

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

Институт Кибернетики

Направление подготовки 15.04.06 Мехатроника и робототехника

Кафедра Систем управления и мехатроники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Модернизация пульта дистанционного управления мобильного робототехнического комплекса

УДК 621.865.8:654.9-048.35

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЕМ51	Костин С.В.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. СУМ	Леонов С.В.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. МЕН ИСГТ	Конотопский В. Ю.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭБЖ ИНК	Пустовойтова М.И.	К.Х.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. СУМ ИК	Губин В.Е.	К.Т.Н.		

Томск – 2017 г.

Планируемые результаты обучения

Код рез-та	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные</i>		
P1	применять глубокие естественно-научные, математические знания в области анализа, синтеза и проектирования для решения научных и инженерных задач производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, в том числе их систем управления.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-3, ОПК-1, ОПК-4, ОК-1, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	воспринимать, обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области теории, проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, принимать участие в командах по разработке и эксплуатации таких устройств и систем.	Требования ФГОС (ПК-3, ПК-4, ПК-7, ОПК-1, ОПК-3, ОК-1, ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-9), Критерий 5 АИОР (пп. 1.1, 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	применять и интегрировать полученные знания для решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных мехатронных и робототехнических устройств и систем (в том числе интеллектуальных) с использованием технологий мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.	Требования ФГОС (ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-15, ПК-18, ОПК-3, ОПК-6, ОК-1, ОК-5, ОК-6, ОК-7), Критерий 5 АИОР (пп. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	определять, систематизировать и получать необходимую информацию в	Требования ФГОС (ПК-7, ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-18, ОПК-4, ОПК-6, ОК-1, ОК-4, ОК-6, ОК-

	области проектирования, производства, исследований и эксплуатации мехатронных и робототехнических модулей, устройств и систем.	8), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P5	планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования для целей проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических средств и систем (в том числе интеллектуальных) с использованием передового отечественного и зарубежного опыта, уметь критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать выводы.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ОПК-2, ОПК-3, ОК-1, ОК-3, ОК-4, ОК-6, ОК-7, ОК-8, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P6	понимать используемые современные методы, алгоритмы, модели и технические решения в мехатронике и робототехнике и знать области их применения, в том числе в автоматизированных производствах.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-7, ОПК-1, ОПК-3, ОПК-4, ОК-5, ОК-9, ОК-10), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
<i>Универсальные</i>		
P7	эффективно работать в профессиональной деятельности индивидуально и в качестве члена команды	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2, ПК-7, ПК-8, ПК-16, ПК-17, ОК-1, ОК-2, ОК-4, ОК-6, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P8	владеть иностранным языком на	Требования ФГОС (ПК-4, ПК-8,

	уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий	ПК-9, ПК-16, ОПК-4, ОК-5), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	проявлять широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, демонстрировать понимание вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду	Требования ФГОС (ПК-5, ПК-8, ПК-15, ПК-16, ПК-18, ОПК-1, ОПК-4, ОПК-5, ОК-3, ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-8, ОК-9), Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3.), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEAN</i>
P10	следовать кодексу профессиональной этики и ответственности и международным нормам инженерной деятельности	Требования ФГОС (ПК-8, ПК-11, ПК-16, ОПК-3, ОПК-6, ОК-4), Критерий 5 АИОР (пп. 2.4, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ПК-4, ПК-8, ОПК-3, ОПК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-7, ОК-8), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> .

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

Институт Кибернетики
 Направление подготовки 15.04.06 Мехатроника и робототехника
 Кафедра Систем управления и мехатроники

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой СУМ
 _____ Губин В.Е.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
8ЕМ51	Костин С. В.

Тема работы:

Модернизация пульта дистанционного управления мобильного робототехнического комплекса	
Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер)	1399/с от 28.02.2017

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2017
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<ul style="list-style-type: none"> - Мобильный робототехнический комплекс № 27; - Руководство по эксплуатации МРК (включая формуляры и ГОСТ 54344-2011); - Программа испытаний навесного оборудования; - Программа проведения штабных учений с использованием РТК;
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ul style="list-style-type: none"> - Проведение литературного обзора по тематике НИР; - Анализ недостатков штатного пульта управления МРК - Изучение отечественных и зарубежных аналогов РТК и мехатронных устройств; - Создание 3D-модели разработки; - Проведение математического моделирования управления звеном манипулятора и экзоскелета;
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	- Презентация – 15 слайдов;

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Литературный обзор, объект исследования, результат проведения исследования.	Леонов С. В.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Конотопский В. Ю.
Социальная ответственность	Пустовойтова М.И.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Расчеты и аналитика, результаты проведения исследования.	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. СУМ	Леонов С. В.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8EM51	Костин С. В.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
8EM51	Костин Сергей Владимирович

Институт	Институт кибернетики	Кафедра	ИКСУ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	150406 Мехатроника и робототехника

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

1. *Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих*
2. *Нормы и нормативы расходования ресурсов*
3. *Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования*

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

- | | |
|---|--|
| 1. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i> | <i>Определение структуры и трудоёмкости работ в рамках НИИ, разработка графика проведения НИИ, планирование бюджета НИИ.</i> |
| 2. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i> | |
| 3. Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей):</i> | |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Альтернативы проведения НИИ</i> 2. <i>График проведения и бюджет НИИ</i> 3. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ</i> | |

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. МЕН	Конотопский Владимир Юрьевич	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8EM51	Костин Сергей Владимирович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 8ЕМ51	ФИО Костин С.В.
-----------------	--------------------

Институт	Физико-технический	Кафедра	ФЭУ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.06 Мехатроника и робототехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны) на предмет возникновения:	– факторов производственной среды (микроклимат, освещение, шумы, электромагнитные поля, ионизирующее излучение, электрической, пожарной и взрывной природы);
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	– электробезопасность; – пожаробезопасность; – требования охраны труда при работе на ПЭВМ.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	– воздействие на организм человека; – приведение допустимых норм; – предлагаемые средства защиты.
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности:	– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭБЖ ИНК	Пустовойтова М.И.	к.х.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЕМ51	Костин С.В.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа на тему «Применение робототехники в ЧС с техногенным фактором» состоит из текстового документа, выполненного на 111 с.. Текстовый документ содержит 30 рис., 14 табл., 20 источников.

