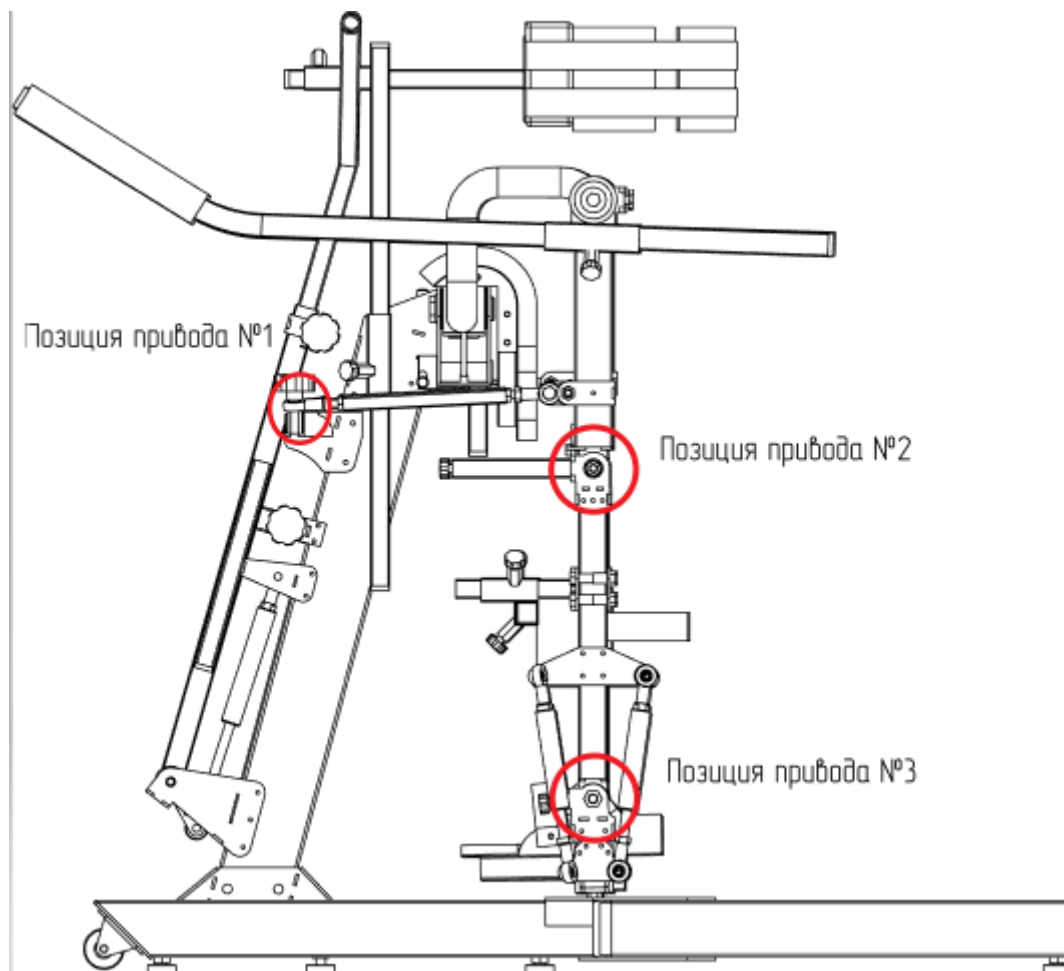


Рис.2 – Позиции приводов на ТСР

Как видно с рисунка, приводы устанавливаются на втулках коленного и голеностопного суставов, а также на вал крепления синхронизатора, который через две продольные тяги соединен с тудорами ног.

- Исходные данные - прикладываемые силы, выбор двигателя, примерного передаточного отношения, энкодер и пульт управления

Самый большой момент – $M1$. Все расчеты будут проводиться относительно данного момента, так как для сгибания ног в суставах требуется меньшее усилие и разработанный редуктор сможет его обеспечить [5].

1) Силу $F1$, которую необходимо приложить для совершения «шага» ноги, примем равной 10 кг или 98 Нм . Плечо – $0,3\text{ метра}$.

2) Найдем необходимый крутящий момент на валу редуктора, усилия которого хватит для совершения упражнений

$$M = 0,3\text{ м} * 98\text{ Н} = 29,4\text{ Нм}$$

1

3) Вычислим крутящий момент на валу электродвигателя. Для работы был выбран электродвигатель ДПМ-35-Н2-04.

ДПМ-35-Н2-04 является машиной постоянного тока с возбуждением от постоянного магнита и с двумя выходными концами вала. Предназначен для использования в системах автоматизации и сервисных устройствах. Двигатель с двумя выходными концами вала, что позволит установить на него энкодер.

Габаритные размеры ДПМ-35-Н2-04:

- длина - 64,5мм;
- диаметр - 35мм.

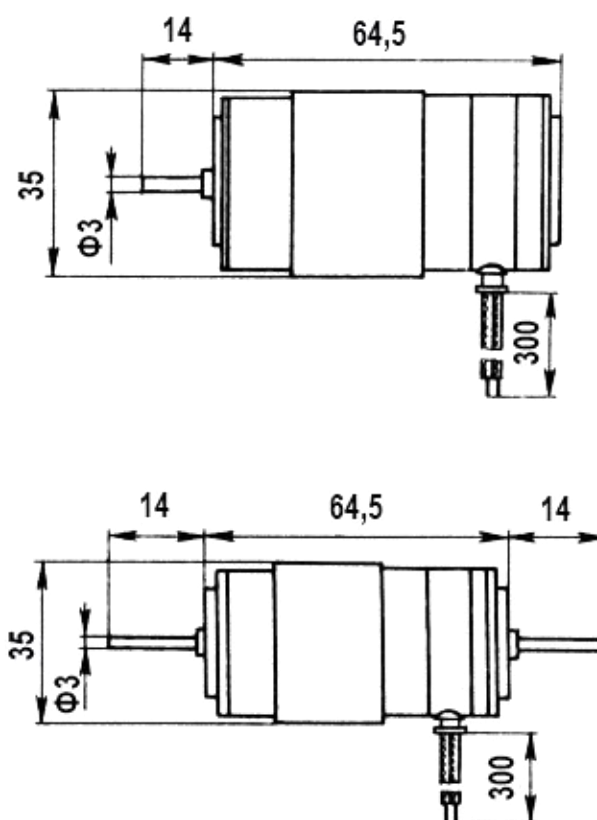


Рис. 3 – Внешний вид электродвигателей ДПМ-35.

Технические характеристики изделий электродвигатели ДПМ-35-Н2-04:

Напряжение питания - 27В+4В, 27В-5В;

Частота вращения - 6000об/мин.;

Мощность номинальная – 12,32 Вт;

Крутящий момент электродвигателя равен:

$$M = 9649,7 * \frac{N}{n} = 9649,7 * \frac{0,01232}{6000} = 0,0198 \text{ Н * м}$$

2

4) Передаточное отношение моментов механической передачи вращением равняется отношению моментов на выходном M_2 и входном M_1 валах

$$i_{12} = \frac{M_2}{M_1} = \frac{29,4}{0,0198} = 1484 \quad 3$$

5) Разобьем передаточное число по ступеням передачи

$$U_{\text{общ}} = U_6 * U_H * U_T = 1484 \quad 4$$

$$U_6 = 12$$

$$U_H = 11$$

$$U_T = 11$$

- 1) Определим число зубьев

В отличие от расчета обычных зубчатых передач выбор чисел зубьев в планетарных передачах связан с кинематическим расчетом и обычно предшествует расчету на прочность. Так как колеса планетарных передач взаимосвязаны, то кроме обеспечения заданного передаточного отношения необходимо выполнение дополнительных условий: соосности, сборки и соседства.

Принимаем число сателлитов $N_c=3$, а $Z_{1Б} = Z_{1H} = Z_{1T} = 18$ зубьям.

Передаточное число в планетарной передаче от солнечного колеса 1 к водилу h при остановленном корончатом колесе 3 определяется по формуле:

$$U = U_{1h}^3 = \frac{n_1}{n_h} = 1 + \frac{Z_3}{Z_1} \quad 5$$

Определим

$$Z_{3Б} = Z_{1Б}(U_6 - 1) = 18 * (12 - 1) = 198 \quad 6$$

$$Z_{3H} = Z_{1H}(U_H - 1) = 18 * (11 - 1) = 180$$

2) Проверим условие сборки передач

$$\frac{Z_{1Б} + Z_{3Б}}{N_c} = \frac{198 + 18}{3} = 72 \quad 7$$

$$\frac{Z_{1H} + Z_{3H}}{N_c} = \frac{180 + 18}{3} = 66$$

$$\frac{Z_{1T} + Z_{3T}}{N_c} = \frac{180 + 18}{3} = 66$$

Получено целое число, условие сборки быстроходной, нормирующей и тихоходной передачи выполняется

3) По условию соосности определим число зубьев сателлитов

$$Z_{2Б} = \frac{Z_{3Б} - Z_{1Б}}{2} = \frac{198 - 18}{2} = 90 \quad 8$$

$$Z_{2Н} = \frac{Z_{3Н} - Z_{1Н}}{2} = \frac{180 - 18}{2} = 81$$

$$Z_{2Т} = \frac{Z_{3Т} - Z_{1Т}}{2} = \frac{180 - 18}{2} = 81$$

4) Проверяем условие соседства

$$Z_2 + 2 < (Z_1 + Z_2) * \sin \frac{180^\circ}{N_c} \quad 9$$

Для быстроходной ступени:

$$90 + 2 < (18 + 90) * \sin 60^\circ \quad 10$$

$$92 < 93.528 \text{ условие выполнено}$$

Для нормирующей и тихоходной ступеней:

$$81 + 2 < (18 + 81) * \sin 60^\circ \quad 111$$

$$83 < 85.734 \text{ условие выполнено}$$

5) Уточним передаточные числа

$$U_B = 1 + \frac{Z_{3Б}}{Z_{1Б}} = 1 + \frac{198}{18} = 12 \quad 12$$

$$U_{Н,Т} = 1 + \frac{Z_{3Н,Т}}{Z_{1Н,Т}} = 1 + \frac{180}{18} = 11$$

6) Уточним передаточное число редуктора

$$U_{\text{общ}} = U_6 * U_H * U_T = 12 * 11 * 11 = 1452 \quad 13$$

Отклонение от заданного передаточного числа составляет $\Delta U = -2,1\%$, что находится в допустимых пределах ($< 4\%$).

- Определение кинематических и силовых параметров на всех валах привода

Мощности на валах привода

Приняв меньшие значения из диапазона КПД планетарных передач, можно КПД подшипников качения и муфт не учитывать из-за их малости

Вал I (входной):

$$P_1 = 0.012 \text{ кВт}$$

Вал II:

$$P_2 = P_1 * \eta_{пл}$$

КПД планетарной передачи $0,95 \div 0,97$, примем $\eta_{пл} = 0,95$

$$P_2 = 0,012 * 0,95 = 0,0114 \text{ кВт}$$

Вал III:

$$P_3 = 0,0114 * 0,95 = 0,01083 \text{ кВт}$$

Вал IV (выходной):

$$P_4 = 0,01083 * 0,95 = 0,0102885 \text{ кВт}$$

Частоты вращения и угловые скорости валов

$$\text{Вал I. } n_I = n_{ЭД} = 6000 \text{ об/мин; } \omega_1 = \frac{3,14 * 6000}{30} = 628 \text{ рад/с}$$

$$\text{Вал II. } n_2 = n_I / U_B = 6000 / 12 = 500 \text{ об/мин; } \omega_2 = \frac{3,14 * 500}{30} = 52,333 \text{ рад/с}$$

$$\text{Вал III. } n_3 = n_2 / U_H = 500 / 11 = 45,5 \text{ об/мин; } \omega_3 = \frac{3,14 * 45,5}{30} = 4,763 \text{ рад/с}$$

$$\text{Вал IV. } n_4 = n_3 / U_T = 45,5 / 11 = 4,1 \text{ об/мин; } \omega_4 = \frac{3,14 * 4,1}{30} = 0,419 \text{ рад/с}$$

Крутящие моменты на валах

Вал I.

$$T_1 = \frac{(1000 * P_1)}{\omega_1} = \frac{1000 * 0,012}{628} = 0,019108 \text{ Н * м}$$

Вал II.

$$T_2 = \frac{(1000 * P_2)}{\omega_2} = \frac{1000 * 0,0114}{52,333} = 0,021784 \text{ Н * м}$$

Вал III.

$$T_3 = \frac{(1000 * P_3)}{\omega_3} = \frac{1000 * 0,01083}{4,763} = 2,27377 \text{ Н * м}$$

Вал IV.

$$T_4 = \frac{(1000 * P_4)}{\omega_4} = \frac{1000 * 0,0102885}{0,419} = 28,5548 \text{ Н * м}$$

Таким образом, на выходном валу редуктора мы получаем номинальный крутящий момент равный $28,55 \text{ Н*м}$. Заданный нами заранее крутящий момент был рассчитан экспериментально, с небольшим запасом, что позволяет использовать полученный, отклонение равно $2,8\%$.

Все результаты расчета общих параметров привода сведены в таблицу 1.

Таблица 1. Сводная таблица результатов расчета

Вал	P, кВт	n, об/мин	ω , рад/с	T, Н*м
-----	--------	-----------	------------------	--------

I	0,012	6000	628	0,019108
II	0,0114	500	52,333	0,217184
III	0,01083	45,5	4,763	2,27377
IV	0,0102885	4,1	0,419	28,5548

Расчет планетарной прямозубой передачи привода

Выполним расчет быстроходной, нормирующей и тихоходной планетарной передачи редуктора [16].

Особенности расчетов на прочность планетарных передач

При расчетах на прочность используют те же формулы, что и при расчете простых зубчатых цилиндрических передач, с поправкой на число сателлитов.

Если центральные колеса одинаковой твердости, то достаточно рассчитать только внешнее зацепление колес, так как силы F_t и модули в обоих зацеплениях одинаковы, а внутреннее зацепление по своим свойствам прочнее наружного

Допускаемые контактные напряжения $[\sigma_H]$ рассчитываются, как для обычных цилиндрических передач

Число зацеплений зуба $n_s = N_s$, — для центральных колес, для сателлитов $n_s = 1$, так как с колесами сателлиты контактируют разными боковыми сторонами

Допускаемые напряжения при изгибе для сателлитов определяют с учетом двухстороннего приложения нагрузки на зуб.

Произведем расчёт тихоходной передачи:

$$u_{12} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{90}{18} = 5 \quad 13$$

$$u_{23} = \frac{z_3}{z_2} = \frac{198}{90} = 2,2$$

Относительные частоты вращений:

солнечного

$$n_1 = n_1 - n_h = 6000 - 500 = 5500 \text{ об/мин} \quad 144$$

сателлита

$$n_2 = n_1/u_{12} = 5500/5 = 1100 \text{ об/мин} \quad 15$$

корончатого колеса

$$n_3 = n_2/u_{23} = 1100/2,2 = 500 \text{ об/мин} \quad 16$$

Теперь произведём расчёт нормирующей и тихоходной передач:

$$u_{12} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{81}{18} = 4,5 \quad 177$$

$$u_{23} = \frac{z_3}{z_2} = \frac{180}{81} = 2,22$$

Относительные частоты вращений нормирующей передачи:

солнечного

$$n_1 = n_1 - n_h = 500 - 45,5 = 454,5 \text{ об/мин} \quad 188$$

сателлита

$$n_2 = n_1/u_{12} = 454,5/4,5 = 101 \text{ об/мин} \quad 199$$

корончатого колеса

$$n_3 = \frac{n_2}{u_{23}} = \frac{101}{2,22} = 45,5 \text{ об/мин} \quad 20$$

Относительные частоты вращений тихоходной передачи:

солнечного

$$n_1 = n_1 - n_h = 45,5 - 4,1 = 41,4 \text{ об/мин} \quad 21$$

сателлита

$$n_2 = \frac{n_1}{u_{12}} = 41,4/5 = 8,28 \text{ об/мин} \quad 22$$

корончатого колеса

$$n_3 = n_2/u_{23} = 8,28/2,2 = 3,73 \text{ об/мин} \quad 23$$

Выбор материалов и определение допускаемых напряжений

Материалы зубчатых колес

Так как передача малонагруженная, а зубья – прямозубые то для расчетов возьмём сталь 40Х с термообработкой «Улучшение», средняя твердость поверхности зубьев – $HВ=310$, $HRC=47$.

Допускаемые напряжения. Контактные напряжения

Передача нагрузки в зубчатой передаче происходит в результате соприкосновения боковых профилей сопряженных зубьев. Под действием сил давления зубья находятся в сложнапряженном состоянии. При этом нагружается и поверхность зубьев (линейный контакт), и весь объем зуба. Поэтому работоспособность передачи оценивается контактной прочностью боковой поверхности зубьев и объемной прочностью зуба при сложном нагружении

$$[\sigma_{Hi}] = \frac{\sigma_{Hoi} * k_{HLi}}{S_{Hi}} * 0,9 \quad 24$$

где,

σ_{Hoi} - предел контактной выносливости

$\sigma_{Hoi} - 2HB + 70 = 2 * 310 + 70 = 690 \text{ МПа}$ – для колес при улучшении

S_{Hi} - коэффициент безопасности. При улучшении равен 1,1

k_{HLi} - коэффициент долговечности принимается равным 1

Допускаемые контактные напряжения:

$$[\sigma_{Hi}] = \frac{690 * 1}{1,1} * 0,9 = 564,5 \text{ МПа} \quad 25$$

Напряжения изгиба

$$[\sigma_{Fi}] = \frac{\sigma_{Foi} * k_{FLi} * k_{FC}}{S_{Fi}} \quad 206$$

где,

$\sigma_{Foi} - HB + 260 = 570 \text{ МПа}$ (приближенные значения пределов выносливости на изгиб)

S_{Fi} - коэффициент безопасности. При улучшении равен 1,1

k_{FC} - коэффициент, учитывающий двухстороннее приложение нагрузки. 1 – для солнечного и корончатого колес, 0,7 – для сателлита

k_{FLi} - коэффициент долговечности принимается равным 1

$$[\sigma_{F1}] = \frac{570 * 1 * 1}{1,1} = 518 \text{ МПа} - \text{солнечное} \quad 217$$

$$[\sigma_{F2}] = \frac{570 * 1 * 0,7}{1,1} = 362 \text{ МПа} - \text{сателлит}$$

$$[\sigma_{F3}] = \frac{570 * 1 * 1}{1,1} = 518 \text{ МПа} - \text{корончатое}$$

Проектный расчет зацепления

Межосевое расстояние

$$a_w^* = K_a(u_{12} + 1) * \sqrt[3]{\frac{T_{1p} * K_{H\beta}^*}{[\sigma H]^2 * u_{12} * \psi_{ba}}} \quad 28$$

где,

$K_a = 495 \text{ МПа}$ для прямозубых колес

ψ_{ba} – коэффициент ширины колеса, равный 0,315

$K_{H\beta}^* = 1,15$ принимаем предварительно для случая симметричного расположения колес относительно опор

$T_{1p} = K_c * T_1 / N_c$ – расчетный крутящий момент на меньшем зубчатом колесе

K_c – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки между сателлитами. Так как мы не используем устройств, выравнивающих нагрузку, принимаем 1,1

Модуль зацепления

$$m^* = \frac{2 * a_w^*}{z_1 + z_2} \quad 29$$

Произведем расчеты межосевых расстояний и модулей зацепления для всех 3 ступеней редуктора. Результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2. Сводная таблица

Ступень	a_w^* , мм	m , мм	m , стандартизированный
Быстроходная	7,4923	0,138746	0,14
Нормирующая	15,9937	0,323105	0,28
Тихоходная	34,9882	0,706834	0,6

Уточняем межосевые расстояния, используя стандартизированные значения модулей зацепления

$$a_w^* = \frac{m^* * (z_1 + z_2)}{2} \quad 30$$

$$a_w^1 = \frac{0,14 * (18 + 90)}{2} = 7,56 \text{ мм}$$

$$a_w^2 = \frac{0,28 * (18 + 81)}{2} = 13,86 \text{ мм}$$

$$a_W^3 = \frac{0,6 * (18 + 81)}{2} = 29,7 \text{ мм}$$

Первоначальные расчеты параметров редуктора выполнены, далее продолжим работу с помощью программного комплекса KISSsoft

KISSsoft – программный комплекс для расчета и анализа деталей машин

Программное обеспечение KISSsoft предназначается для расчета, создания и анализирования деталей машин, таких как зубчатые передачи, валы, подшипники, ременные и цепные передач). Также в ней есть возможность моделирования редукторов, КПП, приводов.

Производителем программного комплекса KISSsoft является швейцарская компания KISSsoft AG, которая занимается разработкой ПО для различных инженерных и конструкторских сфер: проектирование ли это ленточных конвейеров, редукторов для электродвигателей, трансмиссий спортивных автомобилей или даже для космической техники. [36].

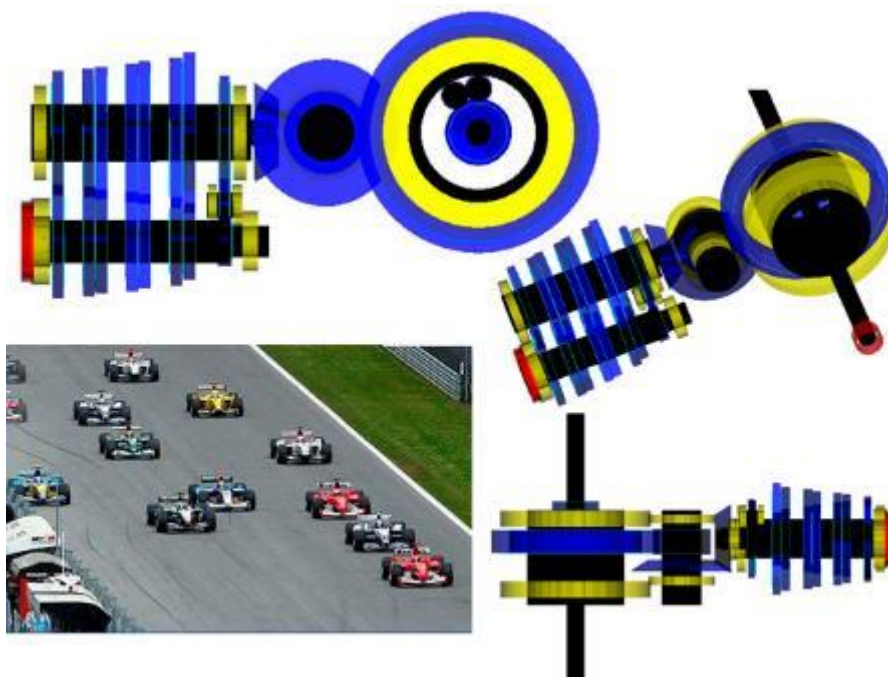


Рис.4 – Программная система KISSsoft используется конструкторами команд Формулы-1 для проектирования коробок передач болидов

Моделирование, анализ, оптимизация и экспорт моделей

Следуя современным стандартам (DIN, ISO, AGMA), данное программное обеспечение применяется как быстрый высококачественный инструмент для

определения размеров элементов машин, расчетов, определения прочности компонентов и документирования результатов расчетов. Любую рассчитанную в KISSsoft/KISSsys трехмерную деталь или систему возможно легко экспортировать в большинство CAD-систем и использовать для дальнейшей работы.

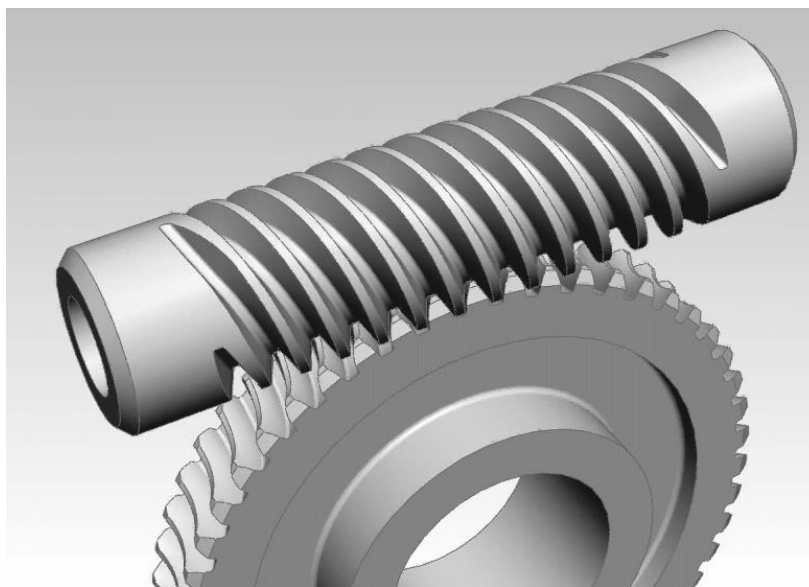


Рис.5 – Программная система KISSsoft

Использование KISSsoft позволяет существенно сокращать время, затрачиваемое на расчет и проектирование изделий, а также повышать эффективность и качество работы за счет применения в расчетах современных методик, соответствующих действующим международным стандартам.