Ключевые слова: МРК, ликвидация ЧС, РТС, экзоскелет, интуитивное управление, манипулятор, стереоскопическое изображение.

Объектом исследования являются робототехнические средства применяемые для ликвидации ЧС.

Цель работы провести исследование и анализ робототехнических средств. Разработка экзоскелета для интуитивного управления манипулятором МРК-27.

В процессе исследования проводились сравнение и анализ роботов семейства МРК применяемые для ликвидации ЧС с техногенным фактором. Был выявлен ряд недостатков пульта дистанционного управления мобильным робототехническим комплексом №27. Конструкция пульта дистанционного управления не удовлетворяет требованиям интуитивного управления манипулятором робота. Также обнаружено отсутствие полноценной визуальной информации с камер робота, обусловлено статичностью камер, установленных на роботе.

В результате исследования были приняты замечания и недостатки используемого ПДУ, на их основе предложено инженерное решение в виде разработки экзоскелета, как элемент модернизации пульта дистанционного управления. И реализация визуальной стереоскопической связи.

Конструкция экзоскелета повторяет анатомическое строение человеческой руки, имея 7 степеней подвижности. Регулировка экзоскелета осуществляется по вылету в локтевом сочленении. Конструкция экзоскелета крепится к рюкзаку с жестким каркасом, где установлено аппаратное обеспечение.

Степень внедрения частичная, так как представленная разработка экзоскелета предназначена исключительно для роботов семейства МРК.

Область применения экзоскелета обусловлена степенью внедрения мобильных робототехнических комплексов. В основном это отрасли атомной и химической промышленности, аварийно-спасательных технологий, а также Вооруженные силы Российской Федерации.

В будущем планируется реализация проекта экзоскелета и его внедрение в эксплуатацию МРК-27, а также для всего семейства МРК.

Сокращения, принятые в пояснительной записке:

РТС — Робототехнические средства

ДУ — Дистанционное управление

КК — Комплект кабельный

КТ — Катушка кабельная

КДО — Комплект дополнительного оборудования

КНО — Комплект навесного оборудования

МП — Модуль процессора

МР — Робот мобильный

МРК — Комплекс мобильный робототехнический

ОПУ — Опорно-поворотное устройство

ПДУ — Пост дистанционного управления

ПУ — Пульт управления

СДУ — Система дистанционного управления

ТК — Телевизионная камера

УТ — Установка телевизионная

АКБ — Аккумуляторная батарея

АТЦ — Аварийно-технический центр

Оглавление

Введение.....	14
1. Классификация РТС.....	16
2. Описание и работа МРК-27.....	17
2.1. Описание и работа составных частей МРК-27.....	20
2.2. Пост дистанционного управления МРК.....	28
3. Модернизация поста дистанционного управления МРК-27.....	29
3.1 Очки виртуальной реальности Oculus Rift DK2.....	31
3.2. Промышленный компьютер Advantech UNO-2184G.....	33
3.3. АКБ DELTA HR 12-34w.....	34
3.4. Коллекторные двигатели постоянного тока.....	35
3.5. Решение прямой задачи кинематики человеческой руки.....	42
3.6. Экзоскелет.....	44
3.7. Моделирование.....	46
3.8. Модель двигателя постоянного тока с независимым возбуждением.....	47
3.9. Упрощенная модель степеней подвижности манипулятора робота и человеческой руки.....	50
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	53
4.1. Планирование научно-исследовательских работ.....	54
4.2. Структура работ в рамках научного исследования.....	54
4.3 Определение трудоемкости выполнения работ.....	55
4.4 Разработка графика проведения научного исследования.....	57
4.5. Бюджет научно-технического исследования.....	61
4.5.1. Расчет материальных затрат.....	61
4.5.2. Основная заработная плата исполнителей темы.....	61
4.5.3. Отчисления во внебюджетные фонды.....	63
4.5.4. Расчет затрат на научные и производственные командировки.....	63
4.5.5. Расчет затрат на электроэнергию.....	64
4.5.6. Расчёт амортизационных расчётов.....	65
4.5.7. Накладные расходы.....	66
4.5.8. Расчет общей себестоимости разработки.....	67
4.6. Оценка экономической эффективности проекта.....	67
5. Социальная ответственность.....	68
5.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	69

5.2. Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе на ПЭВМ	70
5.2.1. Организационные мероприятия.....	70
5.2.2. Технические мероприятия.....	71
5.2.3. Условия безопасной работы.....	72
5.3. Электробезопасность	75
5.4. Пожарная и взрывная безопасность	76
Заключение	79
Список публикаций студента.....	80
Список используемых источников.....	81
Приложение А	83
Приложение Б.....	103

Введение

Техногенные аварии и катастрофы, вероятность возникновения которых достаточно высока в силу увеличения сложности производства. С применением энергоемких технологий, радиоактивных и токсичных веществ, техногенные аварии практически неизбежны при современном состоянии экономики страны. Все это характеризуется, высоким износом основных фондов и отсутствием финансового обеспечения для проведения плановых ремонтных работ и замены изношенного оборудования. Снижением требовательности и эффективности работы надзорных органов и государственной инспекции, падением технологической и производственной дисциплины, снижением уровня квалификации обслуживающего персонала.