KISSsoft & KISSsys: Области применения

Программа расчёта KISSsoft и ее системная надстройка KISSsys обладают очень широкими возможностями и поэтому, в том числе и благодаря своей модульной структуре, обеспечивают возможность применения в большом количестве областей:

- Производители редукторов, трансмиссий, коробок передач, гидродинамических передач и элементов зубчатых зацеплений, в том числе из искусственных материалов
- Изготовители подшипников
- Автомобильная промышленность (легковые и грузовые автомобили, автобусы, производители комплектующих)

- Космическая и авиационная промышленности (самолеты, вертолеты)
- Судостроение
- Энергетика
- Оборонная промышленность
- Медицинские технологии
- Точная механика
- Потребительские товары

Проектирование ступеней редуктора в KISSsoft

Используя возможности программного обеспечения KISSsoft, мы сможем вычислить геометрию зуба для каждого колеса, рассчитать диаметры колес и получить чертежи и 3D модели [15].

- 1) Выберем базовый модуль – планетарный ряд

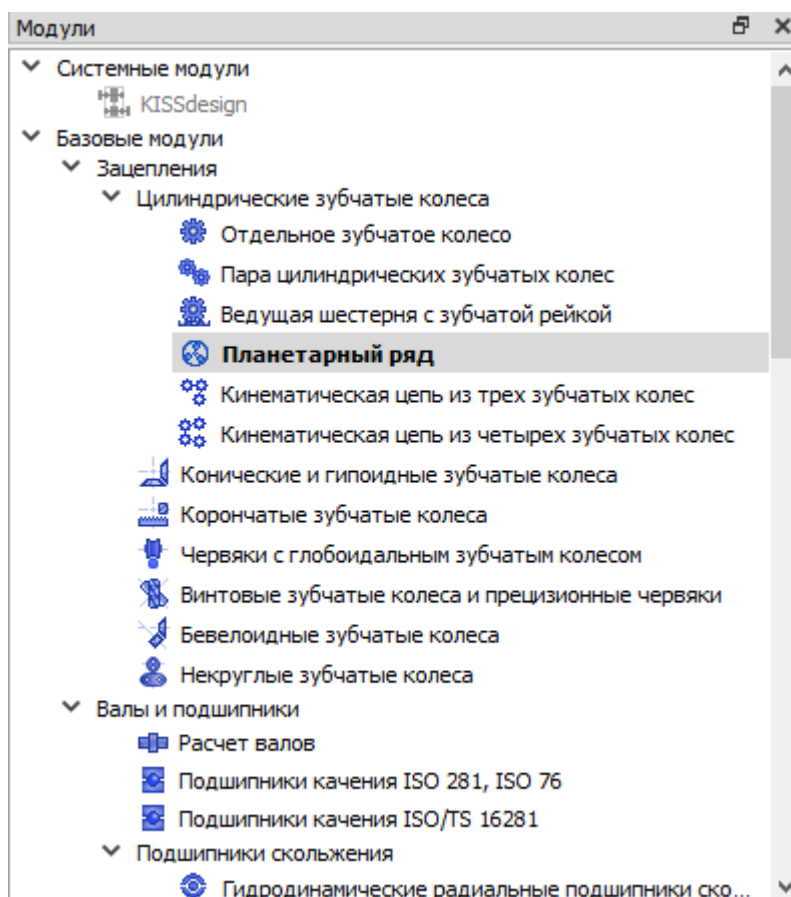


Рис.4 – Окно модулей в KISSsoft

2) В окне базовых данных вводим значения модуля зацепления, числа зубьев, выбираем прямозубое зацепление, указываем количество сателлитов, ширины зубчатого венца, а также материалы и вид смазки.

Каждая ступень на рисунках № соответственно.

Системные данные			
Нормальный модуль	m_n	0.1400 mm	Солнечное колесо
Угол зацепления в нормальном сечении	α_n	20.0000 °	Угол наклона зуба на делительной окружности β
Межосевое расстояние	a	7.5600 mm	Количество сателлитов
			3
Геометрия			
		Солнечное колесо	Сателлиты
Число зубьев	z	18	90
Ширина зубчатого венца	b	2.0000	2.0000
Кoeffициент смещения исходного контура	x	0.0000	0.0000
Степень точности (ISO 1328:2013)	A	6	6
Материалы и смазка			
Солнечное колесо	Улучшенная сталь	C45 (1), нелегированный, улучшенный, ISO 6336-5 Рисунок 5/6 (MQ)	
Сателлиты	Улучшенная сталь	C45 (1), нелегированный, улучшенный, ISO 6336-5 Рисунок 5/6 (MQ)	
Кольцевое зубчатое колесо	Улучшенная сталь	C45 (1), нелегированный, улучшенный, ISO 6336-5 Рисунок 5/6 (MQ)	
Смазка	Консистентная смазка	Собственный ввод	

Рис. 5– Базовые данные 1 ступени редуктора

Системные данные			
Нормальный модуль	m_n	0.4500 mm	Солнечное колесо
Угол зацепления в нормальном сечении	α_n	20.0000 °	Угол наклона зуба на делительной окружности β
Межосевое расстояние	a	22.2750 mm	Количество сателлитов
			3
Геометрия			
		Солнечное колесо	Сателлиты
Число зубьев	z	18	90
Ширина зубчатого венца	b	4.0000	4.0000
Кoeffициент смещения исходного контура	x	0.0000	0.0000
Степень точности (ISO 1328:2013)	A	6	6

Рис.6 – Базовые данные 2 ступени редуктора

Системные данные			
Нормальный модуль	m_n	0.6000 mm	Солнечное колесо
Угол зацепления в нормальном сечении	α_n	20.0000 °	Угол наклона зуба на делительной окружности β
Межосевое расстояние	a	29.7000 mm	Количество сателлитов
			3
Геометрия			
		Солнечное колесо	Сателлиты
Число зубьев	z	18	81
Ширина зубчатого венца	b	9.0000	9.0000
Кoeffициент смещения исходного контура	x	0.0000	0.0000
Степень точности (ISO 1328:2013)	A	6	6

Рис.7 – Базовые данные 3 ступени редуктора

На рисунке представлен протокол consistenteного расчета в KISSsoft. Фрагменты протокола расчетов 3 ступени можно просмотреть в приложении Б. Технический чертеж 2 ступени в приложении В. Диаметры делительной и основной окружностей, окружности вершин зубьев, длина эвольвенты, высота зуба и т.д., все эти данные содержатся в протоколе расчетов.

Колесо 1

Козффициент смещения исходного контура	[x]	0.0000	
Толщина зуба, дуга, в модуле	[sn*]	1.5708	
Изменение высоты головки зуба (мм)	[k*mn]	0.000	
Диаметр делительной окружности (мм)	[d]	2.520	
Диаметр основной окружности (мм)	[db]	2.368	
Диаметр окружности вершин зубьев (мм)	[da]	2.800	
(мм)	[da.e/l]	2.800 / 2.790	
Отклонение диаметра окружности зубьев	(мм)	[Ada.e/l]	0.000 / -0.010
Диаметр окружности модификации головки зуба (мм)	[dFa]	2.800	
(мм)	[dFa.e/l]	2.800 / 2.790	
Диаметр окружности впадин (мм)	[df]	2.170	
Козффициент смещения производящего контура	[xE.e/l]	-0.3925/ -0.5887	
Полученная окружность впадин зубчатого колеса с xE (мм)	[df.e/l]	2.060 / 2.005	
Диаметр окружности формы ножки (мм)	[dFf]	2.368	
(мм)	[dFf.e/l]	2.376 / 2.371	
При внутреннем зацеплении: Расчет dFf с зуборезным долбяком (z0=	25 , x0=0.000)		
С учетом подреза			
Длина эвольвенты (мм)	[L_dFa-L_dFf]	0.235	
Высота головки зуба, $m_n(h_{aP}^* + x + k)$ (мм)			

	[ha]	0.140	
(mm)	[ha.e/l]	0.140 /	0.135
Высота ножки зуба (мм)	[hf=mn*(hfP*-x)]	0.175	
(mm)	[hf.e/l]	0.230 /	0.257
Высота зуба (мм)	[h]	0.315	
Эквивалентное число зубьев	[zn]	18.000	
Нормальная толщина зуба на окружности вершин зубьев (мм)	[san]	0.095	
(mm)	[san.e/l]	0.057 /	0.029
Нормальная толщина зуба на окружности модификации головки зуба (мм)	[sFan]	0.095	
(mm)	[sFan.e/l]	0.057 /	0.029
Нормальная длина общей нормали между сторонами впадин на окружности впадин (мм)	[efn]	0.000	
(mm)	[efn.e/l]	0.000 /	0.000

Колесо 2

Козффициент смещения исходного контура	[x]	-0.0000	
Толщина зуба, дуга, в модуле	[sn*]	1.5708	
Изменение высоты головки зуба (мм)	[k*mn]	0.000	
Диаметр делительной окружности (мм)	[d]	12.600	
Диаметр основной окружности (мм)	[db]	11.840	
Диаметр окружности вершин зубьев (мм)	[da]	12.880	
(mm)	[da.e/l]	12.880 /	12.862
Отклонение диаметра окружности зубьев	(mm)	[Ada.e/l]	0.000 / -0.018
Диаметр окружности модификации головки зуба (мм)	[dFa]	12.880	
(mm)	[dFa.e/l]	12.880 /	12.862
Диаметр окружности впадин (мм)	[df]	12.250	
Козффициент смещения производящего контура	[xE.e/l]	-0.5299/	-0.8242
Полученная окружность впадин зубчатого колеса с xE (мм)	[df.e/l]	12.102 /	12.019
Диаметр окружности формы ножки (мм)	[dFf]	12.344	
(mm)	[dFf.e/l]	12.228 /	12.170
При внутреннем зацеплении: Расчет dFf с зуборезным долбяком (z0=50, x0=0.000)			
Длина эвольвенты (мм)	[l_dFa-l_dFf]	0.285	
Высота головки зуба, $m_n(h_{aP}^* + x + k)$ (мм)	[ha]	0.140	
(mm)	[ha.e/l]	0.140 /	0.131
Высота ножки зуба (мм)	[hf=mn*(hfP*-x)]	0.175	
(mm)	[hf.e/l]	0.249 /	0.290
Высота зуба (мм)	[h]	0.315	
Эквивалентное число зубьев	[zn]	90.000	
Нормальная толщина зуба на окружности вершин зубьев (мм)	[san]	0.112	
(mm)	[san.e/l]	0.065 /	0.027
Нормальная толщина зуба на окружности модификации головки зуба (мм)	[sFan]	0.112	
(mm)	[sFan.e/l]	0.065 /	0.027
Нормальная длина общей нормали между сторонами впадин на окружности впадин (мм)	[efn]	0.104	
(mm)	[efn.e/l]	0.120 /	0.132

Колесо 3		
Козффициент смещения исходного контура	[x]	-0.0000
Толщина зуба, дуга, в модуле	[sn*]	1.5708
Изменение высоты головки зуба (мм)	[k*mn]	0.000
Диаметр делительной окружности (мм)	[d]	27.720
Диаметр основной окружности (мм)	[db]	26.048
Диаметр окружности вершин зубьев (мм)	[da]	27.440
	[da.e/l]	27.440 / 27.419
Отклонение диаметра окружности зубьев	(мм)	[Ada.e/l] 0.000 / -0.021
Диаметр окружности модификации головки зуба (мм)	[dFa]	27.440
	[dFa.e/l]	27.440 / 27.419
Диаметр окружности впадин (мм)	[df]	28.070
Козффициент смещения производящего контура	[xE.e/l]	-0.5299/ -0.8242
Полученная окружность впадин зубчатого колеса с хЕ (мм)	[df.e/l]	28.301 / 28.218
Диаметр окружности формы ножки (мм)	[dFf]	27.984
	[dFf.e/l]	28.218 / 28.137
При внутреннем зацеплении: Расчет dFf с зуборезным долбяком (z0=50, x0=0.000)		
Длина эвольвенты (мм)	[L_dFa-L_dFf]	0.289
Высота головки зуба, $m_n(h_{aP}^* + x + k)$ (мм)	[ha]	0.140
	[ha.e/l]	0.151 / 0.140
Высота ножки зуба (мм)	[hf=mn*(hP*-x)]	0.175
	[hf.e/l]	0.249 / 0.290
Высота зуба (мм)	[h]	0.315
Эквивалентное число зубьев	[zn]	198.000
Нормальная толщина зуба на окружности вершин зубьев (мм)	[san]	0.121
	[san.e/l]	0.067 / 0.031
Нормальная толщина зуба на окружности модификации головки зуба (мм)	[sFan]	0.121
	[sFan.e/l]	0.067 / 0.031
Нормальная длина общей нормали между сторонами впадин на окружности впадин (мм)	[efn]	0.088
	[efn.e/l]	0.082 / 0.079

Рис.8 – Протокол первой ступени

Отсутствие ошибок при выполнении расчета в программе дает нам возможность построить графическое изображение планетарной передачи, а именно геометрию зубчатого зацепления, форму зуба, технологический чертеж колеса и 3D модель системы.

На рисунке 9 пунктирной линией отмечено перемещение пятна контакта солнечного колеса с сателлитом

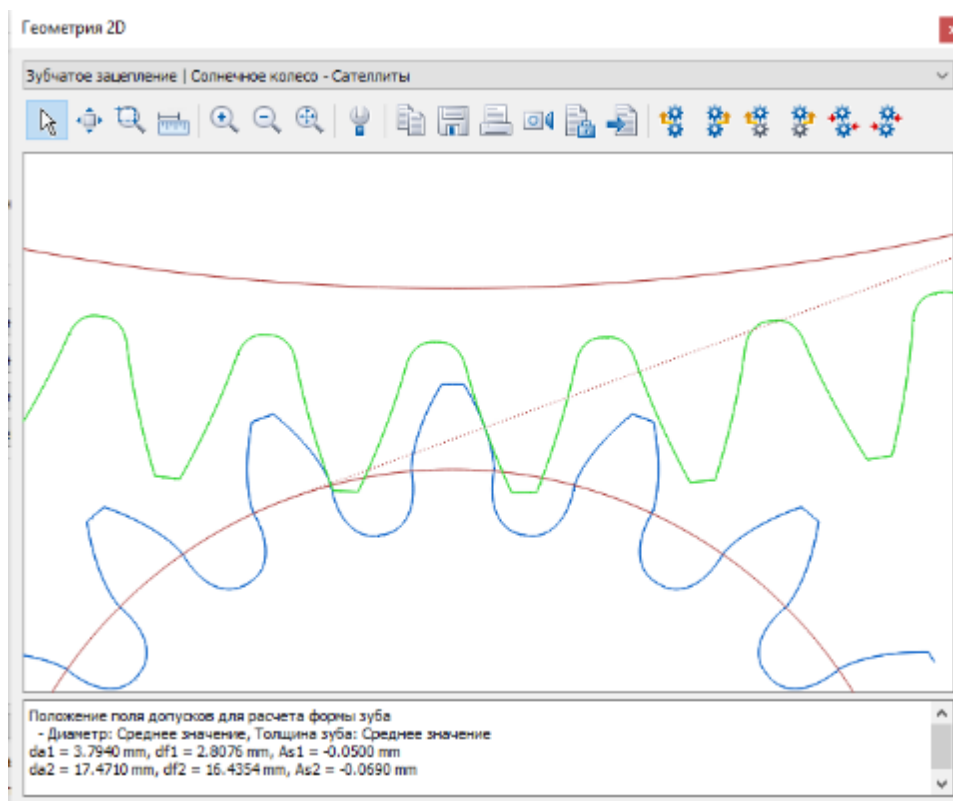


Рис. 9– Геометрия зубчатого зацепления

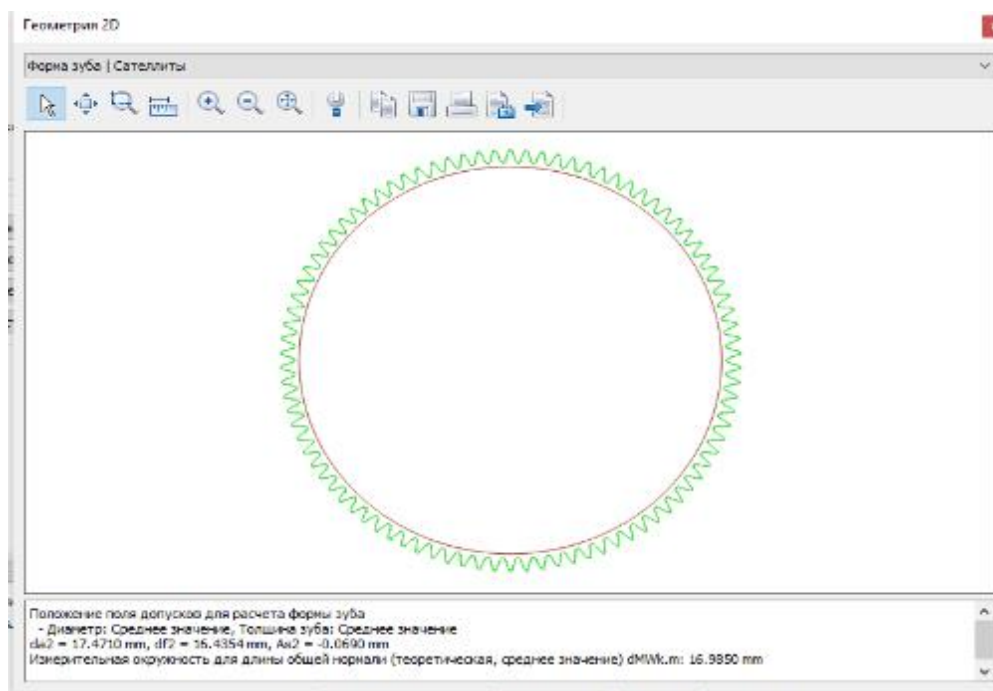


Рис. 10– Рассчитанная эвольвента зуба сателлита

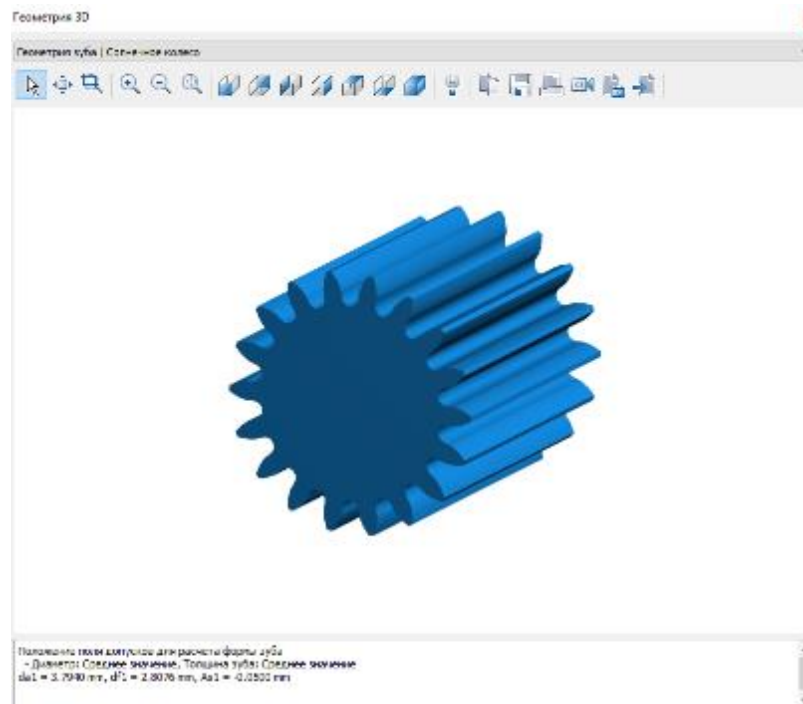


Рис.13 – Построенная 3D модель солнечного колеса

KISSsoft включает в свой функционал возможность экспорта 3D моделей в CAD-системы. Тихоходная ступень с передаточным числом равным 12 на рисунке

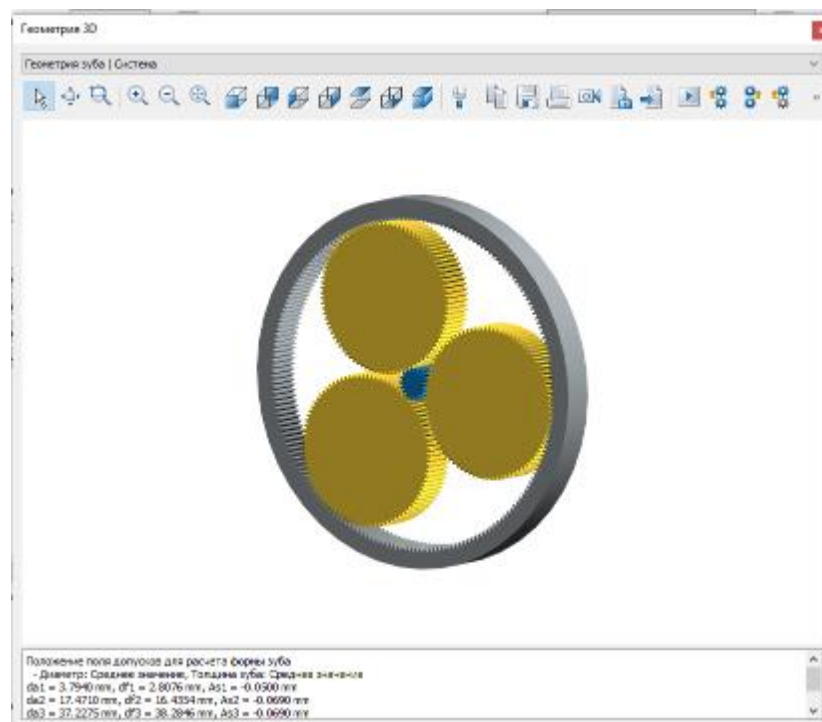


Рис. 14 – 3D модель 1 ступени планетарного редуктора

Качественные показатели зубчатой передачи

Скольжение профилей в зацеплении

Профили зубьев в процессе работы передачи скользят друг по другу. Чистое их качение наблюдается только в полюсе зацепления П. Скольжение контактирующих поверхностей зубьев сопровождается износом этих поверхностей.

Износ поверхностей характеризуется величиной коэффициентов удельного скольжения ϑ - чем больше этот коэффициент, тем интенсивнее износ.

Выведем график удельного скольжения солнечного колеса и сателлита.