В этой ситуации особую опасность представляют объекты химической и атомной промышленности. Работающее изношенное оборудование является постоянной угрозой здоровью обслуживающего персонала, а любая нештатная ситуация может привести к аварии или катастрофе. Поражающие факторы, возникающие при этом, образуют экстремальные условия для выживания в них не только спасаемых, но и личного состава спасателей, ликвидирующих последствия аварий.

В случае крупной аварии на атомной станции с радиоактивным фактором, человек не в силах ликвидировать эти последствия без вреда для своего здоровья или жизни.

Основная задача использования РТК уменьшить степень участия личного состава спасателей. Именно поэтому создание и эксплуатация РТК предназначенных для проведения работ по предупреждению или ликвидации последствий нештатных ситуаций является актуальным.

Робототехническими комплексами называют системы, в которых автоматические устройства осуществляют все необходимые действия, за исключением функций управления и контроля, которые реализует человек.

Некоторые роботы комплектуются навесным оборудованием и системами химической, радиационной разведки.

Робот может находиться и совершать движения в зданиях и помещениях, имеющих радиационное и химическое заражение. Такой вид работ реализуется манипуляцией робота оператором, получая визуальную информацию с камер, установленных на корпусе мобильного робота.

При помощи схвата, робот способен расчищать себе дорогу, поднимать технический, радиоактивный и бытовой мусор. Способен захватывать опасный груз схватом, транспортировать его с последующей утилизацией в контейнер.

Для ликвидации аварий с радиационным и химическим факторами применяются роботы определенного типа. Один из таких роботов МРК-27.

Цель работы, разработка экзоскелета для интуитивного управления манипулятором МРК-27.

Для реализации этой цели, необходимо выполнить ряд задач:

- Обеспечить одновременное управление всеми 5-ю степенями подвижности манипулятора.

- Обеспечить возможность использования стереокамер робота

- Ввести силомоментную обратную связь по приводам робота в контуре управления.

1. Классификация РТС

Классификация робототехнических средств (РТС) — это разделение РТС по похожим характеристикам с целью обеспечения целесообразности создания и применения [1].

Одним из важных классов роботов, которые широко применяются — манипуляционные и мобильные.

Мобильный робот — автоматическая машина, в которой имеется движущееся шасси с автоматически управляемыми приводами. Такие роботы могут быть колёсными, шагающими и гусеничными (существуют также ползающие, плавающие и летающие мобильные робототехнические системы). Классообразующими являются признаки целевого назначения и сред применения. Подклассы определяются функциональными признаками. Другие группы признаков характеризуют конструктивные особенности типов.

Основным типобразующим признаком является общая масса РТС, остальные — образуют пространство параметров типов.

РТС (разведывательные, технологические) — все выполняемые РТС функции основные и только разведывательные, и только технологические;

РТС классифицируются по группам признаков:
по целям применения: ликвидации радиационных аварий, химических аварий, для проведения взрывоопасных работ, в зонах повышенных температур, подводных работ.

Также классифицируются по функциям, среде применения, способу управления, по транспортной базе, по связи, по ходовому модулю и массе.

2. Описание и работа МРК-27

МРК-27 предназначен для отработки технологии дистанционных работ с применением навесного оборудования [2].

МРК обеспечивает выполнение следующих работ:

- транспортирование объектов и сменного дополнительного оборудования, располагаемых на корпусе МР;

- открывание и закрытие вентиляей;

- манипулирование (перестановку на различные плоскости) и установку на технологическое оборудование объектов массой до 20 кг;

- возможность распознавания с помощью телекамер МР предметов размерами от 0,1 м на дистанции от 1 до 20 м;

- внешний осмотр предметов размерами от 1 x 10 мм до 500x500 мм на расстоянии до 1 м от МР с помощью телекамеры, размещенной на манипуляторе;

работу МР при освещенности в пределах от 5 до 10000 лк.

МРК сохраняет свою работоспособность:

- в интервале температур окружающего воздуха от минус 30°C до +40°C;

- при относительной влажности воздуха до 98% при температуре +25°C;

- при воздействии атмосферных осадков.

Масса МР, не более 200 кг.

Скорость передвижения максимальная, не менее 0,55 м/с.

Преодолеваемые препятствия:

- порог высотой, не менее 200 мм

- лестничные марши с углом наклона, не менее 30 градусов;

Номинальная грузоподъемность манипулятора, кг 20;

Максимальная грузоподъемность манипулятора, кг 38;

Максимальный вылет манипулятора от крайней точки корпуса МР до

захватного устройства, не менее 0,9 м;

Число степеней подвижности манипулятора -6;

Тип приводов манипулятора электромеханический;

Максимальное раскрытие губок схвата - 250 мм;

Тип системы управления МРК командный;

Управление МР с ПДУ на расстоянии: по кабелю, не менее 200 м;

Тип движителя – гусеничный;

Привод движителя электромеханический;

Общий вид МРК представлен на рисунке 1. МРК содержит мобильный робот (МР), пост дистанционного, управления (ПДУ), а также комплект дополнительного оборудования.

Управление МРК осуществляется дистанционно с ПДУ человеком-оператором в командном режиме.

СДУ предназначена для дистанционного управления МР, навесным и дополнительным оборудованием, входящим в состав МРК. Конструктивно СДУ делится на пультовую бортовую части.

Пультовая часть СДУ монтируется на ПДУ и предназначена для задания команд управления, формирования командных посылок и преобразования их в код, удобный для передачи по кабелю и радиолинии. Задание команд управления осуществляется с помощью рукояток управления, переключателей и кнопок, расположенных на лицевой панели ПУ. Бортовая часть СДУ монтируется в корпусе МР и предназначена для приема сигналов управления, поступающих в зависимости от режима работы по радиолинии или кабелю, их обработки, усиления и распределения по соответствующим исполнительным устройствам и дистанционного управления механизма.