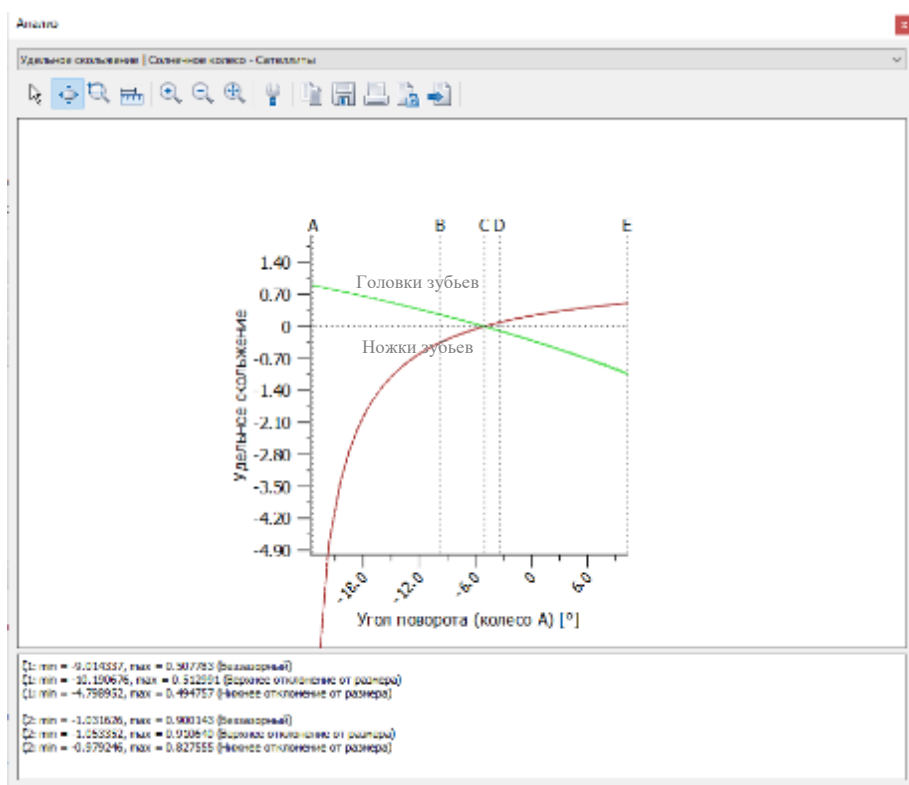


Рис.15 – График удельного скольжения

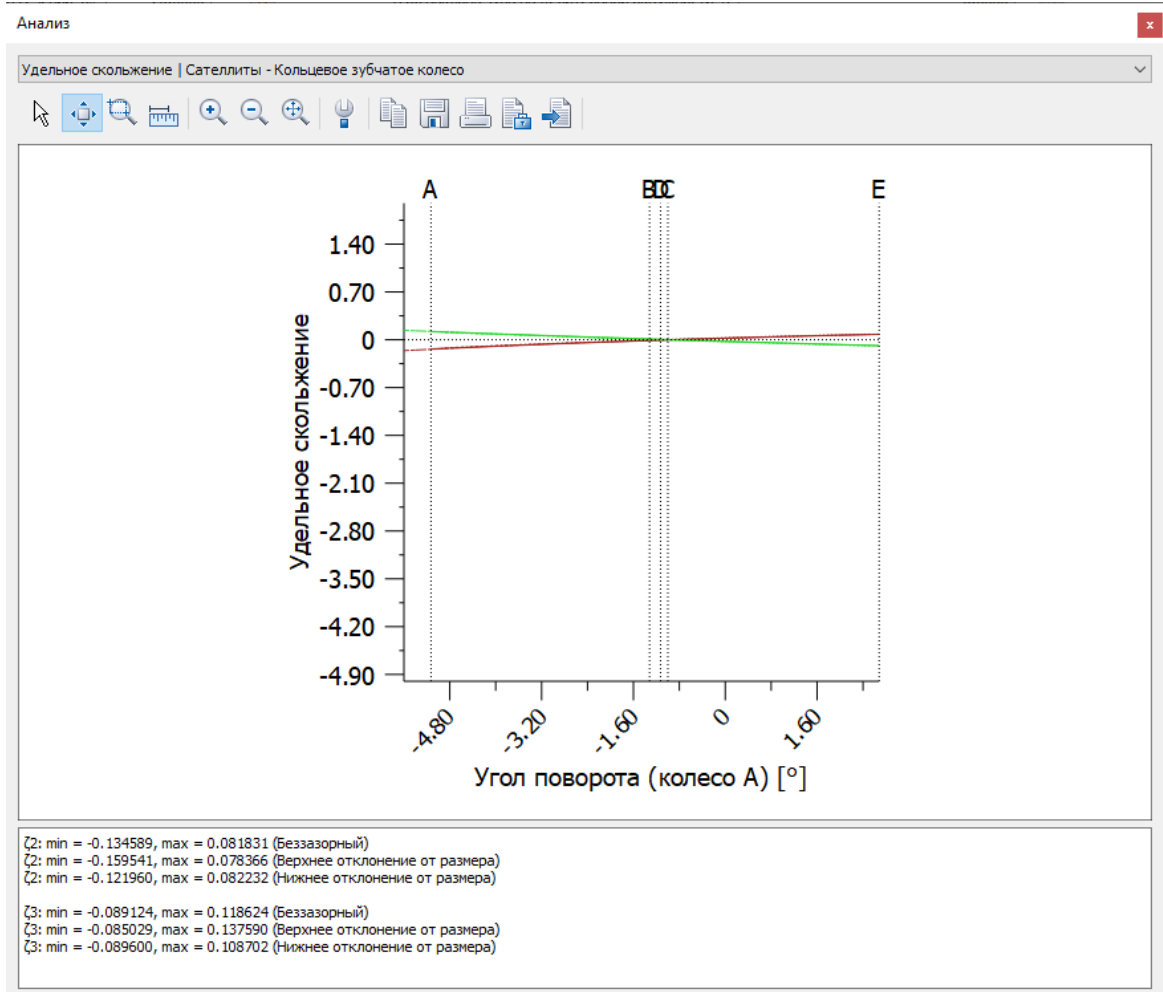


Рис. 16– График удельного скольжения сателлита и корончатого колеса

Удельное скольжение является функцией положения точки зацепления на линии зацепления и, следовательно, зависит от того, какие участки профиля являются рабочими.

График демонстрирует, что время износа головки зуба больше, чем время износа ножки зуба, так как на головке зуба удельное скольжение имеет меньшую величину, чем на ножке. Чем дальше от точки *C*, в радиальном направлении находится зона профиля, тем больше она изнашивается. В полюсе зацепления износ от скольжения равен нулю, так как эта точка является мгновенным центром поворота одного колеса относительно другого, и точки профилей, попадающие в полюс, имеют радиус относительного вращения вокруг полюса, равный нулю.

Усилия и напряжения

При передаче вращательного момента в зацеплении действует нормальная сила F_n и сила трения R_f , связанная со скольжением. Под действием этих сил зуб находится в сложном напряженном состоянии. Решающее влияние на его работоспособность оказывают контактные напряжения и напряжения изгиба, изменяющиеся во времени по некоторому прерывистому отнулевому циклу.

Переменные напряжения являются причиной усталостного разрушения зубьев: излома зубьев от напряжений изгиба и выкрашивания рабочих поверхностей зубьев от контактных напряжений. С контактными напряжениями и трением в зацеплении связаны также износ, заедание и другие виды повреждения поверхностей зубьев.

Для определения усилий и напряжения проведем контактный анализ солнечного колеса и сателлита (рис. 17).

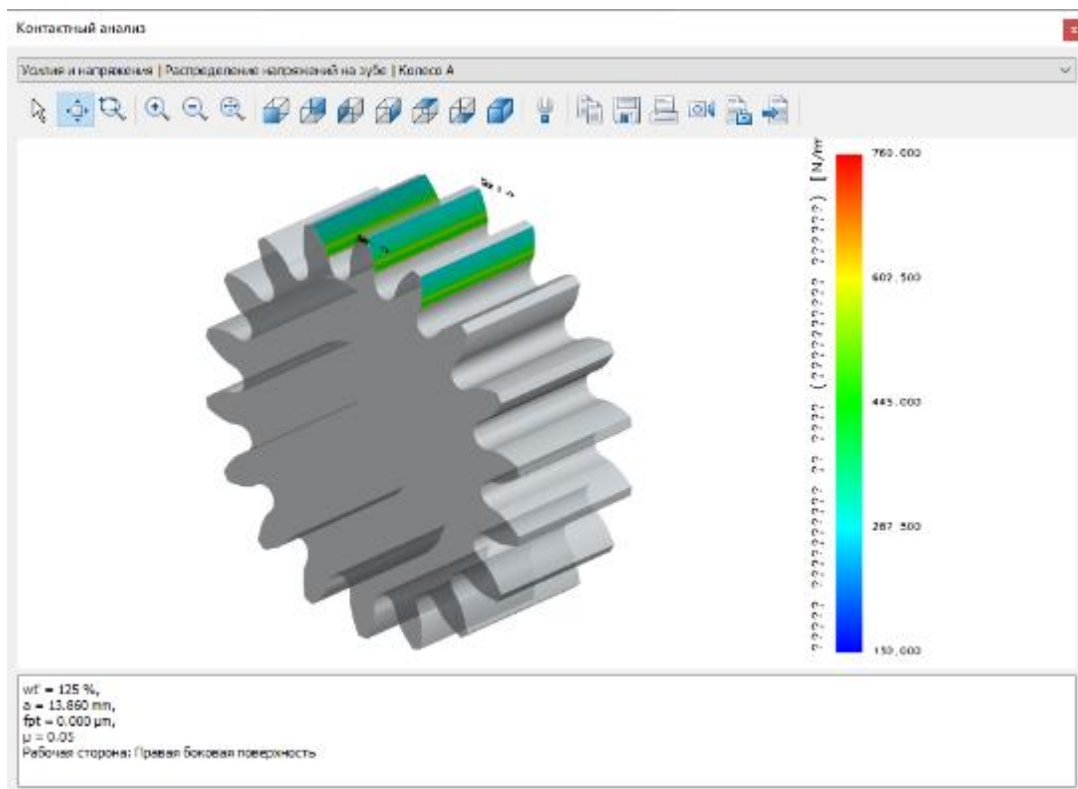


Рис. 17– Распределение напряжений на зубе солнечного колеса

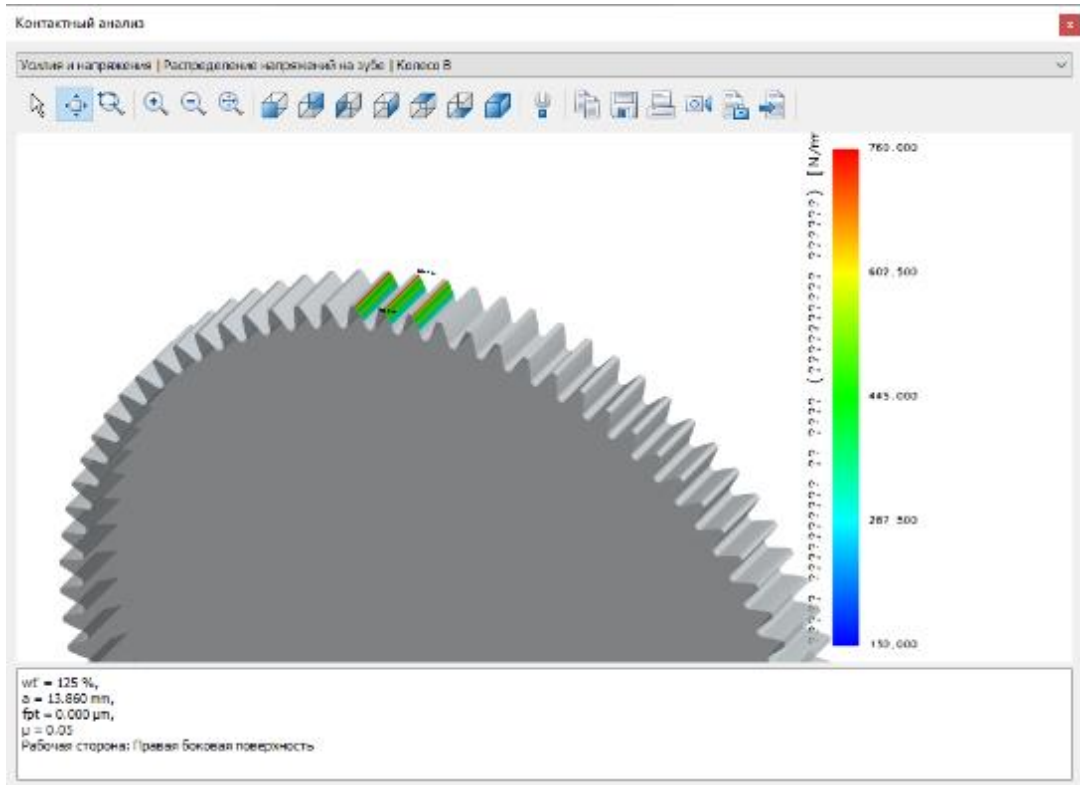


Рис.18 – Распределение напряжений на зубе сателлита

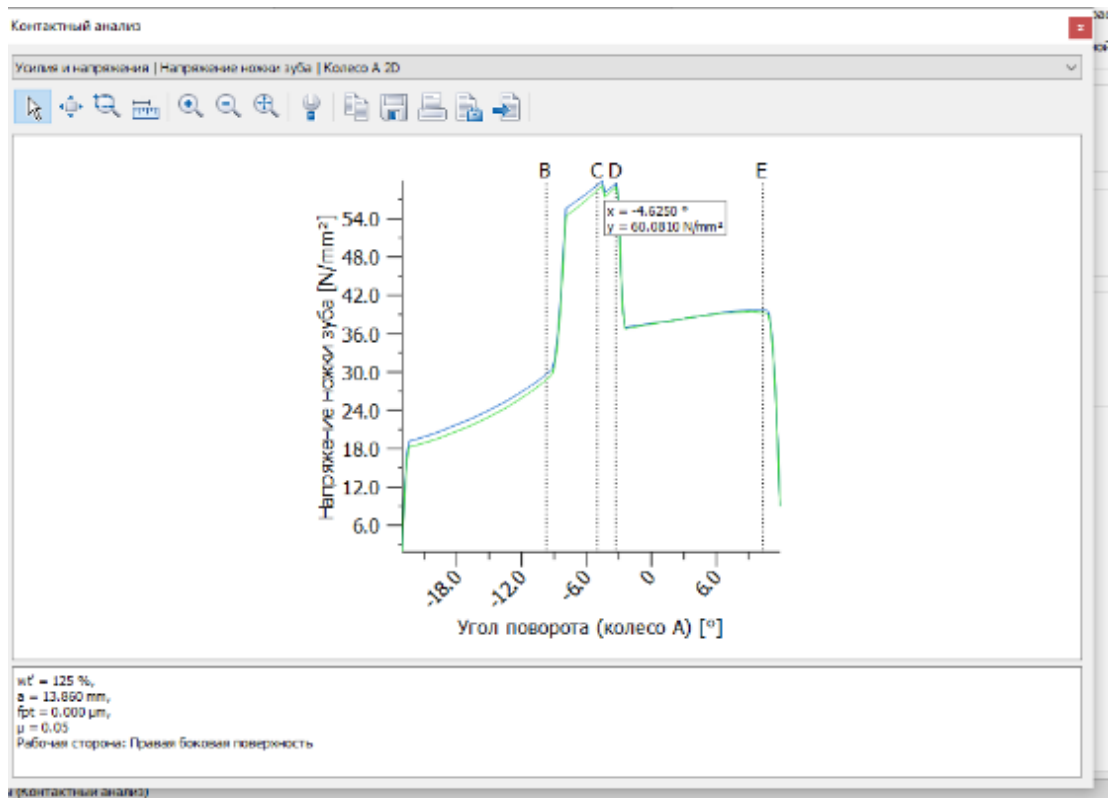


Рис. 19– Напряжение ножки зуба солнечного колеса

Проанализировав графики, можно сделать вывод о том, что величины напряжений на зуб находятся в допустимом диапазоне. Однако, также видно, что максимальное напряжение 60 Н/мм^2 возникает в пятне контакта максимальной

высоты ножки зуба колеса А при угле поворота $-4,625^\circ$ и у вершины зуба колеса В. Это означает, что данные участки наиболее будут подвержены поверхностному разрушению, такому как излом зубьев. Для предупреждения усталостного излома применяют: колёса с положительным смещением при нарезании зубьев; термообработку; дробеструйный наклёп; жёсткие валы, увеличивают модуль и тд.

Построение 3D модели в SolidWorks

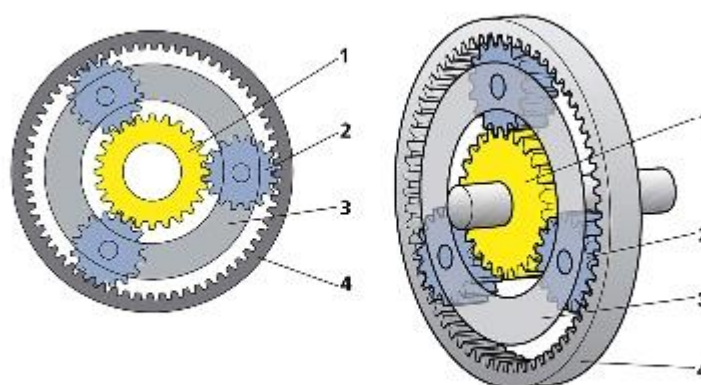
Проектирование планетарного редуктора

В результате расчетов, анализа и успешного проектирования ступеней нашего редуктора в программном обеспечении KISSsoft, следующим действием будет экспорт 3D моделей планетарных рядов в CAD-систему SolidWorks [12].

Задача работы в SolidWorks – создание трехступенчатого планетарного редуктора с передаточными числами $12*11*11$. В качестве электродвигателя был выбран ДПМ-35-Н2-04 с дальнейшим построением и его модели.

Для того, чтобы последовательно разместить все ступени внутри редуктора, необходимо разработать корпус редуктора, переднюю и заднюю крышки. Передача вращения от ступени к ступени, будет осуществляться с помощью водила, закрепленного на осях сателлитов.

Устройство планетарной передачи (редуктора)



1 - Солнечная шестерня; 2 - Сателлитовая шестерня;
3 - Водило; 4 - Коронная шестерня.

Рис.20 – Устройство планетарной передачи

В нашем случае, в составе быстроходной ступени солнечной шестерней будет являться вал, который с помощью соединительной муфты закреплен на выходном валу электродвигателя. На второй и третьей ступени, солнечная шестерня закреплена на водиле предшествующего колеса (1 и 2). Водило третьей ступени должно иметь выходной вал, передающий вращение на техническое средство реабилитации.

В первую очередь, создадим для каждой ступени индивидуально водило, учитывая межосевые расстояния и диаметры сателлитов, для создания валов, на которых шестерни будут закреплены. На рисунках представлено водило 2 ступени с переднего и заднего ракурсов

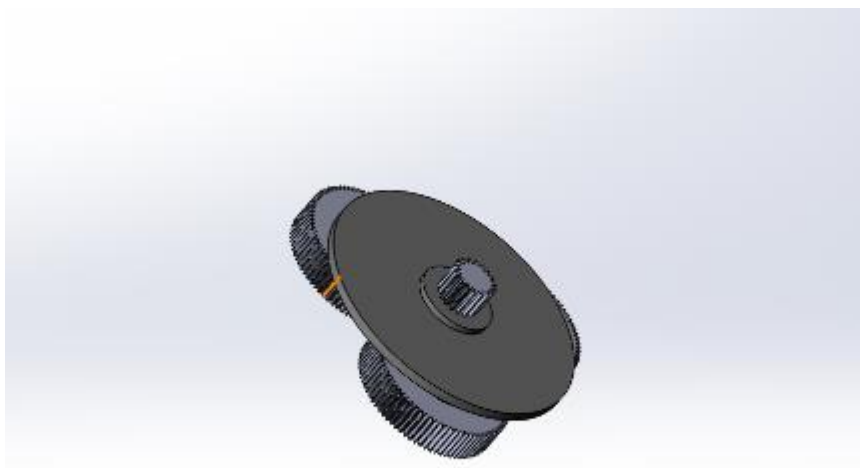


Рис.21 – Передача вращения осуществляется с помощью закрепленной солнечной шестерни.

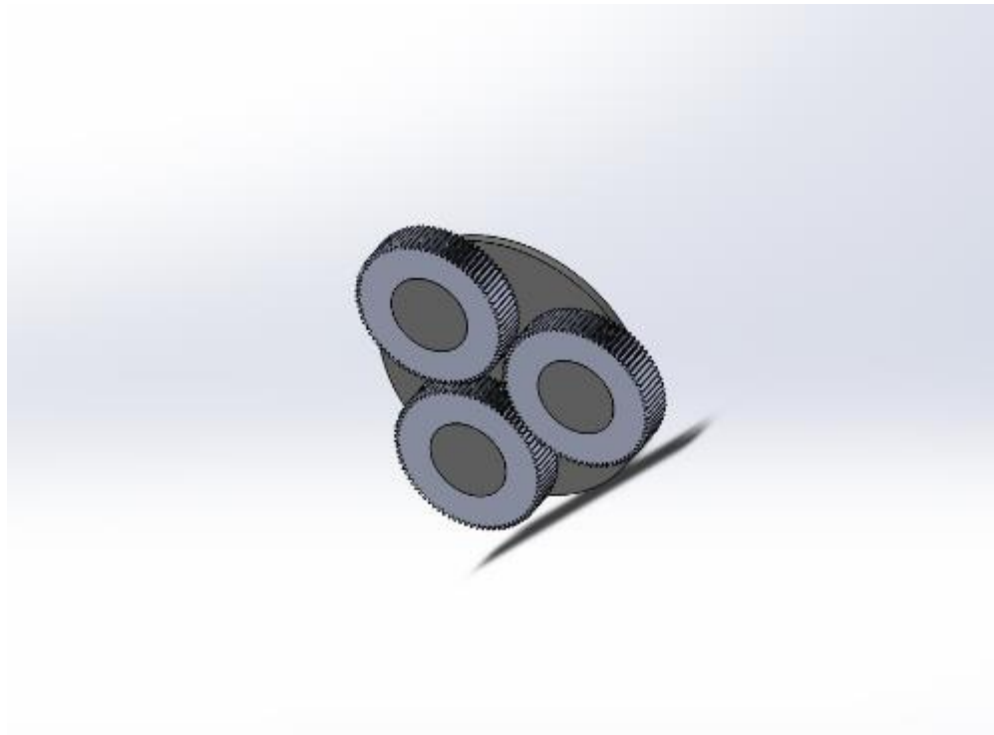


Рис.22 – Сателлиты на валах 2 водила

Аналогичным образом создаются все ступени.

Вторым делом создаются эпициклы и посадочные кольца под них, так как из-за увеличения крутящего момента, увеличиваются модули зацепления и, следовательно, диаметры ступеней. Посадочные кольца компенсируют разницу в диаметрах и помогают закрепить все в одном корпусе.