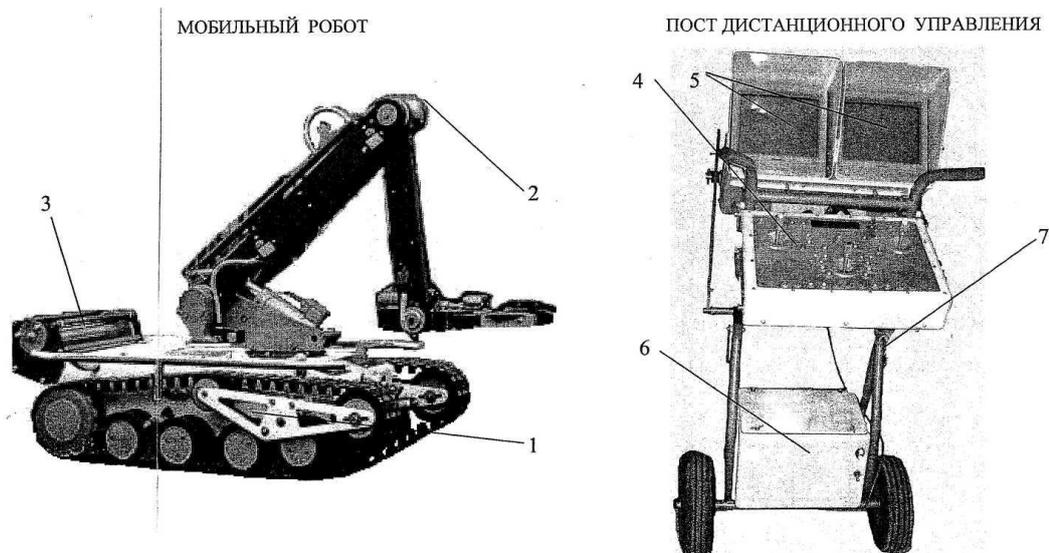


Рисунок 1 - Общий вид МР с постом

1 — шасси МР; 2 — манипулятор; 3 — катушка кабельная; 4 — пульт управления; 5 — мониторы; 6 — блок питания и распределения; 7 - тележка.

Комплект навесного оборудования (четыре телевизионных установки и кабельная катушка) МР служит для получения оператором необходимой информации при выполнении работ. Для этих же целей предназначен канал акустической связи. Дополнительное оборудование предназначено для расширения функциональных возможностей и выполнения с помощью МРК различных технологических операций.

Работа МРК. Управление МРК осуществляет оператор с ПДУ. Режим управления командный.

Команды управления задаются оператором на ПУ путем нажатия на соответствующие рукоятки, кнопки и переключатели.

Команды поступают на модуль процессора CPU188-5MX пультной части канала ДУ. МП пультной части канала ДУ формирует командные послышки, которые затем преобразуются в цифровой код удобный для передачи по кабельной линии связи.

На МП бортовой части СДУ поступают цифровые сигналы управления от модулятора телевизионных сигналов, в котором расположен полосовой разделительный фильтр. В МП бортовой части канала ДУ происходит

распределение сигналов управления в соответствии с адресом на объекты управления (двигатели шасси, манипулятор, фары, навесное и дополнительное оборудование).

2.1. Описание и работа составных частей МРК-27

Робот мобильный МРК-27М представляет собой транспортное средство, предназначенное для отработки технологии ведения дистанционных работ с применением навесного оборудования. С помощью телевизионной системы МРК можно проводить также визуальную разведку внутри помещений и на участках местности. МР оснащается манипулятором, который позволяет выполнять погрузочно - разгрузочные работы с предметами, МР имеет дистанционное управление от ПДУ и ПУ. Связь ПДУ с МР осуществляется по кабелю.

МР (см. рисунок 2) состоит из шасси в сборе, манипулятора, комплекта навесного оборудования (телевизионных установок и кабельной катушки) и бортовой части системы дистанционного управления (СДУ).

Шасси МР в сборе (рисунок 2) состоит из корпуса 1, двух мотор-звездочек 2, двух гусениц 3, двух задних балансирных тележек 4, двух передних балансирных тележек 5, рамы 6, привода 7 подъема и опускания ленивцев 8, контура 9 безопасности и натяжного устройства.

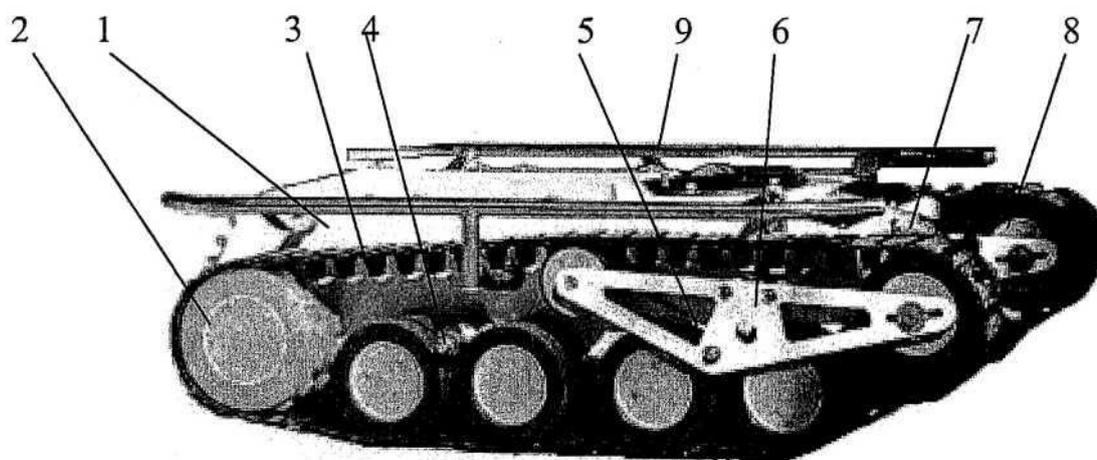


Рисунок 2 - Шасси мобильного робота

Корпус МР сварной конструкции разделен на три отсека. Верхняя плита переднего отсека имеет фланец с отверстием для монтажа манипулятора. Средний отсек предназначен для размещения двух аккумуляторных батарей общей емкостью 55-65 Ач. Задний отсек корпуса предназначен для размещения в нем бортовой части СДУ. В заднем отсеке также закреплены по бортам корпуса МР мотор-звездочки. Каждая мотор-звездочка имеет привод от двух электродвигателей постоянного тока типа ДП60-120-4-24 суммарной мощностью 240 Вт. Мотор-звездочки предназначены для преобразования энергии электродвигателей в тяговое усилие, создаваемое гусеницами на поверхности, по которой перемещается МР. Гусеницы, состоящие из нескольких армированных полиуретановых секций, соединены между собой с помощью пальцев и скоб.

Передние балансирные тележки 5 совместно с рамами 6 и приводом 7 служат для изменения геометрии гусеничного обвода. При этом опорная длина гусеничного двигателя может быть увеличена приблизительно в 1,3 раза, что позволяет значительно увеличить устойчивость МР, например, при работе манипулятора или при движении на склонах. Передняя балансирная тележка имеет возможность качаться относительно своей оси закрепленной в корпусе МР.

Задняя балансирная тележка 4 содержит балансир, который может качаться относительно оси, закрепленной в корпусе МР.

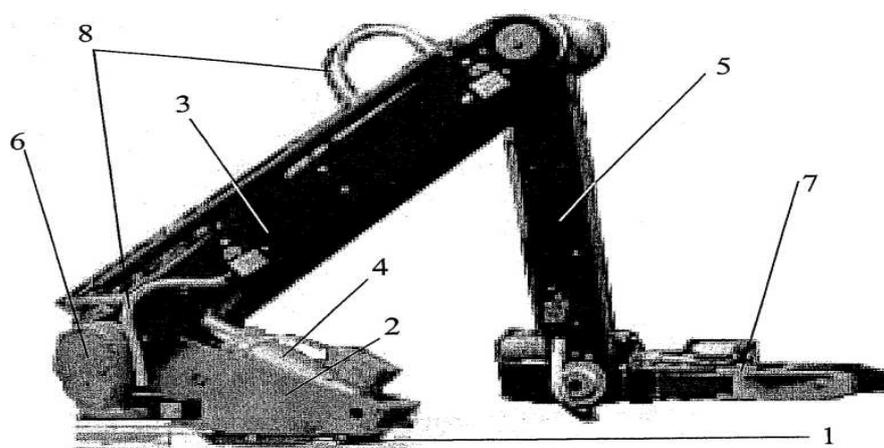


Рисунок 3- Манипулятор МР

На свободных концах балансира закреплены оси, на которых установлены с возможностью вращения обрезиненные катки.

Контур 9 безопасности служит для предохранения от поломок гусеничного обвода, а также других устройств, находящихся на корпусе МР во время столкновений с внешними объектами и препятствиями. Кроме того, контур безопасности может быть использован для строповки МР при погрузке, а также для его закрепления на транспортном средстве-носителе. Контур безопасности представляет собой две сварные детали в виде поручней из стальных труб, которые жестко крепятся к боковым поверхностям корпуса 1. Стropовка МР осуществляется строповочным устройством путем захвата за четыре конца поручней контура безопасности.

Манипулятор МР предназначен для проведения погрузочно-разгрузочных работ с предметами различных форм и размеров массой до 20 кг.

Манипулятор (рисунок 3) состоит из опорно-поворотного устройства 1 с платформой 2, плеча 3 с приводом 4 качания, предплечья 5 с приводом 6 качания кисти 7 и комплекта кабелей 8. Манипулятор имеет пять степеней подвижности (не считая раскрытия- закрытия схвата). Все степени подвижности вращательные.

В качестве привода всех звеньев манипулятора, включая и схват, используются электродвигатели постоянного тока. Опорно-поворотное устройство (ОПУ) служит для поворота всех звеньев манипулятора относительно вертикальной оси на угол $\pm 210^\circ$. Основание ОПУ имеет фланец для установки манипулятора на корпусе МР. Поворот фланца осуществляется электродвигателем.

Плечо манипулятора выполнено в виде двух параллельных щек, связанных между собой шарнирами, сочленяющими плечо соответственно с ОПУ и с предплечьем. В средней части плеча установлена стяжка. Для разгрузки привода качания плеча используются две пружины.

Предплечье представляет собой пластину прямоугольного сечения. Привод качания предплечья содержит электродвигатель с электромагнитной

тормозной муфтой. Привод качания предплечья смонтирован на манипуляторе с другой его стороны симметрично приводу качания кисти.

Кисть манипулятора состоит из схвата, привода ротации схвата и привода губок схвата. Кисть шарнирно соединена с предплечьем. Привод качания кисти аналогичен по конструкции приводу качания предплечья. Вращение от электродвигателя передается через две цепные передачи, размещенные в полостях плеча и предплечья, на предохранительную муфту, расположенную в шарнире. В состав КНО МР входят четыре телевизионные установки и кабельная катушка.