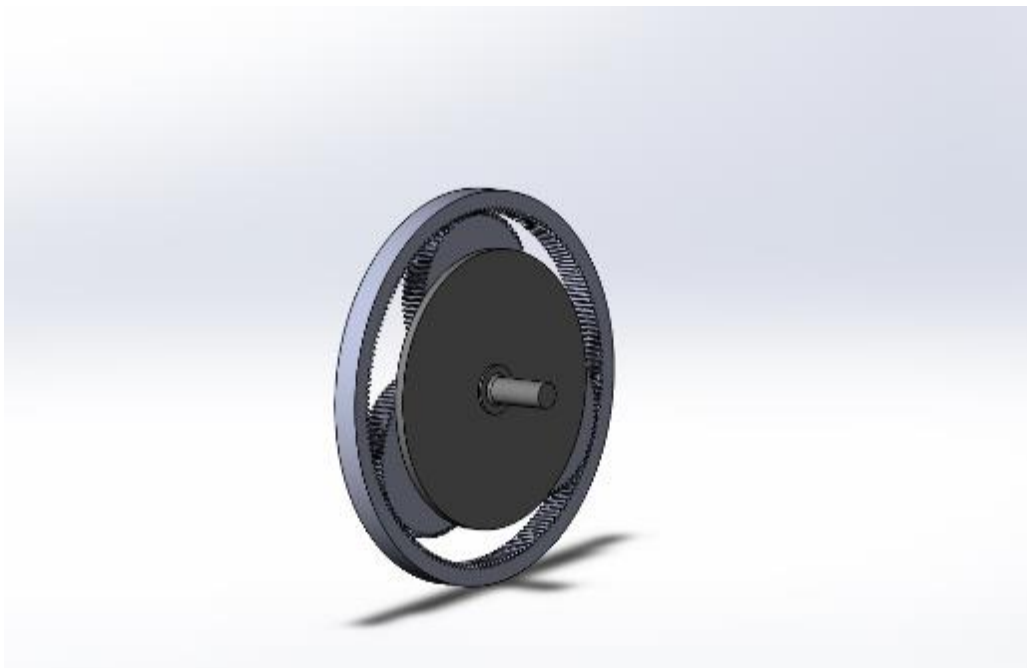


Рис.23 – 3 ступень планетарного редуктора с выходным валом

Как видно на рисунке, корончатое колесо запрессовывается в посадочное и устанавливается в корпус редуктора

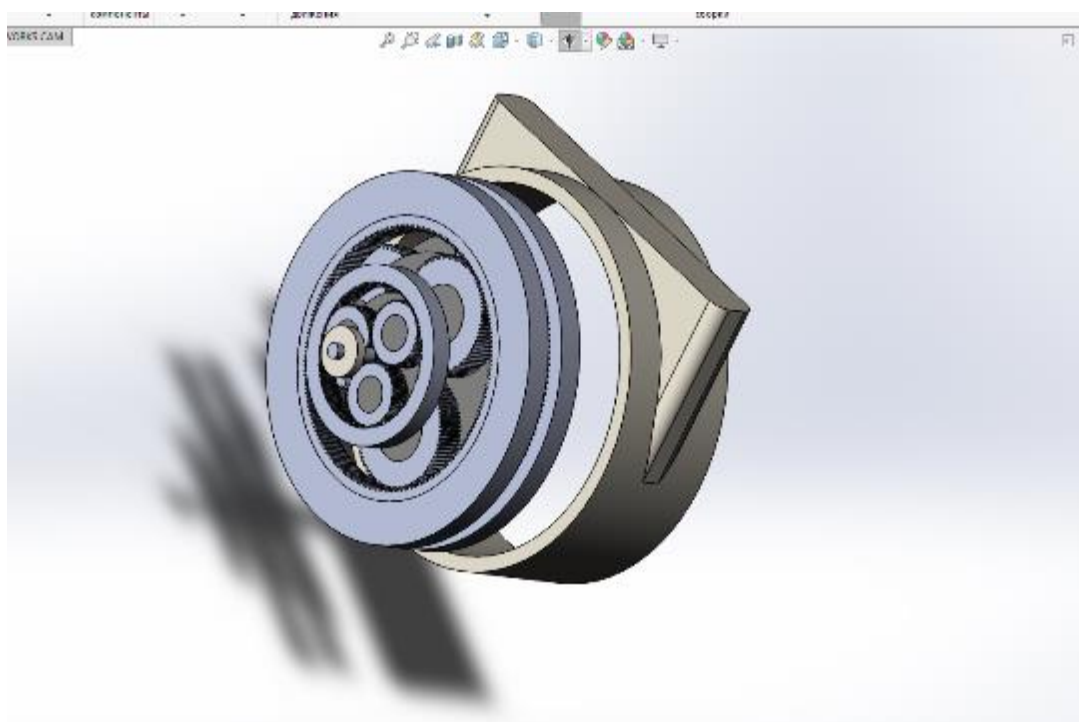


Рис. 24 – Корпус редуктора и посадочное колесо 2 ступени

Корпус имеет площадку для закрепления на кронштейн. Также в сборке редуктора имеются две крышки, подшипники для входного и выходного валов.

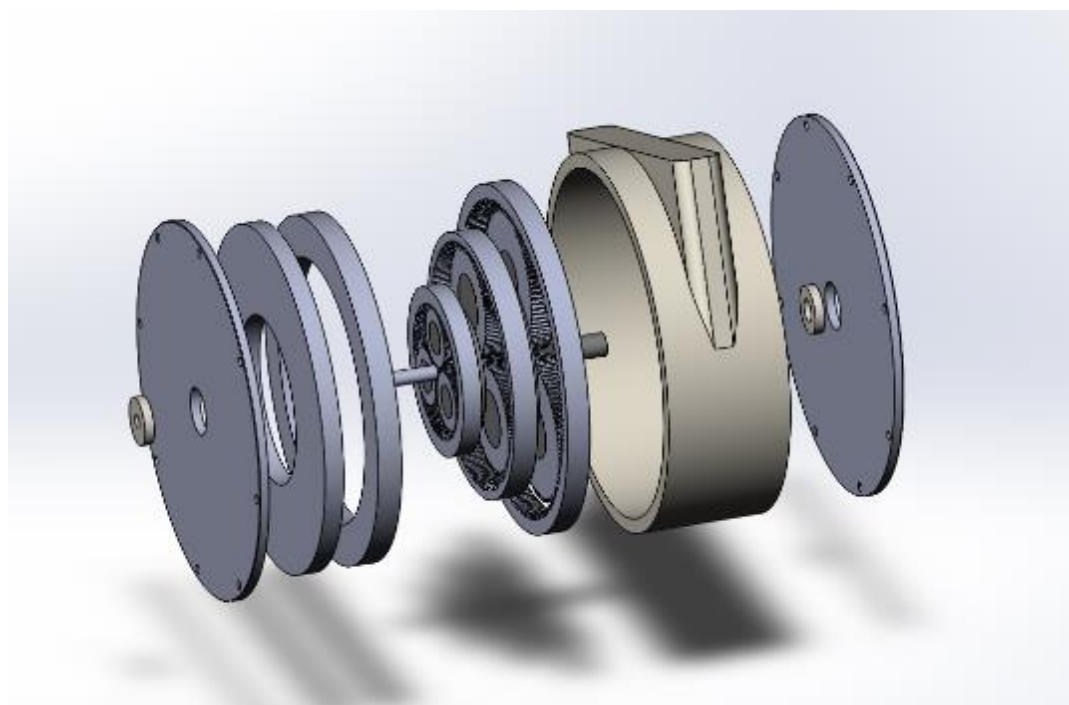


Рис.25 – Сборка редуктора

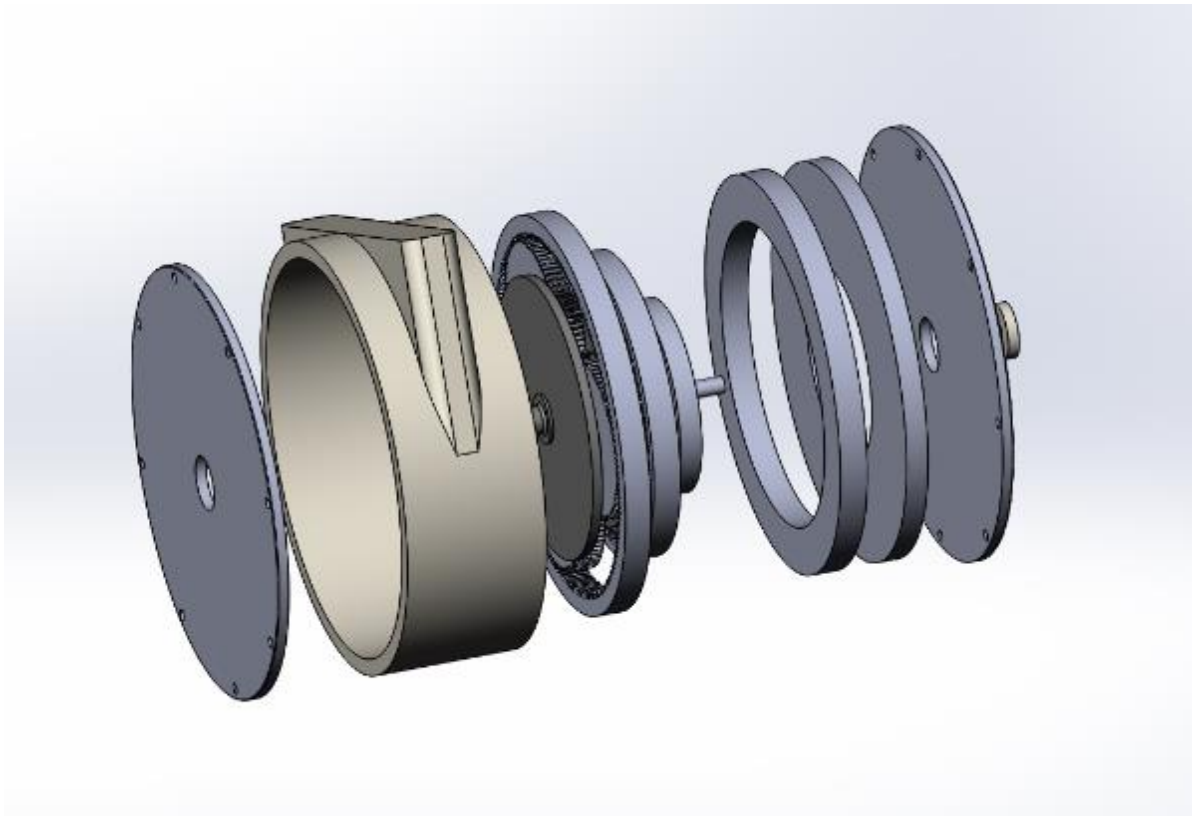


Рис.26 – Сборка редуктора

В сборе и закреплении всех ступеней редуктор имеет размеры 72 мм в диаметре и 32 мм в ширине

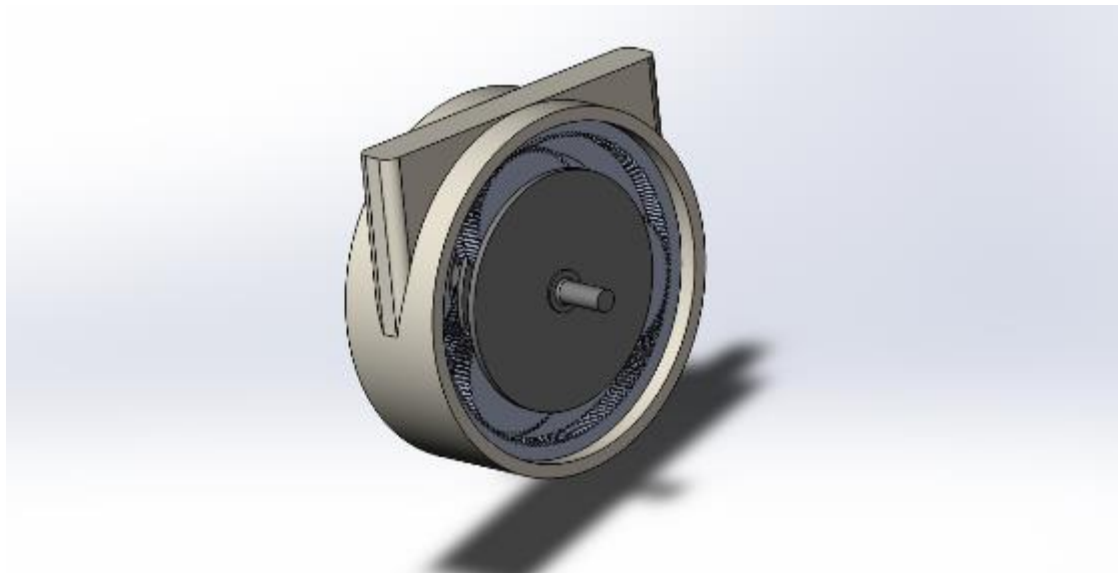


Рис. 27 – Редуктор без задней крышки

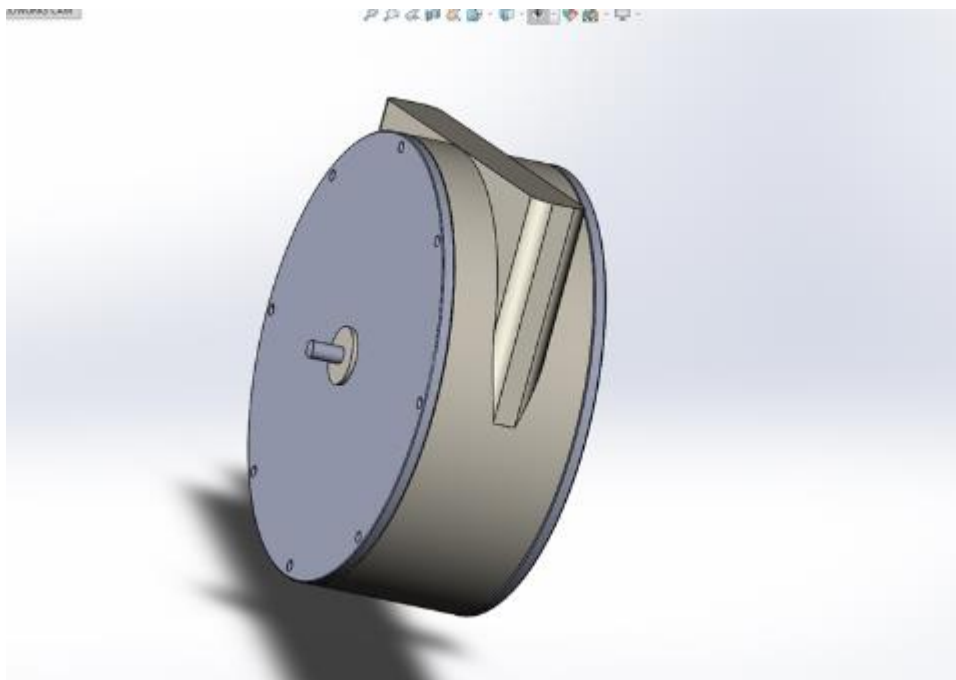


Рис. 38 – Редуктор в сборе

На боковом разрезе редуктора можно четко отследить все ступени передачи крутящего момента, оси шестерней и сами шестерни.

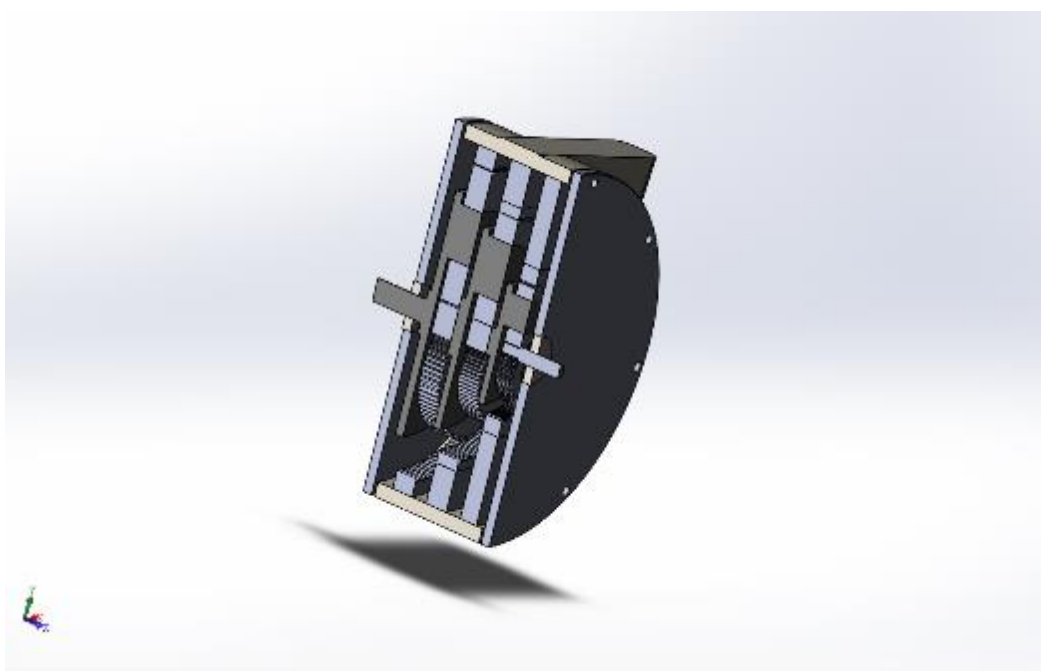


Рис. 29 – Редуктор в боковом разрезе

Таким образом, у нас получился цельный и законченный механизм – трехступенчатый планетарный редуктор с необходимыми габаритами и передаточным числом.

Разработка кронштейна для закрепления привода

Как мы определили ранее, приводы устанавливаются на втулках коленного и голеностопного суставов, а также на вал крепления синхронизатора.

Кронштейн — опорная деталь или конструкция, служащая для крепления на вертикальной плоскости выступающих или выдвинутых в горизонтальном направлении частей. Плоскостью послужит профильная труба, которая лежит в основании татора ноги, и опорная площадка синхронизатора.

Кронштейн имеет габариты равные участкам, на которые он закрепляется. Замком является обычный болт с ручкой-винтом, облегчающей затяжку и растяжку. Также нужно учесть возможность быстрого и легкого съема и установки привода.

Редуктор и электродвигатель крепятся винтами к площадке кронштейна. Габариты заданы в соответствии с размерами редуктора и электродвигателя

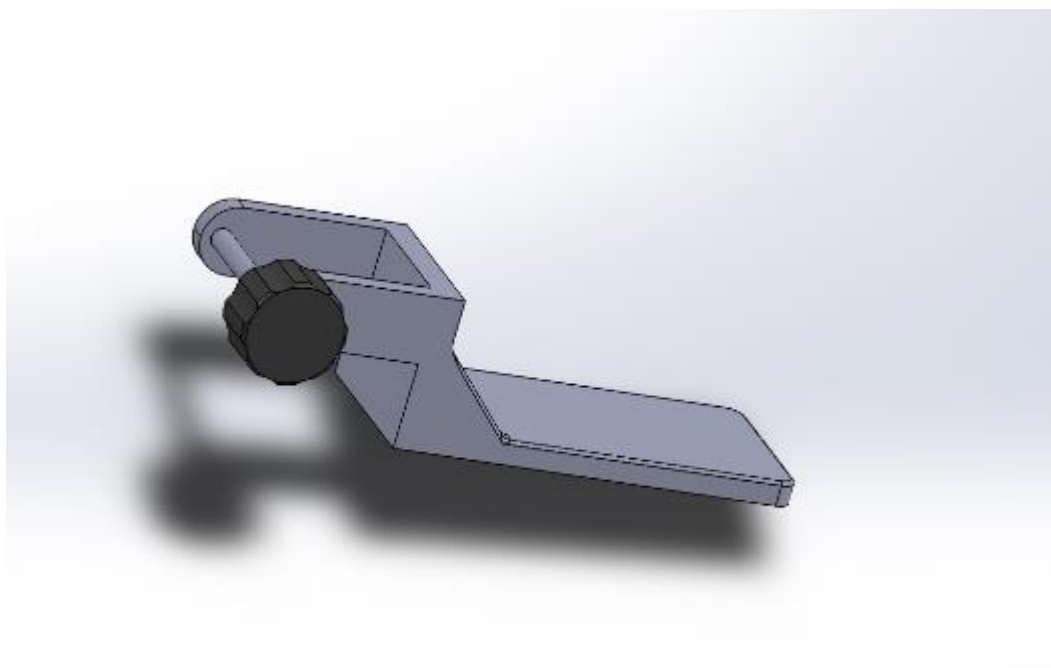


Рис.30 – Кронштейн коленного сустава

Рассмотрим модель технического средства реабилитации клиники «Техномед» (рисунки). Нашей первоначальной задачей была автоматизации выполнения упражнений на данном ТСР, а именно имитация шага, сгиба и разведения ног.

Для приведения в движение необходимо установить привод с помощью разработанного кронштейна на вал стабилизатора и на втулки коленного и голеностопного механизма.

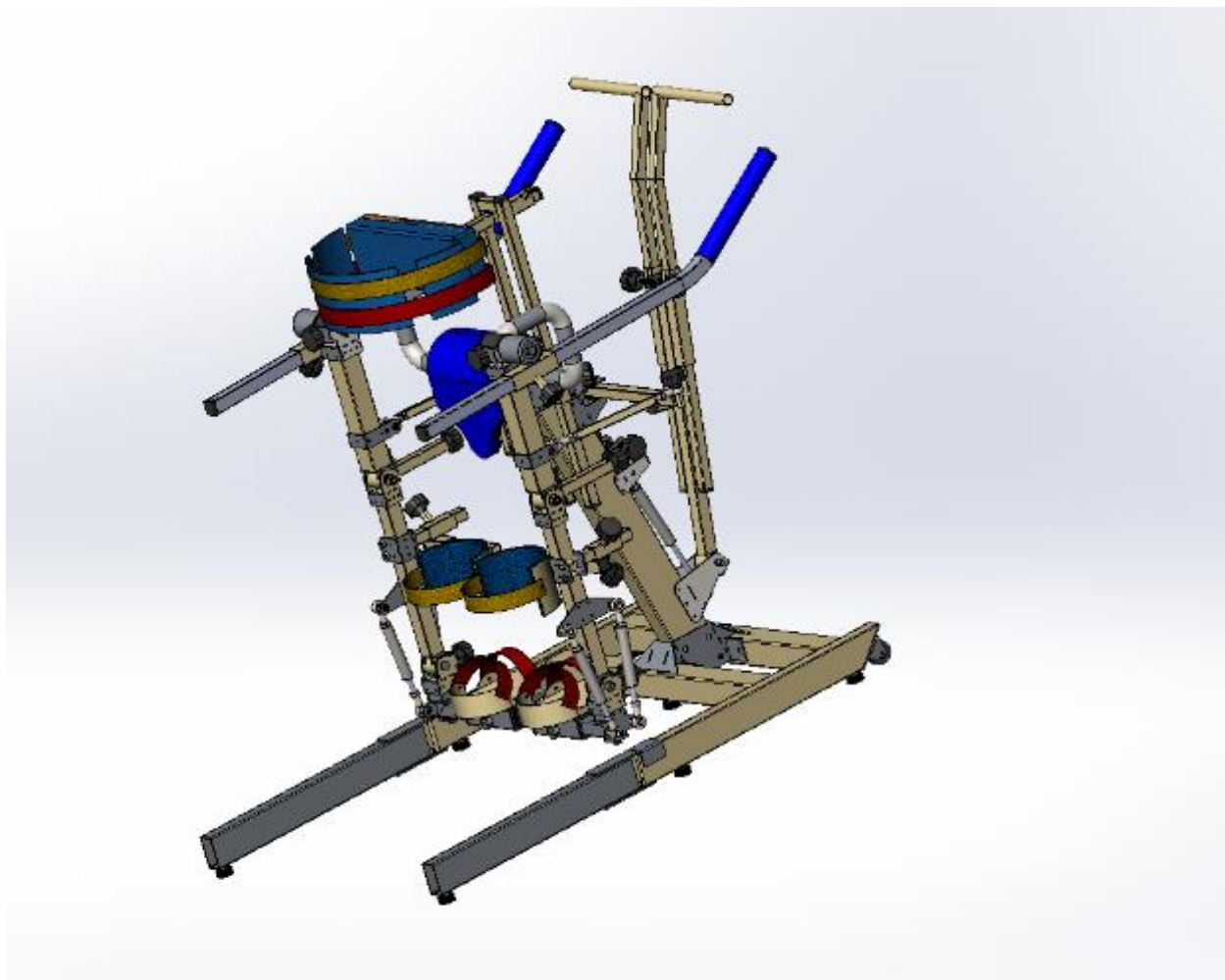


Рис. 31– Техническое средство реабилитации

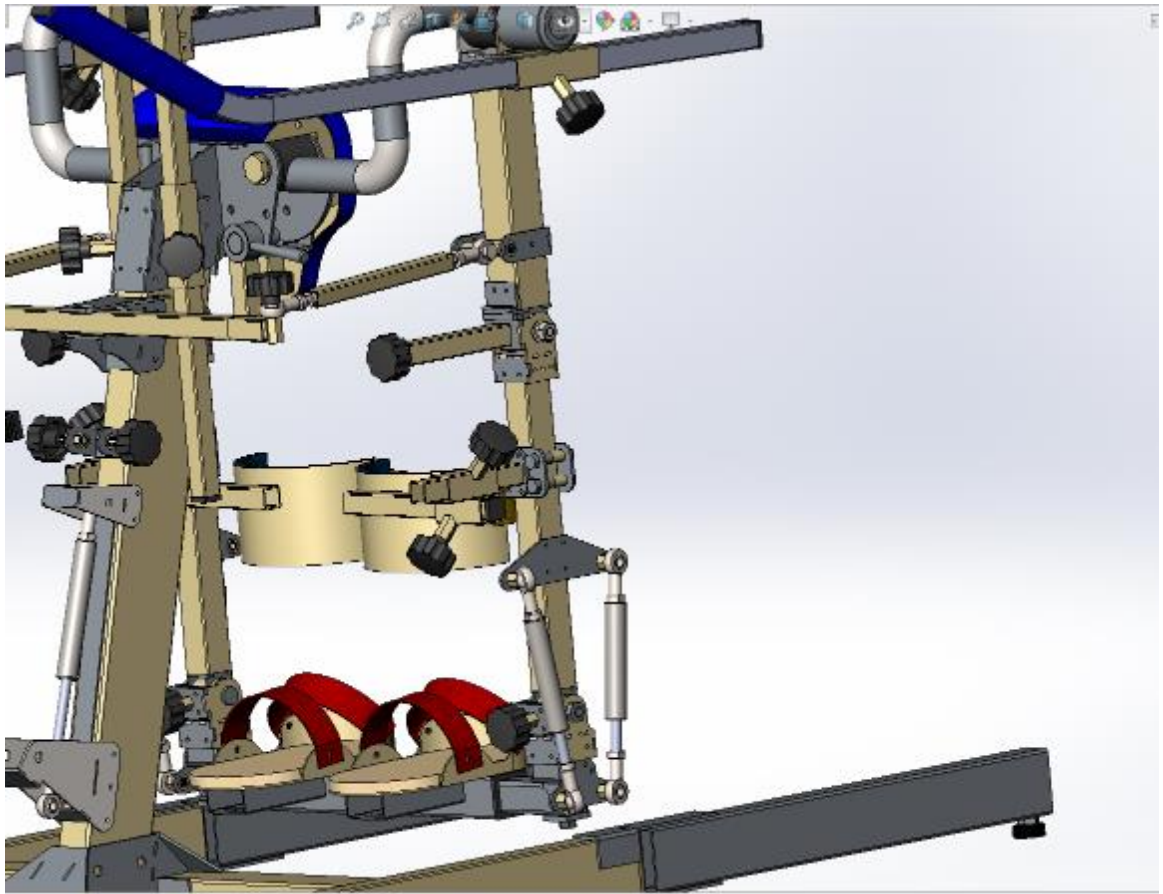


Рис.32 – ТUTOR ноги

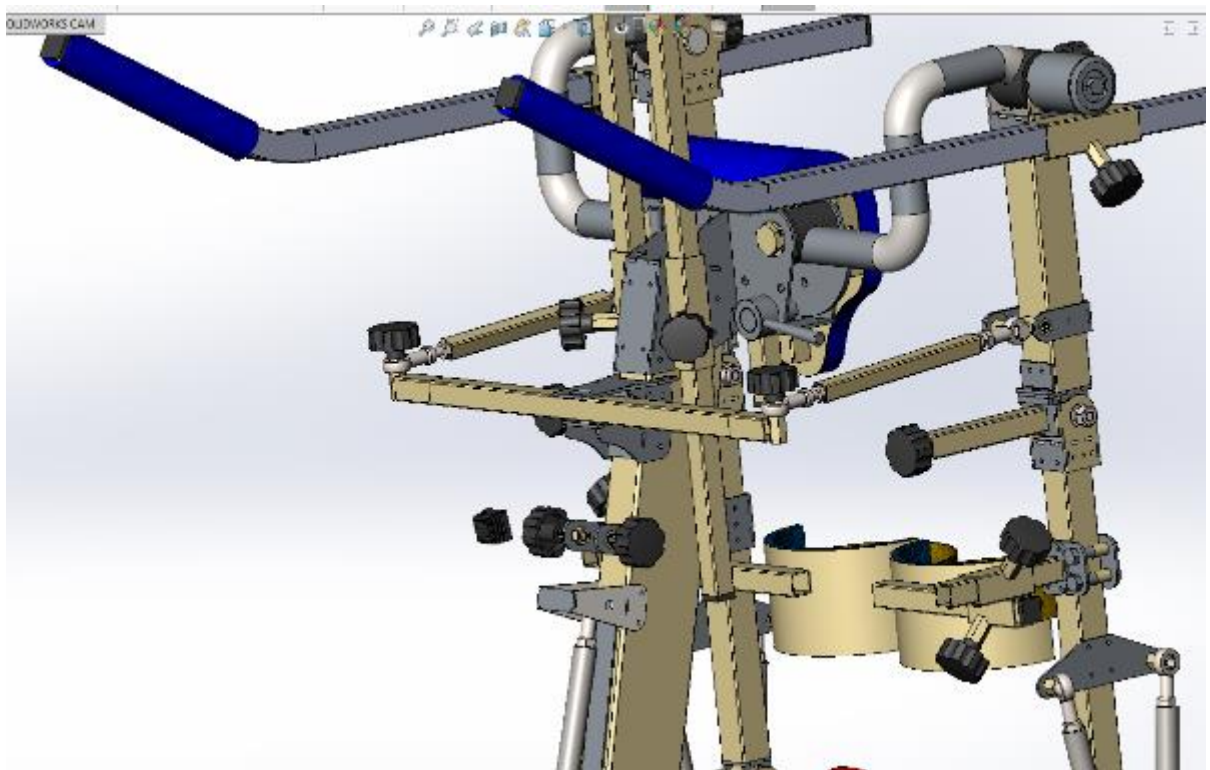


Рис.33 – Площадка стабилизатора

Стабилизатор и его площадка были усилены (рисунок), вал увеличился и для передачи вращения увенчался шестигранной головкой, под которую специально

была разработана соединительная муфта (рисунок 36), которая в свою очередь закрепляется на выходном валу редуктора [19].

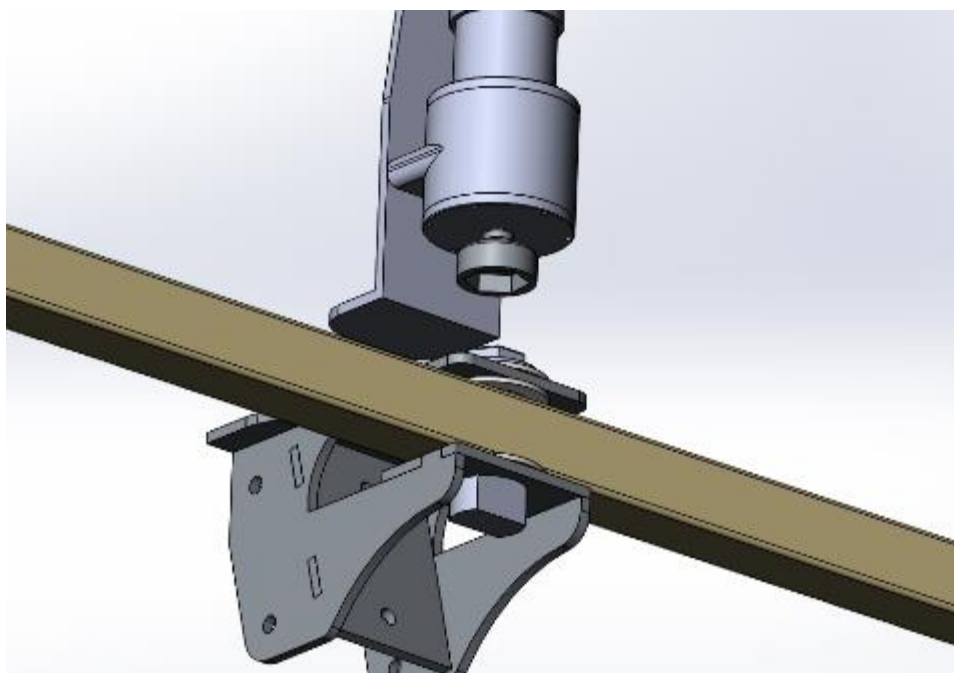


Рис.34 – Площадка стабилизатора и привод на кронштейне, вид снизу

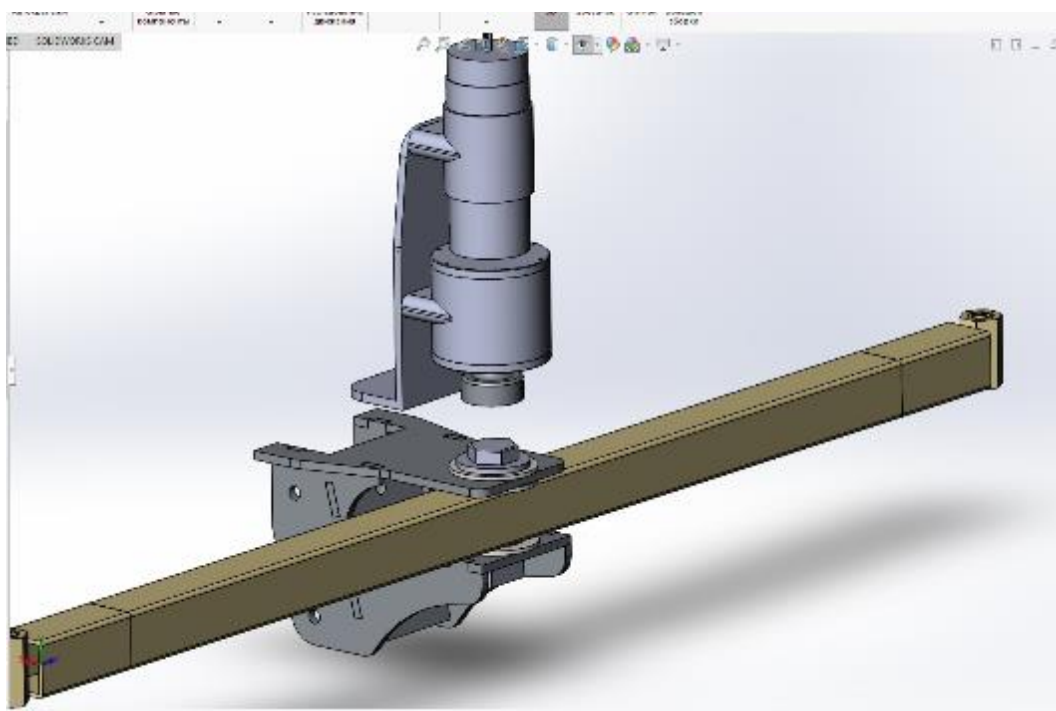


Рис.35 – Площадка стабилизатора и привод на кронштейне, вид сверху



Рис.36 – Соединительная муфта

Таким же способом передается вращение на «суставы ноги». Только шестигранной головкой служит гайка, которая прикручивается к щеке вилки закрепления винтами и имеет резьбу для вала.

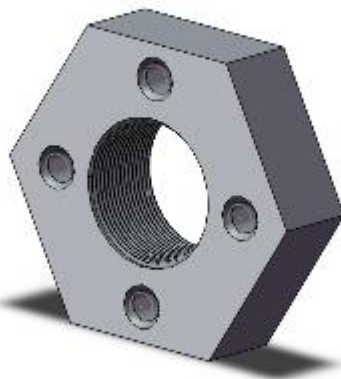


Рис. 37– Гайка для соединения «шип-паз»

Закрепим редуктор с ЭД на кронштейны, кронштейны имеют разные размеры вилки закрепления, так как профильные трубы, служащие рамой татора ноги, различаются. (40x40 и 30x30).

Винт с ручкой для затяжки и шестигранный механизм передачи вращения «шип-паз» позволяют быстро и без особой сложности снять и закрепить привод в зависимости от задачи.

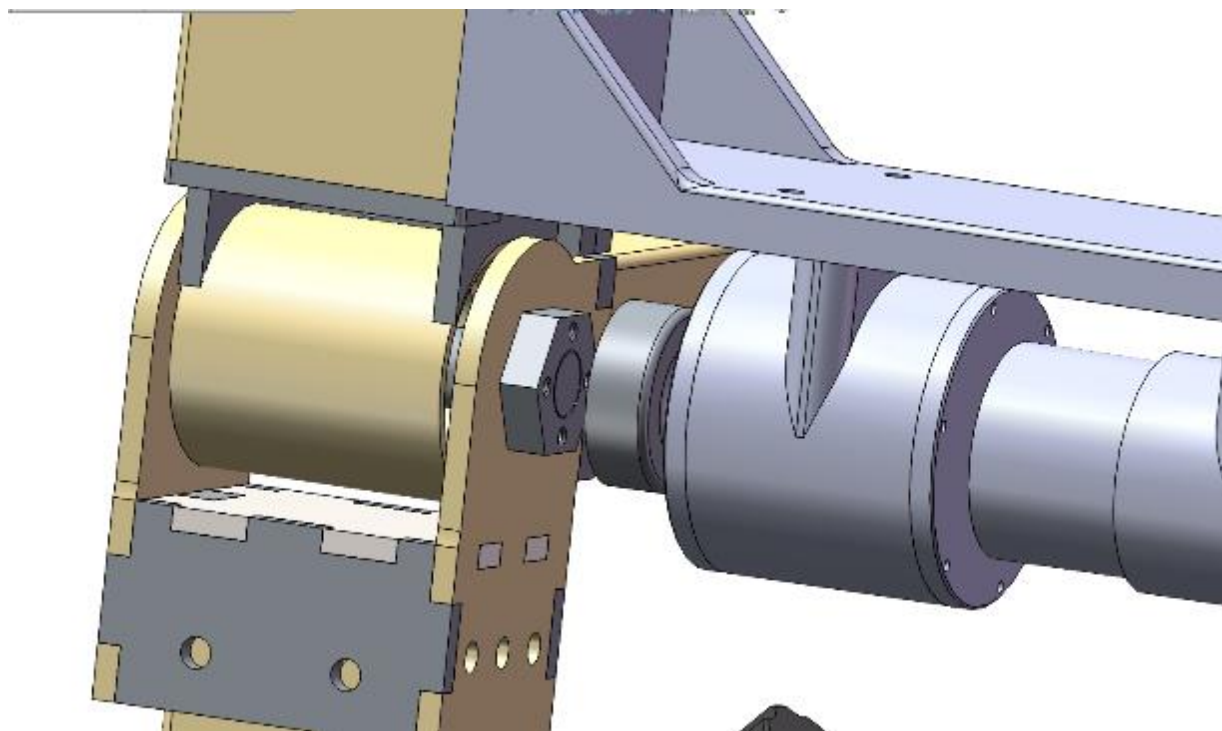


Рис.38 – Привод на коленном суставе

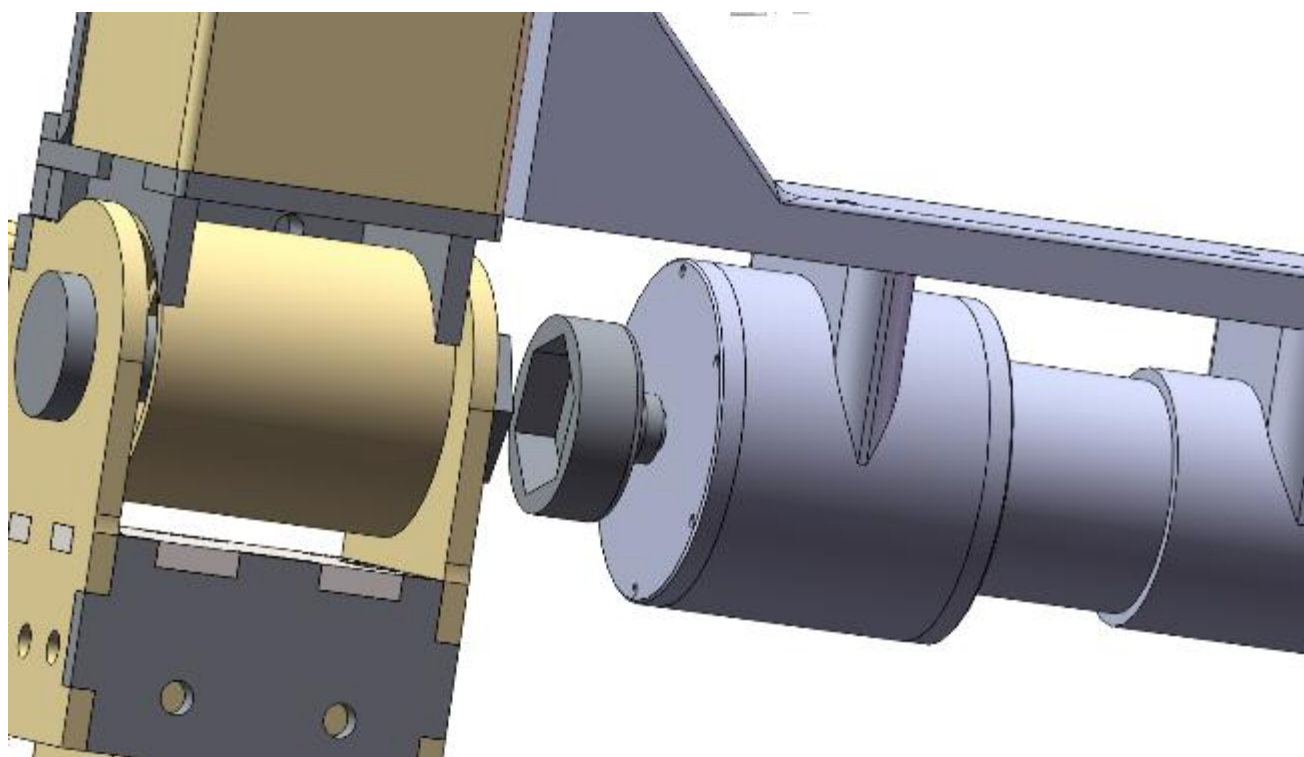


Рис.39 – Привод на коленном суставе

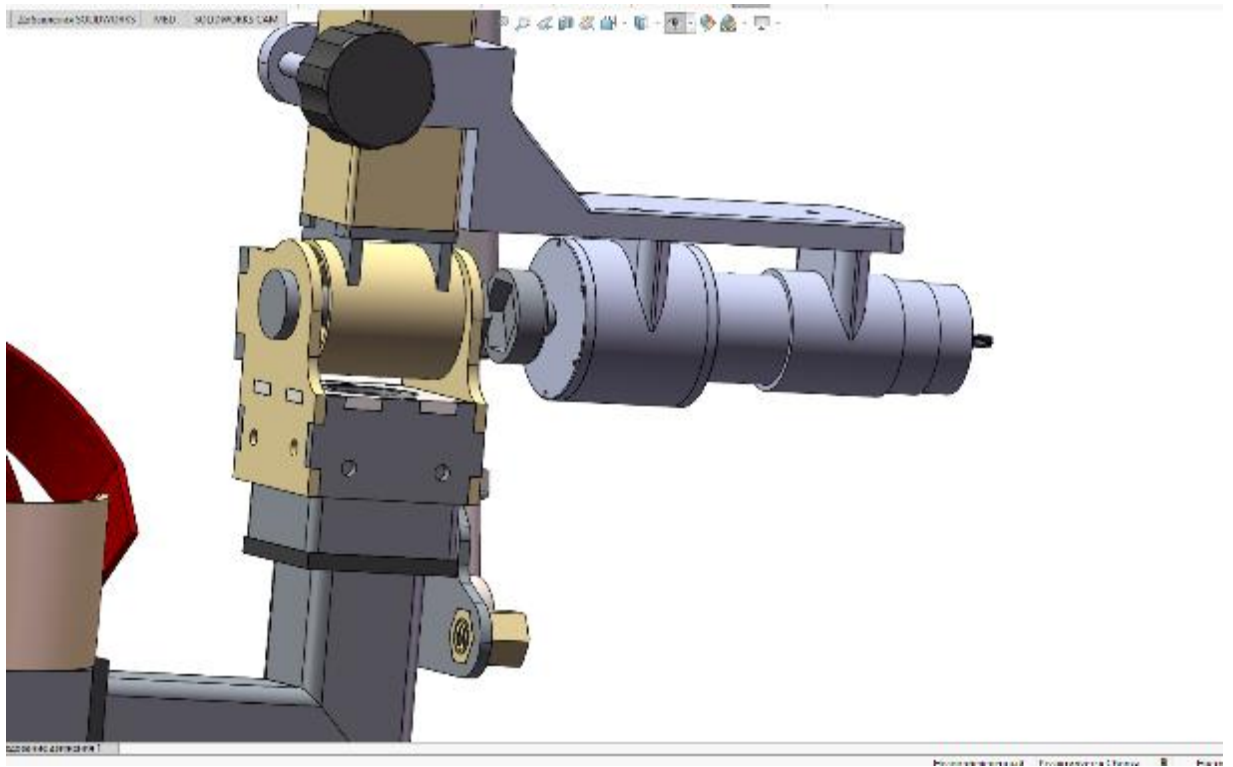


Рис.40 – Привод на голеностопном суставе



Рис.41 – ТUTOR ноги с приводами

В итоге, разработанный редуктор закреплен на техническом средстве реабилитации.

Контроллер, источник питания, и энкодер

Контроллер — устройство или группа устройств, служащих для управления электрическими машинами, обычно такими, как электродвигатели или электрогенераторы. В состав контроллера обычно входят цепи управления пуском/остановкой двигателя, переключением направления движения, а также схемы аварийной остановки, защиты от перегрузок по току, коротких замыканий.

Для предотвращения ЧП помимо энкодера и контроллера используются ограничители установленные на точках вращения. В коленном суставе это брусочки, блокирующие разгиб в колена в противоположном направлении. На голеностопе это два газовых упора, не позволяющих развивать слишком большой угол движения. Синхронизатор ограничивают боковые щеки площадки, которые позволяют разводить ноги только в 30° градусов.

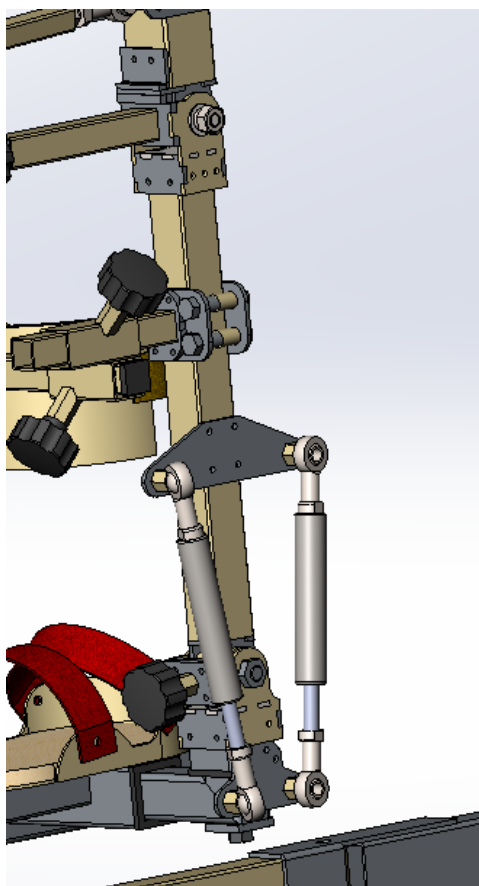


Рис. 42– Ограничители на тугоре ноги

Для контроллера будет необходим алгоритм, разработанный в соответствии с медицинской программой



Рис.43 – Блок управления коллекторным двигателем постоянного тока
BMD-20DIN

Отдельные модели контроллеров имеют возможность стабилизации частоты вращения по установленному на двигатель энкодеру. Модификация выбранного электродвигателя имеет выходные валы на обеих сторонах. На противоположную от редуктора сторону есть возможность закрепить энкодер.



Рис.44 – Датчик угла поворота

Энкодер (от англ. encoder — кодирующее устройство) — измерительный преобразователь, предназначенный для преобразования угла поворота вращающегося объекта (например, вала) в цифровые или аналоговые сигналы,

позволяющие определить угол его поворота. Его наличие будет необходимо для программирования контроллера

В качестве источника питания будет выступать аккумуляторная батарея с номинальным напряжением 12 В. Также необходимо рассмотреть возможность наличия зарядного устройства для АКБ. Прокладка проводов питания должна выполняться со всеми требованиями безопасности, наличие гофры, хомутов для закрепления, заземляющих частей.



Рис.45 – Литий-ионный аккумулятор

Вывод

Поставленная задача – разработка привода была успешно реализована. Был произведен расчет и анализ ступеней планетарного редуктора в ПО KISSsoft. Далее в среде SolidWorks редуктор был собран, разработан кронштейн и механизм передачи вращения с помощью соединительной муфты. Запроектированный привод закреплен на ТСП. Рассмотрены необходимые составляющие для непрерывной и безошибочной работы привода.

3 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Технические средства реабилитации граждан с нарушениями функций опорно-двигательного аппарата представлены на отечественном рынке в небольшом количестве, однако автоматизированные средства можно найти только за рубежом. Поэтому при изготовлении необходимо помимо конструкторских особенностей учесть еще и конкурентоспособность изделия. Важно удерживать наиболее демократичную стоимость изготовления на фоне иностранных аналогов.

Целью данного раздела является рассмотрение конкурентоспособности новой разработки – автоматизированного параподиума.