Установка телевизионная УТ1 (рисунок 4) содержит телекамеру 1, осветитель 2 и микрофон 3, расположенные соответственно слева и справа от нее. Все элементы УТ1 смонтированы в общем корпусе 4, который монтируется на площадке и жестко крепится к схвату манипулятора.

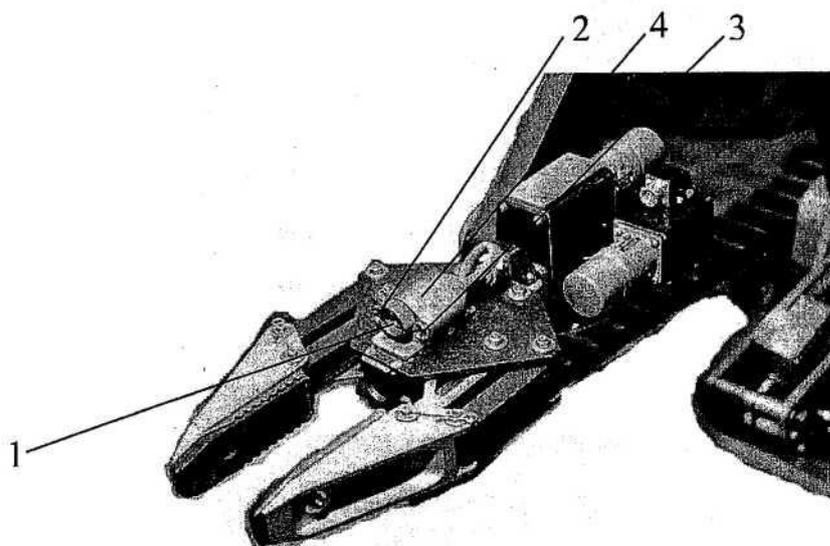


Рисунок 4 - Установка телевизионная УТ1

Установка телевизионная УТ2 содержит те же составляющие элементы, что и УТ1, но в отличие от нее снабжена приводом 1 качания в вертикальной плоскости (рисунок 6). В состав МРК-27МА входят две УТ2. Они установлены непосредственно на манипуляторе: одна - с левой стороны МР по оси сочленения плеча с предплечьем, а другая - на приводе качания кисти (или приводе качания плеча - с другой стороны манипулятора).

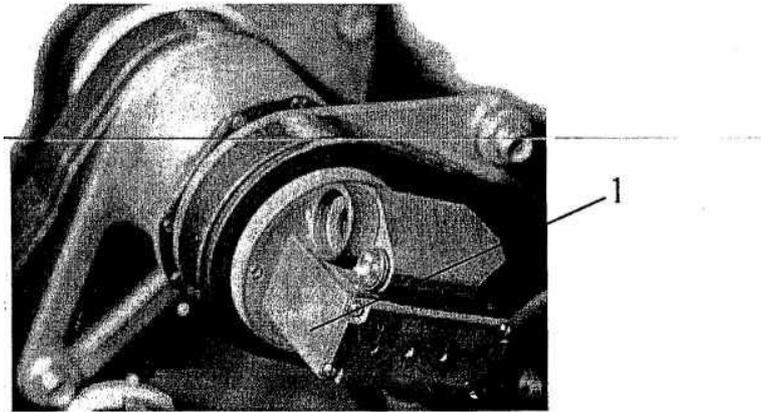


Рисунок 5 - УТ2, расположенная с левой стороны на плече

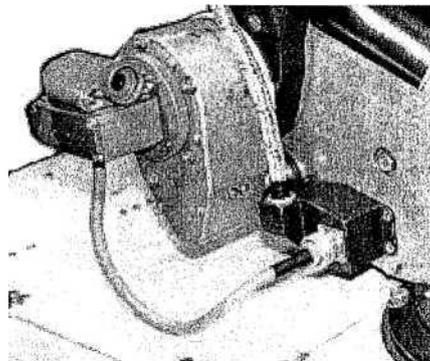


Рисунок 6 - УТ2, расположенная на приводе качания кисти манипулятора

Катушка кабельная (КТ) (рисунок 7) служит для осуществления информационной связи между МР и ПДУ во время движения МР при управлении по кабелю. На КТ намотан кабель длиной 200 м диаметром 6 мм. КТ содержит правую и левую щеки, соединенные между собой тремя стяжками и осью, установленной на двух радиальных шарикоподшипниках. Выход кабеля из катушки осуществляется через ось. Связь между выходным кабелем и кабелем, намотанным на катушку, осуществляется с помощью токоприемника, расположенного внутри катушки. На левой щеке КТ расположен с возможностью вращения относительно оси диск с тремя рукоятками, который с помощью зубчатой передачи связан с катушкой и служит для ручной намотки кабеля на катушку. Крепление КТ на корпусе МР

производится с помощью шарнирно закрепленного на катушке языка, который вставляется в соответствующий паз корпуса.

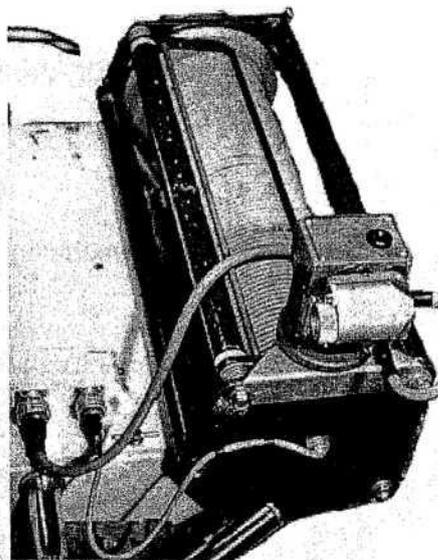


Рисунок 7-Кабельная катушка

Бортовая часть СДУ включает в себя следующие модули и блоки:

- управления шасси;
- управления манипулятором;
- дискретных команд;
- коммутации;
- процессора;
- передатчики видеоинформации;
- передатчик аудиоинформации.