Достижение цели обеспечивается решением задач, таких как:

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

3.1 Инициация проекта

Цели и результат проекта

В качестве максимальной стоимости исполнения научно-исследовательского проекта принимается минимальный размер гранта на лучшие проекты фундаментальных научных исследований, выполняемые молодыми учеными - кандидатами наук в научных организациях РФ, так как аналогичные научные исследования ранее не проводились.

Таким образом, эскалация важности научных грантов вызвана с их экономическим значением, поскольку в первую очередь они служат специальным механизмом финансирования исследований, который играет жизненно важную роль для научных сообществ. Задача грантовой поддержки научных исследований

была сформулирована в Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года. Помимо этого, федеральный закон «О науке и государственной научно-технической политике» закрепил цель государственной научно-технической политики, а именно: «развитие, рациональное размещение и эффективное использование научно-технического потенциала, увеличение вклада науки и техники в развитие экономики государства, реализации важнейших социальных задач, преобразование материального производства и интеграция науки и образования».

Таблица 1 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Томский политехнический университет	Разработка автоматизированных ТСП
Заказчик работы: ООО «ТехноМед»	Качество, цена и работоспособность

Таблица 2 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Целью выпускной квалификационной работы является разработка и исследование технического средства реабилитации с приводами для людей с ограниченными функциями.
Ожидаемые результаты проекта:	Создание и проектирование приводов для автоматизирования ортезных систем для реабилитации пациентов.
Критерии приемки результата проекта:	Необходимое передаточное число редуктора, способное передать нужный крутящий момент.
Требования к результату проекта:	Привод для автоматизации ТСП
	Изделие должно быть ремонтпригодным в течение всего срока службы изделия

	Виды и периодичность технического обслуживания изделия должны осуществляться в соответствии с требованиями, указанными в эксплуатационной документации
	Изделие может транспортироваться любым видом транспорта. Независимо от вида используемого транспорта, изделие не должно быть повреждено
	Изделие должно быть безопасным при использовании по назначению
	Маркировка изделия и его составных частей должна быть устойчивой в течение всего срока службы изделия, и не должна смываться жидкостями, используемыми при эксплуатации изделия

Организационная структура проекта

Таблица 3 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудовые затраты, час.
1	Шибанов В.А., ТПУ, магистрант	Исследователь	<ul style="list-style-type: none"> – Разработать методику исследования; – Анализ перспективности; – Формирование бюджета; 	113 дн.

			– Определение эффективности;	
2	Крауиньш Д.П., ТПУ, доцент	Руководитель	– составляет для студента индивидуальное задание и план выполнения ВКР с конкретизацией срока сдачи материала на проверку; – давать рекомендации по ходу и содержанию проекта; – проверка диплома на соответствие установленным требованиям; –	36 дн.
ИТОГО:				149 дн.

Ограничения и допущения проекта

Таблица 4 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/допущения
1.1.1. Бюджет проекта	1000000 руб.
1.1.1.1. Источник финансирования	Государственный бюджет
1.1.2. Сроки проекта	6 месяцев
1.1.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	24.02.21
1.1.2.2. Дата завершения проекта	16.06.21
1.1.3. Прочие ограничения и допущения*	Затраты по оплате труда – не более 600000 руб.

Диаграмма Исикава

В процессе производства любых изделий невозможно получить всю продукцию одинакового качества, т.е. параметры различных единиц изделий колеблются в определенных пределах. Это колебание вызывается комплексом случайных и систематических причин, которые действуют в процессе производства и определяют погрешности данного технологического процесса. Если колебание параметров находится в допустимых пределах (в пределах допуска), то продукция является годной, если же выходит за эти пределы – брак.

Качество изготавливаемой продукции определяется качеством исходных продуктов, степенью настроенности оборудования, соблюдением технологических режимов, условиями окружающей среды. Для того, чтобы своевременно выявлять брак и вызвавшие его причины, необходимо осуществлять систематический контроль параметров продукции, получать и обрабатывать данные о контролируемых параметрах.

В этом пункте рассмотрим проблему бездефектного изготовления деталей для привода ТСП, а именно изготовление планетарного редуктора.

Результат процесса зависит от многочисленных факторов, между которыми существуют отношения типа причина – результат. Проконтролировать все эти причинные факторы невозможно.

Диаграмма Исикавы позволяет выявить и сгруппировать условия и факторы, влияющие на данную проблему. С помощью схемы Исикавы можно решать широкий спектр конструкторских, технологических, технических, экономических, организационных, социальных и других проблем.



Рисунок 1 – Причинно-следственная диаграмма

Перед нами стоит проблема – бездефектное, качественное производство редукторов и сопутствующих механизмов для установки на ТСР. Используя диаграмму «причины – результаты», мы можем проанализировать нашу проблему, выявить и сгруппировать условия и факторы, влияющие на неупорядоченность системы управления качеством.

Из анализа диаграммы мы можем увидеть, что к браку готовой продукции могут привести четыре основных фактора: оборудование, работа исполнителя, технология, материалы, условия труда.

С помощью диаграммы Исикавы были выявлены факторы, которые влияют на качество деталей шнекового дозатора на всех стадиях технологического процесса. То есть, получена информация, необходимая специалисту для принятия управляющих решений. В заключение можно сделать вывод, что диаграмма Исикавы является очень эффективным средством для выявления факторов и причин, влияющих на проблему, что является наиболее важным для управления качеством продукции

3.2 Оценка коммерческого и инновационного потенциала проведения научных исследований

Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальные потребители – это люди или предприятия, которые могут быть заинтересованы в нашей продукции и кому она может быть предназначена.

Для выявления этих самых потенциальных потребителей нужно рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Определим, что такое целевой рынок. Целевой рынок — это совокупность потенциальных клиентов, которые могут быть заинтересованы в продуктах или услугах вашей компании. 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.

Для того чтобы построить карту сегментирования, важно определить следующие критерии потребителей: пол, возраст, образование, национальность, профессия, социальный статус и так далее. Критерии сегментирования используются индивидуально для каждого конкретного случая

Технические средства реабилитации широко используются в медицинских центрах, которые дают возможность эффективного восстановления людям с заболеваниями. Данная разработка, а именно автоматизированные параподиумы, предназначены как раз для таких центров реабилитации

Исследование будет проведено в актуальной для нас сфере – медицинской.

Таблица 5. Сегментация.

		Тип технического средства реабилитации		
		ТСР без автоматизации	ТСР с автоматизацией	Прочие ТСР
Пользователи	Медицинские учреждения			
	Реабилитационные центры			
	Индивидуальное использование			

По итогам исследования и на основе данных таблицы 5 напрашивается вывод, что ТСР используются в основном в реабилитационных центрах. Следовательно, на данные центры следует и направить основное внимание.

Анализ конкурентных технических решений

На рынке существует некоторое количество производителей реабилитационных параподиумов с рядом различий. Подробный анализ недостатков и преимуществ проводится систематически и помогает вносить поправки в научно-исследовательскую работу.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты. Рассмотрим две зарубежные компании MDH Sp.z, Akces-Med (обе Польша) и разработку томского реабилитационного центра ООО «ТехноМед». В нашей работе для автоматизации было использовано именно томское ТСР, которое успешно помогает пациентам медицинского учреждения. Для анализа составим таблицу 6.

Таблица 6. Преимущества и недостатки рассмотренных зарубежных аналогов и нашей разработки.

Компании	Преимущества	Недостатки
MDH Sp.z	1. Надежность; 2. Технологичность; 3. Многофункциональность; 4. Наличие доп. устройств (ручки, столешница).	1. Разработана за границей; 2. Высокая стоимость; 3. Отсутствие приводов. 4. Платная доставка.
Akces-Med	1. Технологичность; 2. Надежность; 3. Многофункциональность 4. Универсальность; 5. Наличие доп. устройств (ручки, столешница).	1. Разработана за границей; 2. Высокая стоимость; 3. Платная доставка 4. Отсутствие приводов

ТехноМед	<ol style="list-style-type: none"> 1. Долговечность; 2. Ремонтопригодность 3. Технологичность; 4. Многофункциональность; 5. Наличие приводов 6. Низкая стоимость; 7. Доставка по России. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отсутствие доп. устройств (ручки, столешница). 2. Дизайн
----------	---	--

Итоги анализа. Основной плюс отечественных фирм – это конечно более низкая ценовая политика. Недостатки и преимущества есть у каждой фирмы.

Но ни один из аналогов не имеет приводов для передачи крутящего момента, что делает наше средство конкурентоспособным.

Проведем анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения с помощью оценочной карты, которая приведена в таблице 7.

Таблица 7. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1		3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Надежность	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
2. Технологичность	0,08	4	4	4	0,32	0,32	0,32
3. Ремонтопригодность	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
4. Многофункциональность	0,12	4	5	5	0,48	0,6	0,6
5. Удобство	0,1	4	5	4	0,4	0,5	0,4
6. Безопасность	0,07	4	4	4	0,28	0,28	0,28
7. Дизайн	0,03	3	5	4	0,09	0,15	0,12
8. Простота изготовления	0,03	5	4	3	0,15	0,12	0,09
9. Вес	0,01	5	5	4	0,05	0,05	0,04
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,05	5	4	4	0,25	0,2	0,2
2. Цена	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
3. Предполагаемый срок	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5

эксплуатации							
4. Послепродажное обслуживание	0,03	5	3	3	0,15	0,09	0,09
5. Финансирование научной разработки	0,04	4	4	4	0,16	0,16	0,16
6. Срок выхода на рынок	0,04	5	4	4	0,2	0,16	0,16
Итого	1				4,33	4,23	4,06

Экспертная оценка производится по техническим характеристикам и экономическим показателям по 5 бальной шкале, где 1 – наиболее низкая оценка, а 5 – наиболее высокая. Общий вес всех показателей в сумме должен составлять 1. Где: B_{ϕ} (K_{ϕ}) – баллы (конкурентоспособность) ТСП ТехноМед, B_{K1} (K_{K1}) и B_{K2} (K_{K2}) – баллы (конкурентоспособность) ТСП MDH Sp.z и Akces-Med.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i * B_i$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента; B_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, таких как дизайн и многофункциональность

SWOT-анализ

SWOT-анализ - один из самых распространенных методов, оценивающих в комплексе внутренние и внешние факторы, влияющие на развитие проекта. Это анализ сильных и слабых сторон разработки, а также возможностей и угроз со стороны внешней окружающей среды

Таблица 8. Матрица SWOT

Сильные стороны (С)	Слабые стороны (Сл)
<ol style="list-style-type: none"> 1. Низкая стоимость; 2. Многофункциональность; 3. Уникальность - наличие приводов; 4. Использование отечественных комплектующих; 5. Востребованность рынка; 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отсутствие опытного образца; 2. Отсутствие доп. устройств. 3. Необходимость проведения испытания нововведений проекта;
Возможности (В)	Угрозы (У)
<ol style="list-style-type: none"> 1. Рост спроса в виду уникальности установки; 2. Возможный приток дополнительного частного капитала; 3. Выход на международный рынок; 4. Переход на серийное производство; 5. Возможность внесения изменений в конструкции приводов 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отсутствие спроса на новые технологии; 2. Увеличение конкуренции 3. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции.

Второй этап – построение интерактивной матрицы НИОКР Он состоит в выявлении сильных и слабых сторон проекта внешним условиям окружающей среды.

Таблица 9. Соответствие сильных сторон возможностям

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

Таблица 10. Соответствие слабых сторон возможностям

Слабые стороны проекта				
Возможности НИОКР		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	0	-	-
	B2	+	+	+
	B3	-	0	0
	B4	-	0	0
	B5	-	+	0

Таблица 11. Соответствие сильных сторон угрозам

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

Таблица 12. Соответствие слабых сторон угрозам

Слабые стороны проекта				
Возможности		Сл1	Сл2	Сл3
НИОКР	У1	-	0	0
	У2	+	+	+
	У3	+	-	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: У3С2С3С4.

В случае анализа слабых сторон выявлены следующие корреляции слабых сторон проекта с возможностями: В2Сл1Сл2Сл3. Также выявлены следующие корреляции слабых сторон и угроз: У2Сл1Сл2Сл3.

Третий этап – составление итоговой матрицы SWOT-анализа

Таблица 13. 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 низ-стоимость продукта, что будет поддерживать востребованность на рынке.</p>	<p>В2Сл1Сл2Сл3</p> <p>Отрицательным фактором притока дополнительного капитала может являться отсутствие опытного образца и необходимость проведения испытаний. Все это может замедлить рост производства изделия.</p>

Угрозы	УЗС2С3С4 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.	У2Сл1Сл2Сл3 Увеличение конкуренции потребует большого количество опытных испытаний и наличия различных нововведений, изменения дизайна и функционала. Всё это может привести, фактически, к остановке производства.
--------	---	--

Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта.

3.3 Планирование процесса управления научно-технических исследовательских *Структура предполагаемых работ в рамках НИОКР*

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках НИОКРа;
- установление трудоемкости работ;
- построение графика проведения исследования

Таблица 14. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
1	2	3	4
Выбор темы исследований	1	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, исследователь
	2	Выбор алгоритма исследований	Руководитель
	3	Подбор и изучение литературы по теме	Исследователь
Разработка тех. задания	4	Составление и утверждение тех. задания	Руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Анализ аналогов	Руководитель, Исследователь
	6	Выполнение расчетов	Исследователь
	7	Исследование зубчатых передач	Исследователь
	8	Построение и анализ планетарных рядов	Исследователь
	9	Построение 3D модели редуктора	Исследователь
	10	Установка приводов на 3D модель ТСП	Исследователь
Обобщение и оценка	11	Оценка результатов исследования	Руководитель,

результатов			исследователь
	12	Технико-экономические расчеты	Исследователь
	13	Составление пояснительной записки	Исследователь
Оформление отчета	14	Заполнение отчета	Исследователь

Определение трудоемкости выполнения работ

Для выполнения перечисленных в таблице 14 работ требуются специалисты: студент в качестве инженера и научный руководитель.

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

$$t_{ожі} = \frac{3t_{min} + 2t_{max}}{5}$$

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 ($T_{рі}$), учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{рі} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}$$

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

В целях наглядности также построим диаграмму Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

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:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}$$

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 15.

Таблица 15. 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			
Календарное планирование работ по теме	5	7	5,8	Инженер, руководитель	3	4
Выбор алгоритма исследований	10	12	10,8	Инженер	11	16
Подбор и изучение литературы по теме	3	5	3,8	Инженер	4	6
Составление и утверждение тех. задания	5	10	7	Инженер	7	10

Анализ аналогов	5	10	7	Инженер	7	10
Выполнение расчетов	1	2	1,4	Инженер, руководитель	1	1
Исследование зубчатых передач	7	14	9,8	Инженер	10	15
Построение и анализ планетарных рядов	4	7	5,2	Инженер	5	8
Построение 3D модели редуктора	1	2	1,4	Инженер, руководитель	1	1
Установка приводов на 3D модель ТСП	6	10	7,6	Инженер	8	11
Оценка результатов исследования	4	6	4,8	Инженер	5	7
Технико-экономические расчеты	3	5	3,8	Инженер, руководитель	2	3
Составление пояснительной записки	15	20	17	Инженер	17	25
Заполнение отчета	2	4	2,8	Инженер	3	4
Итого					84	121

Наибольшая доля задач выпадает на работу инженера. После расчетов на основании данных таблицы строится диаграмма Ганта.

Таблица 16. График Ганта

Название работы	Время выполнения работ. д.													
	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	91	
Календарное планирование работ по теме														
Выбор алгоритма исследований														
Подбор и изучение литературы по теме														
Составление и утверждение тех. задания														
Анализ аналогов														
Выполнение расчетов														
Исследование зубчатых передач														
Построение и анализ планетарных рядов														
Построение 3D модели редуктора														
Установка приводов на 3D модель ТСП														
Оценка результатов исследования														
Технико-экономические расчеты														

В графике Ганта синяя линия обозначает инженера, зеленая – руководителя

Бюджет научного исследования

При планировании затрат на НИОКР практически невозможно точно оценить – сколько и какие именно материальные затраты будут необходимы для данной разработки. Список расходов, подлежащих расчёту, имеет следующий вид:

- материальные затраты НИ;
- затраты на оборудование;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

Расчет материальных затрат НИ

Материальные затраты - это затраты организации на приобретение сырья и материалов для создания готовой продукции. Специальным оборудованием для научной работы является ПК, включаем его стоимость в материальные затраты. Лицензионное ПО, используемое в данной работе, предоставлялось по студенческой (бесплатной лицензии). Для учета цены в смене затрат в будущем, необходимо запросить прайс-расценку у производителей и рассчитать амортизационные отчисления

Таблица 17. Затраты на оборудование

№	Наименование оборудования	Количество, шт.	Цены единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	ASUS TUF Gaming FX505DT-HN450T	1	62990	62990
Итого			62 990 руб.	

Расчёт амортизации производится на находящееся в использовании оборудование. Срок полезного использования данного ноутбука по паспорту составляет 3 года.

Рассчитаем норму амортизации для ноутбука, с учётом того, что срок полезного использования составляет 3 года:

$$H = \frac{1}{n} = 0,33 \quad 22$$

Общую сумму амортизационных отчислений находим следующим образом:

$$A = \frac{H * И}{12} * m = \frac{0,33 * 62990}{12} * 3 = 5169,6 \text{ руб} \quad 7$$

Основная заработная плата

Основная заработная плата (Зосн) сотрудника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} * TP;$$

Где, TP – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

Zдн – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = (Z_{м} * M) / F_{д}$$

где Zм – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 48 рабочих дня M=10,4 месяца, 6-дневная неделя;

Fд – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Месячный должностной оклад работника:

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

где Zб – базовый оклад, руб.;

kпр – премиальный коэффициент (30% от Zб);

kд – 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);

kр – 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 18. Расчет основной заработной платы

Исполнители	З _б , руб	З _м , руб	Т, раб.дн.	З,руб.
Руководитель	21 547,22	42 017,1	36	86103,3
Инженер	14 000	27 300	113	352560

Дополнительная заработная плата

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

$$З_{доп} = З * kд;$$

где – *kд* коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии выполнения НИ принимаем равным 0,15).

Отчисления во внебюджетные фонды – это коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2021 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

Результаты сведем в таблицу 19.

Таблица 19. Сумма отчислений во внебюджетные фонды

Исполнитель	Зосн, руб.	Здоп, руб.	Сумма отчислений
Руководитель	20 000	3 000	6 900
Инженер	107 300	16 095	37 018,5

Накладные расходы

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

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

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

На основании полученных данных определим бюджет затрат на научно-исследовательскую работу приведено в таблице 20.

Таблица 20. Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты на оборудование НИИ	62 990
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	438 663,3
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	127 300
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	19 095
5. Отчисления во внебюджетные фонды	43 918,5
6. Накладные расходы	38 726,48
7. Бюджет затрат ОКР	730 693

Проанализировав результаты таблицы 20 видно, что основной расход связан с заработной платой. Общие затраты составили 730 693 р., что менее заложенного бюджета в техническом задании финансового раздела

3.4 Определение финансовой эффективности и оценка научно-технического уровня исследования

Финансовая эффективность

Экономическая или финансовая эффективность – это показатель, который определяется путем соотношения экономического результата и затрат, породивших этот результат (эффект).

Общая формула расчета эффективности выглядит следующим образом:

$$\mathcal{E} = P / Z, \text{ где:}$$

P – результаты производства;

Z – затраты на получение данного результата.

Данную формулу практически применить в нашей работе довольно сложно, так как производство самого ТСП не запущено, разработан лишь проект приводов для автоматизации. То есть, мы не можем знать окончательные затраты на производство пароподъемов и соответственно не можем оценить результаты производства. Поэтому, результат оценки финансовой эффективности может быть только найден только после производства разработки.

Анализ и оценка научно-технического уровня исследования

Для оценки уровня исследования, необходимо рассчитать коэффициент НТУ. Он рассчитывается с помощью метода балльных оценок, в котором каждому признаку 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:

$$\text{НТУ} = \sum_{i=1}^n K_i * \Pi_i$$

где K_i – весовой коэффициент i признака;

Π_i – количественная оценка i признака.

Таблица 21. Весовые коэффициенты НТУ

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

Таблица 22. Шкала оценки новизны

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

Таблица 23. Значимость теоретических уровней

Характеристика значимости теоретических уровней	Баллы
Автоматизация ТСП	8
Надежность	8
Технологичность	6
Многофункциональность, наличие доп.устройств	2
Удобство в эксплуатации, дизайн.	0,5

Таблица 24. Возможность реализации по времени и масштабам

Время реализации	Баллы
В течение первых 3 лет	10
От 5 до 10 лет	4
Свыше 10 лет	2
Масштабы реализации	Баллы
Одно или несколько предприятий	4
Медицинская отрасль	4
Частное использование	6

$$k_1 = 0,4, \Pi_1 = 7$$

$$k_2 = 0,2, \Pi_2 = 8$$

$$k_3 = 0,4, \Pi_3 = 10$$

$$k_4 = 0,4, \Pi_4 = 4$$

$$НТУ = 0,4 \cdot 7 + 0,2 \cdot 8 + 0,4 \cdot 10 + 0,4 \cdot 4 = 9,4$$

Коэффициент научно-технического уровня равен 9,4, что говорит о высоком уровне исследования автоматизаций технических средств реабилитации.

3.5 Определение ресурсоэффективности научного исследования

Определение сравнительной эффективности исследования проводят для текущего проекта и для аналогов.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}$$

где I_{Φ}^p – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Для проекта «ТехноМед»:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{730693}{1000000} = 0,73$$

Для аналога 1 MDH Sp.z .

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{850600}{1000000} = 0,85$$

Для аналога 2 Akses-Me.

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{770890}{1000000} = 0,77$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности можно вычислить по формуле:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p$$

где I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения;

Таблица 25 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

	Весовой коэффициент параметров	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,2	5	3	3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	5	4	3
3. Экономичность производства	0,15	4	4	3
4. Надежность	0,1	5	3	4
5. Энергосбережение	0,25	4	3	4
6. Материалоемкость	0,1	4	3	3
7. Безопасность	0,1	4	4	4
Итого	1	4,65	3,75	3,45

$$I_{пр} = 0,2 * 5 + 0,1 * 5 + 0,15 * 4 + 0,1 * 5 + 0,25 * 4 + 0,1 * 4 + 0,1 * 4 = 4,4$$

$$I_{ан1} = 0,2 * 3 + 0,1 * 4 + 0,15 * 4 + 0,1 * 3 + 0,25 * 3 + 0,1 * 3 + 0,1 * 4 = 3,35$$

$$I_{ан2} = 0,2 * 3 + 0,1 * 3 + 0,15 * 3 + 0,1 * 4 + 0,25 * 4 + 0,1 * 3 + 0,1 * 4 = 3,45$$

Интегральный показатель эффективности разработки $I_{фин}^p$ и аналога $I_{фин}^a$

$$I_{фин}^p = \frac{I_m^p}{I_{ф}^p}, \quad I_{фин}^a = \frac{I_m^a}{I_{ф}^a}$$

Для текущего проекта:

$$I_{\text{фин}}^p = \frac{4.4}{0.73} = 6.02$$

Для аналога 1:

$$I_{\text{фин}}^a = \frac{3.35}{0.85} = 3.94$$

Для аналога 2:

$$I_{\text{фин}}^a = \frac{3.45}{0.77} = 4.48$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта.

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{фин}}^p}{I_{\text{фин}}^a}$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср Проект}} = \frac{6,02}{6,02} = 1$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср Аналога 1}} = \frac{3,94}{6,02} = 0,6$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср Аналога 2}} = \frac{4,48}{6,02} = 0,74$$

Таблица 26 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,73	0,85	0,77
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,4	3,35	3,45
3	Интегральный показатель эффективности	6,02	3,94	4,48
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,6	0,74

ВЫВОД

Результатом проведенной работы в данном разделе, является вывод об уникальности и обосновании научного исследования. Сравнительный анализ с конкурентами, SWOT-анализ (показывающий преимущества и недостатки), расчет бюджетной стоимости научного исследования (материальных затрат, суммы зарплат, затрат на оборудование) – все эти вопросы были рассмотрены и проанализированы.

Таким образом, можно утверждать о том, что автоматизация технических средств реабилитации пациентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата экономически выгодна.

4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

Целью раздела является изучение и анализ вредных и опасных факторов при создании и проектировании привода для ТСР, а также поиск средств защиты от данных факторов, создание оптимальных условий труда, результаты влияния на окружающую среду и профилактика ЧС в местах применения динамических параподиумов.

Рассмотрены вопросы производственной и экологической безопасности при работе с проектируемым оборудованием, а также вопросы безопасного использования оборудования. Технические средства реабилитации в основном используются в реабилитационных центрах и в частных руках. Пользователями являются врачи, персонал медицинских учреждений и простые граждане.

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 ТСР, будь то медицинский центр или частный дом, должны быть предусмотрены меры защиты от возможного воздействия опасных и вредных факторов при работе с объектом.

Производственная безопасность

Производственные условия подразумевают собой наличие вредных факторов, влияющих на здоровье и работоспособность человека. В нашем случае это – опасные производственные факторы, оказывающие влияние на здоровье медработника: физические травмы, ухудшение здоровья и т.д.

Медицинский персонал, работающий в системе здравоохранения, в санитарно-эпидемиологических учреждениях, центрах реабилитации граждан, все они входят в группу профессионального риска, так как подвергаются физическим, биологическим, психоэмоциональным и эргономическим факторам производственной среды.

Активное развитие технологий и появление комплексных приборов и систем реабилитации привело к усложнению работы. Для обеспечения работоспособности и безопасности труда на технических средствах требует четкого и ответственного соблюдения техники безопасности. Данные правила обеспечат продолжительный цикл работы прибора и защитят от чрезвычайных ситуаций

Все автоматизированные системы являются микропроцессорной техникой и для того чтобы использовать их на всю мощность работ, необходимо знать, как правильно эксплуатировать эти средства.

Персонал необходимо специально подготовить для работы с медицинским оборудованием, в частности, с автоматизированными параподиумами. Сложная медтехника требует от специалистов высокого уровня квалификации. Сотруднику необходимо обеспечить их безопасное применение. Неправильное использование оборудования может повредить его, а также создать опасную для человека ситуацию.

Так как источником питания является электрический ток, всегда существует вероятность поражения человека. Поэтому медицинский сотрудник должен следить за состоянием электроники на средствах реабилитации, проводить еженедельные осмотры состояния элементов. Устройства, требующие регулярное сервисное обслуживание, должны получать его в полной мере

Для ремонта или обновления оборудования проводятся плановые техосмотры. Приборы, отслужившие свой срок, списывают и приобретают новые. Соблюдение правил эксплуатации медицинского оборудования, его своевременное техобслуживание, гарантирует оказание услуг высокого качества и уровня безопасности.

4.1 Разбор выявленных вредных факторов при производстве и эксплуатации автоматизированных ТСР

4.1.1 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Недостаточное освещение влияет на функционирование зрительного аппарата, то есть определяет зрительную работоспособность, на психику человека, его эмоциональное состояние, вызывает усталость центральной нервной системы,

возникающей в результате прилагаемых усилий для опознания четких или сомнительных сигналов.

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 $E_n = 200 \text{ Лк}$. Для выдерживания этого параметра в норме лучше использовать светильники, в которых лампы работают от переменного тока частотой 400 Гц и выше.

Для оптимизации условий труда имеет большое значение освещение рабочих мест. Задачи организации освещенности рабочих мест следующие: обеспечение различаемости рассматриваемых предметов, уменьшение напряжения и утомляемости органов зрения. Производственное освещение должно быть равномерным и устойчивым, иметь правильное направление светового потока, исключать слепящее действие света и образование резких теней.

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

4.1.2 Расчёт необходимого освещения в рабочей комнате

Возьмем реабилитационное помещение с двумя параподиумами, со следующими габаритами: длина $A = 8 \text{ м}$, ширина $B = 6 \text{ м}$, высота $H = 4 \text{ м}$. Высота рабочей поверхности $h_p = 1,4 \text{ м}$ (примерная высота расположения пациента во время реабилитационных упражнений на ТСР). Необходимая освещенность $E = 200 \text{ Лк}$.

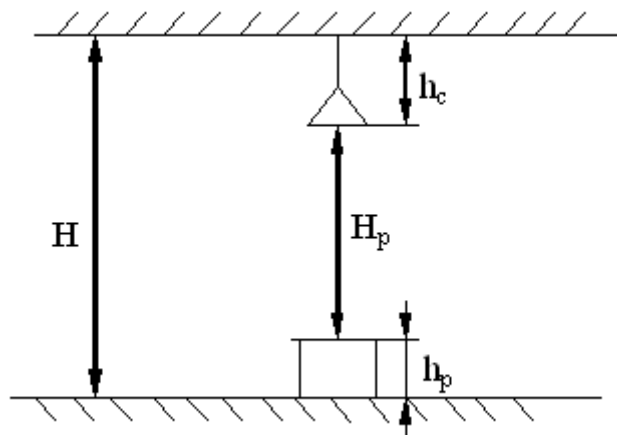


Рис. 1 - Размещение светильника по высоте помещения

где,

- H – высота помещения;
- H_p – высота подвеса светильника над освещаемой поверхностью;
- h_c – высота свеса светильника;
- h_p – высота рабочей поверхности

Коэффициент отражения стен и потолка примем равным $0 - 60\%$ как для светлых поверхностей стен.

Необходимый коэффициент запаса зависит от количества и характера пыли в воздухе, степени старения данного типа источников света, типа светильников, и периодичности очистки последних. Так как в нашем помещении запыленность незначительная, пары кислот и щелочей отсутствуют – $k = 1,5$

Коэффициент неравномерности освещения есть не что иное, как отношение средней освещённости к минимальной ($E_{ср}/E_{мин}$). Обычно значение коэффициента неравномерности принимается исходя из отношения расстояния между светильниками к высоте их подвеса над рабочей поверхностью (L/h_c). При условии, что отношение L/h_p находится в пределах рекомендуемых значений, коэффициент z может быть принят при люминесцентных лампах 1,1.

Рассчитаем систему общего люминесцентного освещения.

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

Приняв высоту свеса $h_c = 0,3$ м, получаем:

$$H_p = H - h_p - h_c = 4 - 0,3 - 1,4 = 3,3 \text{ м}$$

Расчет расстояния между светильниками:

$$L = \lambda * H_p = 1,2 * 3,3 = 3,96 \text{ м} \approx 4 \text{ м}$$

24

Таким образом исходя из результатов расчетов расстояния и габаритов помещения, светильники следует располагать в 2 ряда. На рисунке 3.3.2.2 в масштабе изображен план помещения и размещения на нем светильников. Учитывая, что в каждом светильнике установлено четыре лампы, общее число ламп в помещении $n = 16$.

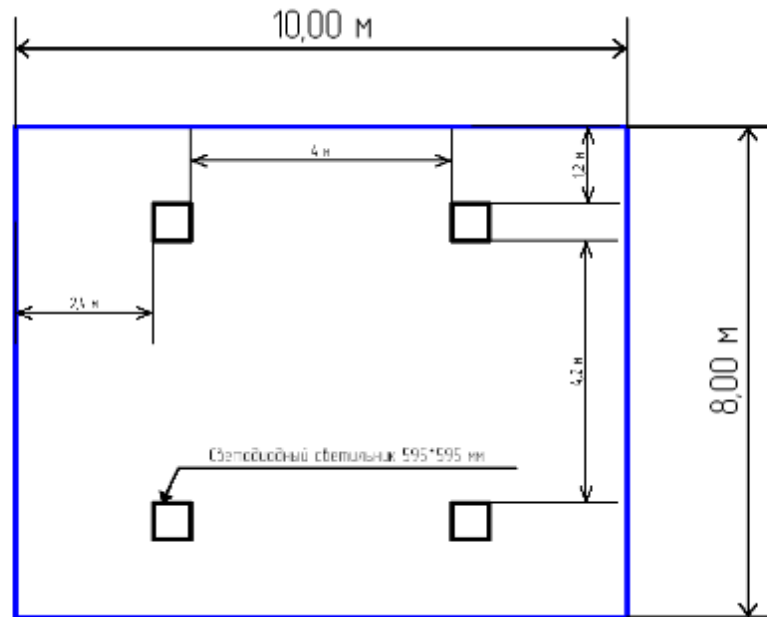


Рисунок 2 – Схема расположения светильников

Коэффициент использования светового потока показывает, какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность. Он зависит от индекса помещения i , типа светильника, высоты светильников над рабочей поверхностью H и коэффициентов отражения стен и потолка.

Находим индекс помещения:

$$i = S/H * (A + B) = \frac{80}{3,3 * (10 + 8)} = 1,35$$

25

Определяем коэффициент использования светового потока по справочной таблице:

$$\eta = 50\%$$

26

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

105

$$\Phi = \frac{E_H * S * K_3 * Z}{N * \eta}$$

где,

- E_H – нормируемая минимальная освещённость;
- S – площадь освещаемого помещения;
- K_3 – коэффициент запаса;
- Z – коэффициент неравномерности освещения;
- n – число светильников;
- η – коэффициент использования светового потока, %.

$$\Phi = \frac{200 * 80 * 1,5 * 1,1}{16 * 50} = 3300 \text{ Лм}$$

28

Определяем потребный световой поток ламп в каждом из рядов:

По найденным характеристикам выбираем ближайшую стандартную лампу – ЛТБ 34 Вт с потоком 3300 лм.

Определяем электрическую мощность одной осветительной установки

$$P = 4 * 34 = 136 \text{ Вт.}$$

По итогам расчётов был подобран потолочный светильник ДПО со степень защиты IP40. Приблизительная цена такого светильника около 1050 р.



Рисунок 3 – Светильник светодиодный ДПО 34Вт

4.1.3 Повышенный уровень шума

Согласно ГОСТ 12.1.003-2014, эквивалентный уровень звука в условиях помещения медицинского учреждения не должен превышать 40 дБ [23].

Для уменьшения влияния шума применяют следующие основные методы:

- уменьшение возмущения звуковых колебаний в источнике;

- изменение направленности излучения;
- рациональная планировка помещения;
- звукоизоляция;
- звукопоглощение.

Привод с электродвигателем и редуктором обладают достаточно малыми размерами и не создают шума, один из преимуществ работы планетарного редуктора — это почти полное отсутствие звуков. Нормы кратковременного шума в палате составляет: 55-60 дБ, это говорит о том, что разработанный привод в данном проекте отвечает нормам.

4.1.4 Отклонение показателей микроклимата

В соответствии с пунктом 4.3 Санитарных правил микроклимат производственного помещения измеряется при помощи заранее установленных показателей. К их числу относятся такие показатели, как:

- температура воздуха;
- температура поверхностей;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового облучения.

Пониженная влажность влияет на состояние слизистых оболочек дыхательных путей, затрудняется дыхание. Это оказывает негативное влияние на медицинских работников и на пациентов.

Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности в зоне покоя пациента должны составлять 24°C и 40-50% соответственно.

Разработанный привод не выделяет большого количества тепла, следовательно, никак не влияет на микроклимат в помещении.

4.1.5 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»

4.1.6 Охлаждение поверхности параподиума

Основным материалом выбранного в нашей работе параподиума является сталь. В холодный период времени, при нахождении ТСП вдалеке от источника тепла (батареи отопления, обогревателя) материал может охлаждаться и создавать дискомфорт при использовании.

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

В общем случае, ТСП всегда находятся в отапливаемых помещениях, однако, например, после длительной перевозки или простоя механизма, перед использованием следует дать некоторое время для набора комнатной температуры.

4.1.7 Электрический ток

Действие электрического тока на живую ткань носит разносторонний и своеобразный характер. Проходя через организм человека, электроток производит термическое, электролитическое, механическое и биологическое действия.

Термическое действие тока проявляется ожогами отдельных участков тела, нагревом до высокой температуры органов, расположенных на пути тока, вызывая в них различные функциональные расстройства.

Для предотвращения опасности воздействия электрического тока необходимо использовать шнуры питания с заземлением и гофрой, обеспечить недоступность токоведущих частей от случайных прикосновений, скрыть аккумуляторную батарею при возможности.

4.1.8 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.

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

Переноска и перевозка инструмента должны осуществляться безопасным способом. Конструкция подразумевает под собой модульную сборку деталей, при правильном положении частей при перевозке занимает не слишком большое место. Для переноски инструмента к месту работы необходимо иметь специальную сумку или ящик с несколькими отделениями.

Экологическая безопасность

В разделе экологической безопасности необходимо учесть негативно влияющие на экологию факторы, сопутствующие при производстве механизма и дальнейшей эксплуатации

Каркас ТСП и привод изготавливается из стали. Также присутствуют элементы из кожи и резины, такие как упор туловища, вставки в надколенники и поддержку голеностопа и ремни для закрепления пациента.

Сталь – популярный материал, что применяется в машиностроении, строительстве, сельском хозяйстве и других отраслях промышленности. Уникальные свойства металла позволяют перерабатывать его множество раз без ущерба прочности и надежности. Утилизация стали не требует серьезных затрат, но позволяет решить проблему нехватки металла и уменьшить добычу железной руды.

Процесс утилизации отходов из стали осуществляется с помощью переплавки для вторичного использования металла или посредством захоронения на специальных полигонах. Утилизация отходов других материалов, в общей части, аналогична.

Рассмотрим 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.

Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее распространенными источниками возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера являются пожары, которые происходят:

- на промышленных объектах;
- на объектах добычи, хранения и переработки легковоспламеняющихся, горючих и взрывчатых веществ;
- на транспорте;
- в шахтах, горных выработках, метрополитенах;
- в зданиях и сооружениях жилого, социально-бытового и культурного назначения.

Пожар – это вышедший из-под контроля процесс горения, уничтожающий материальные ценности и создающий угрозу жизни и здоровью людей. В России

каждые 4-5 минут вспыхивает пожар и ежегодно погибает от пожаров около 12 тысяч человек.

Основными причинами пожара являются: неисправности в электрических сетях, нарушение технологического режима и мер пожарной безопасности (курение, разведение открытого огня, применение неисправного оборудования и т.п.).

Основными опасными факторами пожара являются тепловое излучение, высокая температура, отравляющее действие дыма (продуктов сгорания: окиси углерода и др.) и снижение видимости при задымлении. Критическими значениями параметров для человека, при длительном воздействии указанных значений опасных факторов пожара, являются:

- температура – 70 С
- плотность теплового излучения – 1,26 кВт/м²;
- концентрация окиси углерода – 0,1% объема;
- видимость в зоне задымления – 6-12 м.

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. [30тычи]

Момент угрозы – возникновение пожара на соседних с медцентром объектах, когда есть высокая вероятность перехода огня на здание медцентра или, когда создается сильное задымление, несущее угрозу здоровью пациентов и персонала.

При угрозе возникновения пожара:

1. Сообщить в службу спасения по телефону 101;

2. Эвакуировать пациентов в безопасное место (с проверкой наличия и размещения пациентов, организацией передачи их родным под роспись)

3. Силами персонала организовать охрану медцентра и защиту здания от огня, используя при этом подручные средства пожаротушения (внутренний пожарный водопровод, огнетушители и т.д.)

4. Организовать наблюдение за развитием событий и в случае возникновения очагов возгорания в медцентре сообщить о возгорании по телефону 101 и пожарному караулу, ведущему тушению на горящем объекте.

Вывод

Таким образом в разделе социальной ответственности были проанализированы вредные и опасные факторы при эксплуатации автоматизированных средств реабилитации пациентов и при их производстве. Отмечено, что при работе с параподиумом и приводами нет негативного влияния на здоровье человека и состояние окружающей среды.

Изучены методы утилизации компонентов для их повторного использования и защиты окружающей среды. Рассмотрены возможные чрезвычайные ситуации на производстве и эксплуатации в реабилитационных центрах. Установлены действия при возникновении ЧС, конкретно таких как пожар в помещении.

Автоматизированное техническое средство реабилитации и приводы для передачи крутящего момента отвечают всем поставленным требованиям безопасности в задании и пригодны к использованию в частных руках, при восстановлении пациентов в домашних условиях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

- Проведен обзор аналогов технических средств реабилитации пациентов с нарушением опорно-двигательного аппарата
- Проанализированы виды редукторов и зубчатых передач.
- Разработан и проанализирован трехступенчатый планетарный редуктор с необходимым передаточным числом.
- Выполнен расчет требуемых затрат на НИОКР, выделены сильные и слабые стороны проекта, оценена конкурентоспособность разработанного продукта.
- Изучены вопросы технической безопасности при работе с параподиумами и работой медицинского персонала. Составлен список опасных и вредных факторов и принцип борьбы с ними.

Также был описан принцип работы с ортезной системой ШР-2 ООО «ТехноМед». После этого были определены места установки приводов, для автоматизации совершения реабилитационных упражнений. Разработан специальный кронштейн, позволяющий легко установить или же снять привод для самостоятельного занятия. Для передачи вращения используется соединительная муфта, в основе которой шестигранная форма «шипа» и «паза».

В ходе исследований планетарного редуктора были перебраны несколько вариаций с различными числами зубьев, модулями зацепления и межосевыми расстояниями. В результате был выбран и представлен в проекте наиболее удачный и подходящий вариант с необходимым крутящим моментом

В итоге, разработан привод для образца ТСР медицинской компании «ТехноМед», соответствующий техническому заданию. Привод имеет маленькие габариты, питание от сменного аккумулятора 12В, возможность быстро снятия или закрепления, что упрощает работу медицинского персонала или частного пользования. Конструкция приводов не является окончательной

разработкой и может подвергаться некоторому количеству технологических измерений

И в окончании, можно утверждать, что главный фактор для проведения научно-исследовательских работ в данной сфере – это облегчение и ускорение процесса восстановления и повседневной жизни людей с инвалидностью и другими ограничениями жизнедеятельности

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Журавлев, В.Н. Машиностроительные стали: Справочник / В.Н. Журавлев, О.И. Николаева. – Москва: Издательство «Машиностроение», 1992, - 480 с. Текст: непосредственный.
2. Планетарный редуктор [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://gearmotor.ru/planetary-gearhead.htm>, свободный. [дата обращения: 21.01.2021].
3. Анурьев, В.И. Справочник конструктора машиностроителя: в 3-х т.: Т. 2 / В.И. Анурьев. – Москва: Издательство «Машиностроение», 2001, - 912 с. Текст: непосредственный.
4. Параподиум динамический PD [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.medtehnо.ru/catalog/parapodiumy/parapod_dinam/, свободный. [дата обращения: 16.01.2021].
5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАНЕТАРНЫХ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/677/36677/files/dvgtu09.pdf>, свободный. [дата обращения: 16.01.2021].
6. ПЛАНЕТАРНЫЙ МОТОР-РЕДУКТОР МРП-32М. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://electroprivod.ru/gearmotor-mrp-32m.htm>, свободный. [дата обращения: 15.01.2021].
7. Штремель А.А. Проектирование оборудования для хранения и демонстрации учебных проектов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/28493>, свободный. [дата обращения: 16.01.2021].
8. Орлов, П.И. Основы конструирования: Справочно-методическое пособие / П.И. Орлов. – Москва: Издательство «Машиностроение», 1988, - 544 с. Текст: непосредственный.
9. Анурьев, В.И. Справочник конструктора машиностроителя: в 3-х т.: Т. 1 / В.И. Анурьев. – Москва: Издательство «Машиностроение», 2001, - 920 с. Текст: непосредственный.

10. ГОСТ 11284-75 Отверстия сквозные под крепежные детали. Размеры (с Изменением N 1). Технические условия (с Изменением N 1). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200020798>, свободный. [дата обращения: 22.01.2021].

11. ГОСТ 8530-90 (ИСО 2982-72, ИСО 2983-75, СТ СЭВ 3341-81, СТ СЭВ 3342-81) Подшипники качения. Гайки, шайбы и скобы для закрепительных и стяжных втулок. Технические условия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200012897>, свободный. [дата обращения: 27.01.2021].

12. Планетарный редуктор: устройство и виды [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://innodrive.ru/articles/planetarnyy-reduktor/>, свободный. [дата обращения: 20.02.2021].

13. БЕСКОЛЛЕКТОРНЫЕ ДВИГАТЕЛИ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://electroprivod.ru/brushless.htm>, свободный. [дата обращения: 26.02.2021].

14. Планетарный редуктор [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://gearmotor.ru/planetary-gearhead.htm>, свободный. [дата обращения: 26.02.2021].

15. KISSsoft.Проектирование передач [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.kisssoft.com/ru/>, свободный. [дата обращения: 30.02.2021].

16. С.А. Макушкин, В.Г.Певнев РАСЧЕТ МЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ ПРИВОДОВ [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.gubkin.ru/faculty/mechanical_engineering/chairs_and_departments/engineering_mechanics/dm/Methodichki/%D0%A7%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C%201.pdf, свободный. [дата обращения: 27.02.2021].

17. Сталь 45. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.allmetals.ru/document/33806-staly-45/>, свободный. [дата обращения: 25.02.2021].

18. Расчет и построение эвольвенты, сопряжение и анимация пары шестерен [Электронный ресурс]. Режим доступа:

http://solidworld.ru/kms_catalog+stat+cat_id-3+page-1+nums-86.html, свободный.
[дата обращения: 28.02.2021].

19. Тычинский А.В. Оптимизация параметров 5D-принтера с параллельной кинематикой при расположении управляющих приводов вдоль оси цилиндра [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/28148?locale=en>, свободный. [дата обращения: 02.03.2021].

20. Рындина Ю.С. Разработка и исследование возможностей кровати-трансформера для людей с ограниченными функциями [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/61051>, свободный. [дата обращения: 06.03.2021]

21. Вибрация в технике / под ред. В.Н. Челомея. – М.: Машиностроение, 1978. – Т. 6. – 456 с.

22. 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].

23. 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].

24. Техэксперт. ГОСТ 12.4.026-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. <http://docs.cntd.ru/document/1200136061>. [Дата обращения 04.04.2020].

25. 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].

26. 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].

27. 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].

28. 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].

29. 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].

30. Толмачев Г.А. Математическое моделирование возникновения и развития природных пожаров [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/61015>, свободный. [дата обращения: 16.03.2021]

31. Техэксперт. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. <http://docs.cntd.ru/document/901704046>. Дата обращения 04.04.2020.

32. 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.

33. 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.

34. 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].

35. 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. Креницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014 г.

36. KISSsoft - программный комплекс для расчета и анализа деталей машин [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.kisssoft.compmechlab.ru/>, свободный. [дата обращения: 02.03.2021]

37. Ортопедическое обеспечение как инструмент медицинской реабилитации пациентов с синдромом отвисающей стопы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44261532>, свободный. [дата обращения: 25.02.2021]

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

INFORMATION-ANALYTICAL REVIEW

Development and research of orthosis systems for rehabilitation patients with impaired musculoskeletal functions

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ91	Шибанов Василий Алексеевич		

Консультант школы отделения (НОЦ) ИШНПТ:

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

Консультант – лингвист отделения НОЦ школы ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Миронова В.Е.	к.ф.н.		

Analytical Section

The analytical section is devoted to the consideration of information on technical assistive devices for people with disabilities.

Significant peculiarities of physical and mental health of disabled people are studied.

We analyze orthosis systems, their functions and positions

Orthopedic apparatus

Orthosis - A technical means of rehabilitation used to change the structural and functional characteristics of the neuromuscular and skeletal systems and provide orthopedic correction, relief, fixation, activation of motor functions in accordance with medical grounds.

Supports of the lower extremities and body (orthosis system) are used to ensure verticalization and movement of disabled people.

The dynamic parapodium is designed for active rehabilitation and movement (independent walking) without the additional help for patients with spinal cord injuries (including the cervical spine), cerebral palsy, as well as various neurological disorders that cause complete or partial paralysis of the upper and lower extremities

The use of TCP in the rehabilitation process is critically important because movement (movement therapy, kinesitherapy) is a therapeutic tool that improves the quality of life of a person and significantly improves overall well-being.



Pic.1 Technical means of rehabilitation

Diseases is it used for:

- *Spinal cord injury*

Damage resulting from injury or disease of any part of the spinal cord or nerves of the spinal canal.

- *Stroke*

Acute violation of cerebral circulation leading to persistent focal brain damage.

- *Cerebral palsy*

It is one of the most difficult outcomes of perinatal damage to the nervous system.

- *Poliomyelitis*

A viral infection that predominantly affects the central nervous system.