Бортовая часть СДУ предназначена:

- для приема сигналов управления от ПДУ, их обработки и распределения по каналу управления;
- для обработки сигналов от бортовых телекамер и микрофона, переноса их в высокочастотную часть спектра и передачи их в канал связи с ПДУ.

Общий вид бортовой части СДУ (блок управления МР). Конструктивно он выполнен в виде несущего корпуса (корзины) и снабжен разъемами для

соединения с ответными частями разъемов и подключения бортового кабеля. На боковых стенках несущего корпуса блока управления МР закреплены направляющие выступы, взаимодействующие с направляющими пазами, установленными на боковых стенках корпуса МР.

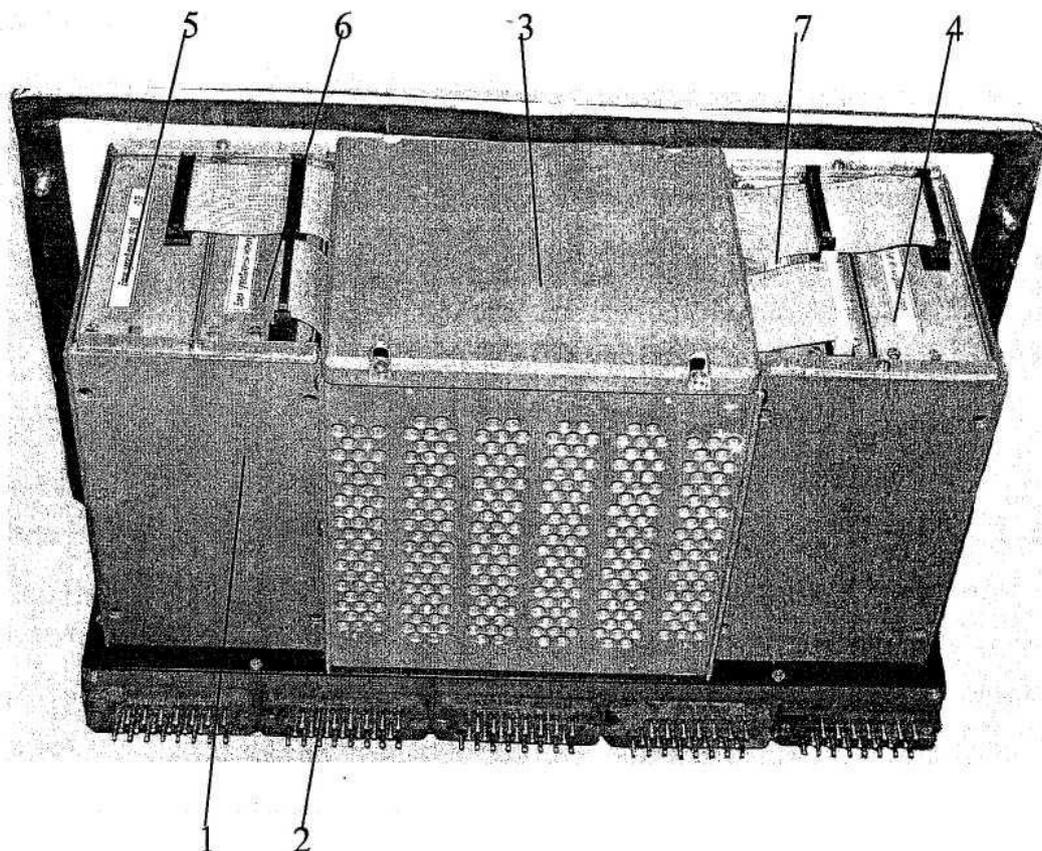


Рисунок 8 - Общий вид блока управления МР (корзина)

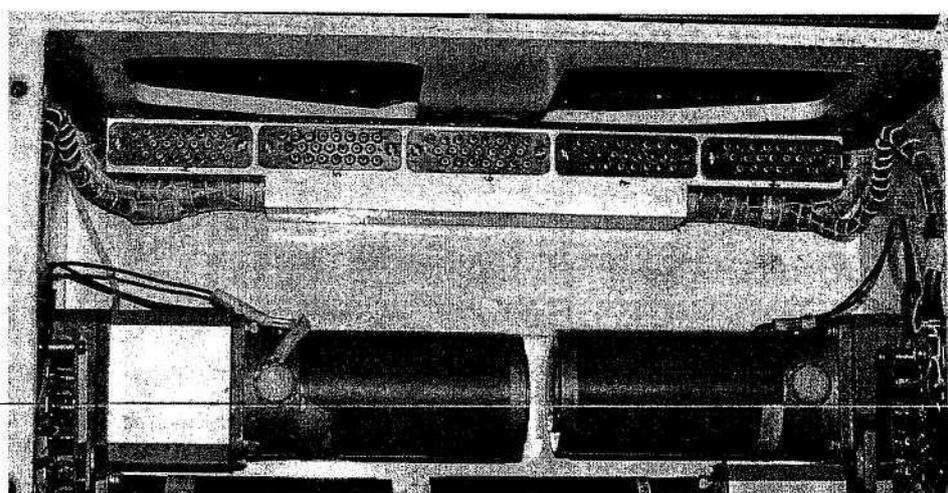


Рисунок 9 - Размещение разъемов СДУ в заднем отсеке корпуса МР

Направляющие выступы и пазы предназначены для облегчения стыковки разъемов при установке блока управления МР в корпус МР. Блок управления МР крепится к корпусу МР при помощи винтов-барашков через резиновые прокладки.