- *Multiple sclerosis*

An autoimmune disease that affects the myelin sheath of nerve fibers in the brain and spinal cord.

- *Syringomyelia*

A chronic, progressive nervous system disorder in which cavities are formed in the spinal cord.

- *Encephalopathy*

Multifocal or diffuse vascular brain damage with slow progression.

- *Hemiparesis*

Disruption of the nervous system leading to muscle weakening or paralysis.

Features of patients with disabilities

A kind of people that can be called people with disabilities or a disabled ones.

A disabled person is a person with persistent impairment of body functions resulting from congenital or life-sustaining injuries, as well as defects leading to limitations in vitality and the need for social protection.



Pic. 2 – Disabled person

People with injuries and disabilities need treatment and rehabilitation. The concept of disabled people rehabilitation is understood as a system of medical, psychological, pedagogical and social measures aimed at restoring the viable functions of the body and social capabilities of a disabled person.

Disabled people have developing processes of mental and physical diseases.

The problem with mental health.

People with disabilities have such personal characteristics as resentment, hypochondriasis, a tendency to form obsessive ideas and thoughts, a high level of anxiety, a melancholy, depression.

To avoid these syndromes, it is recommended to increase the social activity of people with disabilities (communication, participation in social projects, and so on), as well as physical activity (gymnastics, swimming if possible), deepening the learning processes (mastering something new and useful).

Severe limitation of motive activity as a result of sitting or lying position causes the appearance of such interrelated diseases as:

- violation of the skin integrity;
- degenerative changes in the cardiovascular system;
- venous congestion, deep vein thrombus, pulmonary embolism;

- an increase in the risk of coronary artery disease, etc.;

An automated rehabilitation tool can help a person overcome all these factors, special medical programs will develop certain muscle groups, improve the patient's mobility and condition

At the moment a small number of devices for the rehabilitation of patients with cerebral palsy or damage to the musculoskeletal system are presented on the domestic market. They are not automated and require outside help. Foreign counterparts are too expensive.

Having solved the problem of automating exercises, developing and installing drives on the hinges of the hip, knee and ankle it is possible to make a significant change in the rehabilitation program. This is what all subsequent sections of the thesis will be devoted to.

EXAMPLES OF ANALOG

Let us consider several analogs of dynamic parapodiums. There are two foreign and one domestic producer of orthosis system. For the fairest assessment, we highlight the main features of rehabilitation means.

Important design features that the device must have are as follows:

- adjustable movable hinges for the area of the feet and hip joints;
- adjustments in height, width, depth;
- adjusting the position of the patient's center of gravity;
- adjusting the length of the step, the position of the feet;
- knee braces, chest support, hand supports that are adjustable in height, width and depth;
- 4 telescopic brackets for safety that are adjustable in width.

Dynamic parapodium PD-180



Pic. 3 – Dynamic parapodium PD-180

MDH Sp.z. from Poland developed this rehabilitation tool. It is supplied to Russia by the importer Medort Eurasia LLC.

The package includes:

1) A set of parts for a vest (or corset, which includes a belt and buckle for a seat belt, a buckle for a vest, a bracket in the chest area, side supports in the shoulder area (adjustable in height, width and depth), adjustable movable hinges in the hip joints with additional adjustment of the center of gravity, a set of soft pads for a vest with an imitation leather upholstery);

2) A set of parts for arm support (arm support that are adjustable in height, width and depth, hand holders);

3) A set of parts for side supports (side brackets, kneepads adjustable in height, width and depth, a set of soft pads for kneepads with imitation leather upholstery);

4) A set of base parts (stabilizing rod at the back with adjustable step length, runners with platforms (with adjustable feet and rubber pads), 4 telescopic brackets for safety, adjustable movable lower hinges in the foot area with additional adjustment of the center of gravity, a set of decorative artificial leather upholstery).

Additional equipment: a set of hand braces, back brace.

Important design features that the device must have:

- adjustable movable hinges in the area of the hip and feet joints;
- adjustments in height, width, depth;
- adjusting the position of the patient's center of gravity;
- adjusting the length of the step, the position of the feet;
- knee braces, chest support, hand supports adjustable in height, width and depth;
- 4 telescopic brackets for safety adjustable in width.

Dynamic parapodium PD-NEW



Pic. 4 – Dynamic parapodium PD-NEW

It is a renewed rehabilitation tool of MDH Sp.z. from Poland. There are no fundamentally big differences from the PD-180, but the design of the device provides the possibility of adjusting the stride length. The reclining device matches the TLSO and HKAFO orthoses. The wide adjustment range allows the device to be adapted to different patients. It is possible to adjust the height, width and center of gravity of the

device, the height of the vest, and adjust the hand grips.

The patient is protected at several key points:

- Leg platforms with seat belts,
- Arched knee clamps,
- Waist belt, open at the back, has a modern and hassle-free zipper,
- Stabilizing torso belt.

Multifunctional verticalizer PARAMOBIL Akces-Med



Pic. 5 – Dynamic parapodium Akces-Med

Akces-Med produces a series of first-class verticalizers, rehabilitation chairs and strollers for children with musculoskeletal problems and cerebral palsy.

The designers managed to combine in one device two of the most important functions in human rehabilitation - static and dynamic.

The static function provides passive verticalization during the initial stages of rehabilitation. Thanks to its wide adjustment opportunities, the device perfectly stabilizes the patient.

Another function - dynamic - allows you to gain lost or new skills. A good addition to complex therapy will be exercises with a rotor installed in this device. The

installation of the rotor allows the patient to perform exercises for the lower extremities on their own or with the help of someone else in the early stages of rehabilitation.

Features: the product combines 3 functions in one device.

It is easy to use. The adjustment and assembly are intuitive. The frame design allows the verticalizer to be reconfigured for a variety of functions: static, dynamic, rehabilitation and any configuration between these functions.

- The frame is mounted on wheels with brakes for easy movement.
- Adjustable front part of the clip (chest and femur) allows you to perfectly match the size to the patient's body.
- The rear opening part of the clip (chest and thigh) is equipped with a strong and reliable buckle and an additional safety belt.
- The knee stabilizer with pilots is adjustable in height, depth and between each other.
- Platform with foot stabilizer is made of non-slip material. It is height adjustable and dismountable. It is possible to spread legs.
- Durable Velcro straps stabilize your feet.
- Adjustable pivot mounts provide a secure grip and a sense of security.
- Special straps on the forearm and arms provide additional protection. There is an opportunity to install one stand and remove the other.
- The table is made of high quality plywood, coated with an ecological varnish, with a rim.
- The table is adjustable in height and installation depth. It is perfect for work and study.

Medical ground for use: the Paramobil verticalizer is recommended for children, adolescents and adults with a diagnosis of:

- Cerebral palsy - various forms.
- Spina bifida.
- Injuries of the brain and spinal cord - of various etiologies.
- Demyelinating diseases (multiple sclerosis, amyotrophic lateral sclerosis, etc.).

- Diseases of the muscles occurring with paresis and paralysis.
- Genetic syndromes occurring with paresis of the extremities.
- Other diseases accompanied by paresis, paralysis, damage to the musculoskeletal system.
- After a traumatic brain injury, spinal injury with damage to the spinal cord and lower extremities.

Basic equipment Paramobil

- Frame with wheels
- Chest clip
- Thigh cage
- Knee stabilizer with pilots
- Platform with stop stabilizer
- Supports for forearms
- Table

Orthosis system SHR-2



Pic. 6 - Orthosis system SHR-2

Technical means of rehabilitation developed at the orthosis and orthopedic center in Tomsk, st. A. Belentsa LLC "TekhnoMed"

The system consists of orthoses:

Apparatus for the lower extremities and the body (or apparatus for the whole leg, apparatus for the hip joint), standing support, splint

Functions - verticalization, imitation of walking, abduction of the legs to the sides, knee flexion

An additional function is the tilt of the body forward; if necessary, you can add a tabletop.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б



KISSsoft Release 2020 D

KISSsoft evaluation

Файл

Имя: Без имени
 Изменил: shibanov дата: 05.06.2021 в: 19:25:58

Расчет планетарного ряда с прямозубым зацеплением

Номер чертежа или артикула:

Колесо 1: 0.000.0
 Колесо 2: 0.000.0
 Колесо 3: 0.000.0

Метод расчета ISO 6336:2019

		----- Солнечное колесо -----	----- Сателлиты -----	
Кольцевое зубчатое колесо ---				
Количество сателлитов	[p]	1	3	1
Мощность (Вт)	[P]	10.834		
Частота вращения (1/мин)	[n]	45.5		0.0
Разность частот вращения для расчета опор планетарной передачи (1/мин)	[n2]		9.2	
Частота вращения водила планетарной передачи (1/мин)	[nSteg]	4.1		
Крутящий момент (Нм)	[T]	2.274	0.000	22.737
Крутящий момент водила планетарной передачи (Нм)	[TSteg]	25.011		
Кэффициент применения	[KA]	1.25		
Кэффициент распределения	[Kv]	1.00		
Требуемый срок службы (ч)	[H]	20000.00		
Колесо ведущее (+) / ведомое (-)		+	-/+	-
Рабочая сторона колеса 1:		правая боковая поверхность		
Направление вращения колеса 1:		по часовой стрелке		
Направление вращения водила планетарной передачи:		по часовой стрелке		

Геометрия зуба и материал

Расчет геометрии по ISO 21771:2007

		----- Колесо 1 -----	----- Колесо 2 -----	----- Колесо 3 -----
Межосевое расстояние (мм)	[a]	29.700		
Допуск на межосевое расстояние	ISO 286:2010 Отклонение от			
Нормальный модуль (мм)	[m]	0.6000		
Нормальный угол зацепления (°)	[αn]	20.0000		
Угол наклона линии зуба на делительной окружности (°)	[β]	0.0000		
Число зубьев	[z]	18	81	-180
Ширина зубчатого венца (мм)	[b]	9.00	9.00	9.00
Направление наклона	Прямое зацепление			

Зубчатая пара 1

Суммарное передаточное отношение	[itot]	11.000	
Соотношение числа зубьев	[u]	4.500	
Торцовый модуль (мм)	[mt]	0.600	
Торцовый угол (°)	[at]	20.000	
Рабочий угол зацепления (°)	[awt]	20.000	
	[awt.e/i]	20.056 /	19.944
Рабочий угол зацепления в нормальном сечении (°)	[awn]	20.000	
Угол наклона линии зуба на начальной окружности (°)	[βw]	0.000	
Основной угол наклона линии зуба (°)	[βb]		0.000
Нулевое межосевое расстояние (мм)	[ad]	29.700	
Шаг делительной окружности (мм)	[pt]	1.885	
Деление основной окружности (мм)	[pbt]	1.771	
Деление торцевого зацепления (мм)	[pet]	1.771	

Колесо 3

Козффициент смещения исходного контура	[x]	-0.0000	
Толщина зуба, дуга, в модуле	[sn*]	1.5708	
Изменение высоты головки зуба (мм)	[k*mm]	0.000	
Диаметр делительной окружности (мм)	[d]	108.000	
Диаметр основной окружности (мм)	[db]	101.487	
Диаметр окружности вершин зубьев (мм)	[da]	106.800	
	[da.e/i]	106.800 /	106.765
Отклонение диаметра окружности зубьев(мм)	[Ada.e/i]	0.000 /	0.035
Диаметр окружности модификации головки зуба (мм)	[dFa]	106.800	
	[dFa.e/i]	106.800 /	106.765
Диаметр окружности впадин (мм)	[df]	109.500	
Козффициент смещения производящего контура	[xF.e/i]	-0.1603/	-0.2519
Полученная окружность впадин зубчатого колеса с xF (мм)	[df.e/i]	109.802 /	109.692
Диаметр окружности формы ножки (мм)	[dFf]	109.134	
	[dFf.e/i]	109.453 /	109.339
При внутреннем зацеплении: Расчет dFf с зуборезным <u>добыком</u> (z0=			
	50 , x0=0.000.)		
Длина эвольвенты (мм)	[L.dFa-L.dFf]	1.242	
Высота головки зуба, $m_n(h_{af}^* + x + k)$ (мм)			
	[ha]	0.600	
	[ha.e/i]	0.617 /	0.600
Высота ножки зуба (мм)	[hf=mn*(hfp*-x)]	0.750	
	[hf.e/i]	0.846 /	0.901
Высота зуба (мм)	[h]	1.350	
Эквивалентное число зубьев	[zn]	180.000	
Нормальная толщина зуба на окружности вершин зубьев (мм)	[san]	0.519	
	[san.e/i]	0.450 /	0.399
Нормальная толщина зуба на окружности модификации головки зуба (мм)			

Запас прочности боковой поверхности зуба

		----- Колесо 1 -----	Колесо 2	----- Колесо 3 ---
Кэффициент, учитывающий форму сопряженных поверхностей зубьев в полюсе зацепления	[ZH]	2.49	2.49	
Кэффициент, учитывающий механические свойства материалов ($\sqrt{H/mm^2}$)	[ZE]	189.81	189.81	
Кэффициент перекрытия	[Zε]	0.880	0.827	
Кэффициент, учитывающий наклон зуба	[Zβ]	1.000	1.000	
Определяющая ширина зубчатого венца (мм)	[b _{eff}]	9.00	9.00	
Номинальное контактное напряжение на боковой поверхности зуба (Н/мм ²)	[σ _{H0}]	553.34	164.43	
Контактное напряжение на боковой поверхности зуба на начальной окружности (Н/мм ²)	[σ _{Hw}]	955.35	372.49	
Кэффициент отдельного зацепления	[Z _{B,ZD}]	1.11	1.00 / 1.01	1.00
Контактное напряжение на боковой поверхности (Н/мм ²)	[σ _{HB, αHD}]	1059.33	955.35 / 377.53	372.49

Срок службы, повреждение

Заданный запас прочности ножи зуба	[SF _{min}]	0.72		
Заданный запас прочности боковой поверхности зуба	[SH _{min}]	0.66		
Срок службы (рассчитанный с заданными запасами прочности):				
Срок службы, система (ч)	[H _{att}]	88.031		
Срок службы, ножка зуба (ч)	[HF _{att}]	1e+06	1e+06	1e+06
Срок службы, боковая поверхность зуба (ч)	[HH _{att}]	88.03	1e+06	1e+06

Указание: показатель «1e+006 h» означает, что срок службы превышает 1 000 000 ч.

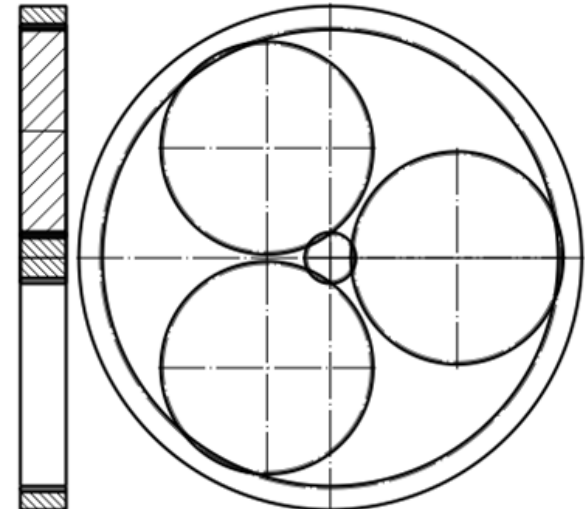
ПРИЛОЖЕНИЕ В

Данные для изготовления цилиндрического зубчатого колеса	
Число зубьев или деления	0,000,0
Число зубьев	[z] 18
Ширина зубчатого венца (мм)	[b] 5,000
Нормальный модуль (мм)	[m] 0,280
Угол наклона линии зуба (°)	[β] 0,000 (-0°/0°)
Направление наклона	Прямо зацепление
Нормальный угол зацепления (°)	[α _n] 20,000 (20°/0°)
Надаваль	c45 (1)
Исходный контур	1,25 / 0,38 / 1,0 ISO 53:1998 Профиль А
Коэффициент высоты головки зуба	[h _a P*] 1,000
Коэффициент высоты ножки зуба	[h _f P*] 1,250
Коэффициент радиуса головки зуба	[r _a P*] 0,000
Коэффициент радиуса ножки зуба	[r _f P*] 0,380
Коэффициент высоты переходной головки зуба	[h _g P*] 0,000
Коэффициент высоты прогибания	[h _g P*] 0,000
Угол профиля прогибания (°)	[α _g P] 0,000
Угол радиально-входного контура зуба (°)	[α _{KP}] 0,000
или параллельности	
Степень точности зацепления по ISO 1328:2013	A6
Коэффициент смещения исходного контура	[x] 0,000
Диаметр адвентивной окружности (мм)	[d _i] 5,040
Диаметр окружности вершин зубьев (мм)	[d _a] 5,000 ± 0,000 / 0,012
Диаметр окружности впадин (мм)	[d _f] 4,340 ± 0,110 / 0,165
Допуск на толщину зуба	DIN 3967 c625
Отклонение толщины зуба в нормальном сечении (мм)	[Δs, α/1] 0,040 / 0,050
Количество измеренных зубьев	[k] 2
Длина общей нормали без зазора (мм)	[W _b] 1,310
Длина общей нормали с отклонением размеров (мм)	[W _b , α/1] 1,273 / 1,254
Wb, Диаметр минимального элемента (мм)	[D _{min} /f] 0,530
Диаметральный диаметр по впадинам по DIN 3969 (мм)	[D _{min} , α/1] 5,774 / 5,729
Размер по трем диаметрам (осевой) по AGMA 2002 (мм)	[M ₃ , α/1] 123,724 / 123,724
[M ₃ , α/1] 123,724 / 123,724	
Толщина зуба по хорде, без зазора (мм)	[s _c] 0,430
Толщина зуба по хорде с отклонением размеров (мм)	[s _c , α/1] 0,400 / 0,381
Высота по хорде (мм)	[ha] 0,280

Данные для изготовления цилиндрического зубчатого колеса	
Число зубьев или деления	0,000,0
Число зубьев	[z] 180
Ширина зубчатого венца (мм)	[b] 5,000
Нормальный модуль (мм)	[m] 0,280
Угол наклона линии зуба (°)	[β] 0,000 (-0°/0°)
Направление наклона	Прямо зацепление
Нормальный угол зацепления (°)	[α _n] 20,000 (20°/0°)
Надаваль	c45 (1)
Исходный контур	1,25 / 0,38 / 1,0 ISO 53:1998 Профиль А
Коэффициент высоты головки зуба	[h _a P*] 1,000
Коэффициент высоты ножки зуба	[h _f P*] 1,250
Коэффициент радиуса головки зуба	[r _a P*] 0,000
Коэффициент радиуса ножки зуба	[r _f P*] 0,380
Коэффициент высоты переходной головки зуба	[h _g P*] 0,000
Коэффициент высоты прогибания	[h _g P*] 0,000
Угол профиля прогибания (°)	[α _g P] 0,000
Угол радиально-входного контура зуба (°)	[α _{KP}] 0,000
или параллельности	
Степень точности зацепления по ISO 1328:2013	A6
Коэффициент смещения исходного контура	[x] 0,000
Диаметр адвентивной окружности (мм)	[d _i] 50,400
Диаметр окружности вершин зубьев (мм)	[d _a] 49,840 ± 0,025 / 0,000
Диаметр окружности впадин (мм)	[d _f] 51,100 ± 0,192 / 0,302
Допуск на толщину зуба	DIN 3967 c625
Отклонение толщины зуба в нормальном сечении (мм)	[Δs, α/1] 0,070 / 0,110
Количество измеренных зубьев	[k] 20
Длина общей нормали без зазора (мм)	[W _b] 16,825
Длина общей нормали с отклонением размеров (мм)	[W _b , α/1] 16,850 / 16,928
Wb, Диаметр минимального элемента (мм)	[D _{min} /f] 0,530
Диаметральный диаметр по впадинам по DIN 3969 (мм)	[D _{min} , α/1] 142,719 / 142,831
Размер по трем диаметрам (осевой) по AGMA 2002 (мм)	[M ₃ , α/1] 149,719 / 149,831
[M ₃ , α/1] 149,719 / 149,831	
Толщина зуба по хорде, без зазора (мм)	[s _c] 0,440
Толщина зуба по хорде с отклонением размеров (мм)	[s _c , α/1] 0,370 / 0,370
Высота по хорде (мм)	[ha] 0,285

Данные для изготовления цилиндрического зубчатого колеса	
Число зубьев или деления	0,000,0
Число зубьев	[z] 81
Ширина зубчатого венца (мм)	[b] 5,000
Нормальный модуль (мм)	[m] 0,280
Угол наклона линии зуба (°)	[β] 0,000 (-0°/0°)
Направление наклона	Прямо зацепление
Нормальный угол зацепления (°)	[α _n] 20,000 (20°/0°)
Надаваль	c45 (1)
Исходный контур	1,25 / 0,38 / 1,0 ISO 53:1998 Профиль А
Коэффициент высоты головки зуба	[h _a P*] 1,000
Коэффициент высоты ножки зуба	[h _f P*] 1,250
Коэффициент радиуса головки зуба	[r _a P*] 0,000
Коэффициент радиуса ножки зуба	[r _f P*] 0,380
Коэффициент высоты переходной головки зуба	[h _g P*] 0,000
Коэффициент высоты прогибания	[h _g P*] 0,000
Угол профиля прогибания (°)	[α _g P] 0,000
Угол радиально-входного контура зуба (°)	[α _{KP}] 0,000
или параллельности	
Степень точности зацепления по ISO 1328:2013	A6
Коэффициент смещения исходного контура	[x] 0,000
Диаметр адвентивной окружности (мм)	[d _i] 22,580
Диаметр окружности вершин зубьев (мм)	[d _a] 23,240 ± 0,000 / 0,021
Диаметр окружности впадин (мм)	[d _f] 21,980 ± 0,148 / 0,231
Допуск на толщину зуба	DIN 3967 c625
Отклонение толщины зуба в нормальном сечении (мм)	[Δs, α/1] 0,054 / 0,084
Количество измеренных зубьев	[k] 9
Длина общей нормали без зазора (мм)	[W _b] 7,344
Длина общей нормали с отклонением размеров (мм)	[W _b , α/1] 7,293 / 7,265
Wb, Диаметр минимального элемента (мм)	[D _{min} /f] 0,530
Диаметральный диаметр по впадинам по DIN 3969 (мм)	[D _{min} , α/1] 123,393 / 123,314
Размер по трем диаметрам (осевой) по AGMA 2002 (мм)	[M ₃ , α/1] 123,393 / 123,314
[M ₃ , α/1] 123,393 / 123,314	
Толщина зуба по хорде, без зазора (мм)	[s _c] 0,440
Толщина зуба по хорде с отклонением размеров (мм)	[s _c , α/1] 0,388 / 0,358
Высота по хорде (мм)	[ha] 0,270

Контурная



Scale 2 : 1

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

ДЕЙСТВИЕ

ТПУ1158514.docx

1/87

Текстовый вид

Исходный вид

Все блоки

1

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит пояснительную записку, состоящую из 133 страниц. Включает в себя 83 рисунка и 22 таблицы. Процент заимствований составляет 24% (Приложение Г).

Ключевые слова : техническое средство реабилитации, реабилитация, редуктор, привод, многофункциональность, конструкция, адаптивность, медицинское оборудование.

Объектом проектирования является ортезная система для реабилитации пациентов.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка и исследование технического средства реабилитации с приводами для людей с ограниченными функциями.

В результате процесса разработки создана модель привода с редуктором.

В процессе исследования проводились исследования зубчатых механизмов, планетарных редукторов и способов передачи вращения.

Результаты проекта могут использоваться для дальнейшего исследования автоматизации технических средств реабилитации.

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

ПРОВЕРЕНО: 11.06.2021 05:30:39

14,62% ЗАЙМСТВОВАНИЯ

0% САМОЦИТИРОВАНИЯ

11,84% ЦИТИРОВАНИЯ

73,54% ОРИГИНАЛЬНОСТЬ

ИСТОЧНИКИ: 143 ИЗ 167

ПЕРЕСЧИТАТЬ

% Модуль поиска Источники

[01] не указано

10,67% Библиография



[02] ТПУ_VKR_26632.pdf

0,4% Модуль поиска "ТПУ"



[03] Параподиум Динамический ...

2,44% Интернет Плюс



[04] Министерство образования ...

0,23% Интернет Плюс



[05] https://core.ac.uk/download/p...

0% Интернет Плюс