В корпусе (корзине) 1 блока управления МР (см. рисунок 8) размещены: модуль 3 процессора; блок 4 управления шасси (левый борт); блок 5 управления шасси (правый борт); блок 6 управления манипулятором; блок 7 дискретных команд; блок коммутации; два передатчика видеоинформации и передатчик аудиоинформации (на рисунке не показаны).

Модуль процессора выполнен на базе микропроцессора Aml88ES/40, который осуществляет дешифровку сигналов управления и формирует соответствующие команды, поступающие на платы управления, расположенные в корзине, а также на блоки управления шасси и манипулятором. Модуль процессора содержит плату процессора, две платы дискретного ввода-вывода D032-5 и блок питания.

Блоки 4 и 5 управления шасси предназначены для управления электродвигателями и тормозными муфтами мотор-звездочек МР.

Блок 6 управления манипулятором предназначен для управления электродвигателями исполнительных механизмов и тормозными муфтами манипулятора.

Блок 7 дискретных команд предназначен для формирования силовых дискретных команд на приборы и оборудование, расположенные на МР, управления механизмами наведения телевизионных камер, а также включением и выключением осветителей.

Блок коммутации предназначен для коммутации телевизионных сигналов поступающих с телекамер, а также для управления механизмами наведения телекамер.

2.2. Пост дистанционного управления МРК

ПДУ, в соответствии с рисунком 2, содержит следующие устройства:

ПУ 4 мобильно носимый;

- блок 5 отображения ТВ информации (мониторы);
- блок 6 питания и распределения; тележку 7 специальную;
- коробку распределительную;
- кабель.

Тележка 7 снабжена колесами, что придает ПДУ мобильность и облегчает работу оператора, а также защитным кожухом, внутри которого установлены мониторы 5, фиксирующиеся от поступательных перемещений резиновыми прокладками. Снизу тележки прикреплен блок 6 питания и распределения, а спереди - ПУ 4.

К нижней части кожуха прикреплена распределительная коробка 1, внутри которой установлены два приемника видеоинформации, служащие для приема сигналов от телепередатчиков, приемник аудиоинформации, блок питания и инвертор для преобразования входного напряжения (12 В) в выходное напряжение (220 В). В задней части коробки смонтирован разъем 2 канала связи и выполнены отверстия для вывода кабелей питания и подключения к аудио и видео входам мониторов.

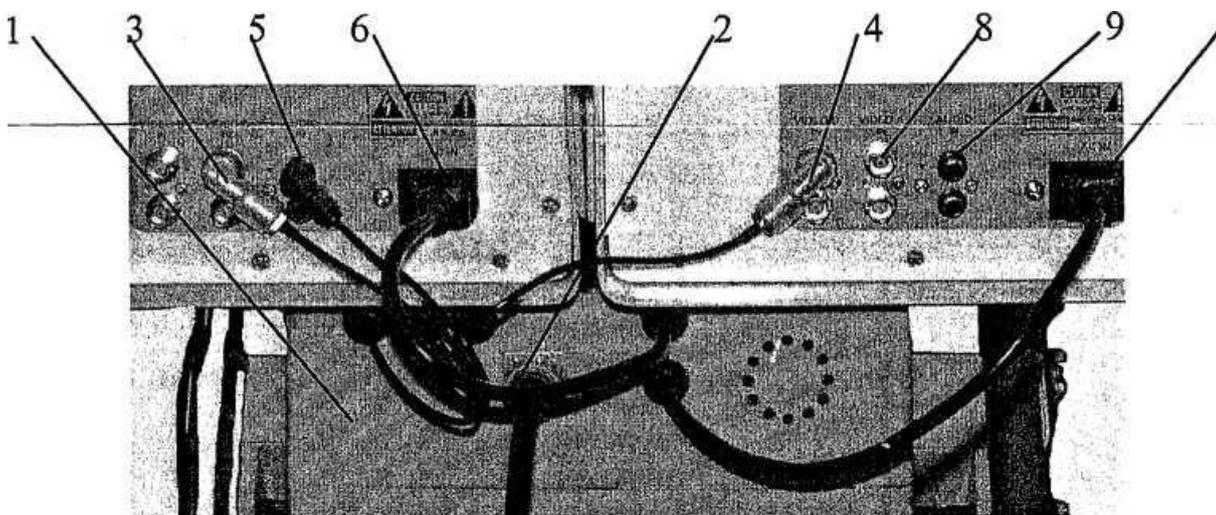


Рисунок 10- Распределительная коробка ПДУ

Кабели видео подключены к разъемам 3 и 4 мониторов, кабель аудио - к разъему 5, а кабели питания - к разъемам 6 и 7 соответственно. В передней части коробки смонтирован разъем для подключения ПУ.

ПУ включает в себя следующие блоки: модуль процессора CPU188-5MX и блок питания типа 7112/24. ПУ служит для формирования управляющих сигналов и передачи их в канал связи, а также для отображения информации, поступающей от МР.

3. Модернизация поста дистанционного управления МРК-27

Пост дистанционного управления МРК-27 требует определенных навыков и долгого обучения, для грамотной эксплуатации ходовой части и манипулятора. Так как управление МРК-27 воспроизводится аналоговыми джойстиком, и кнопочным переключением звеньев манипулятора. Именно поэтому оператор тратит большое количество времени на изучение управлением роботом в пространстве, ориентируясь только по видеоизображению, полученное с камер, установленных на корпусе МРК-27.

Исходя из анализа конструкции ПДУ и особенностей робота, можно сформулировать проблемы, возникающие при работе со стандартным ПДУ:

-Оператор не может полностью сосредоточиться на видеоизображении, т.к. при переключении звеньев, он всегда вынужден переводить взгляд на клавиши ПДУ для последующего переключения. Управление движением робота не является интуитивным, оператор вынужден задумываться над тем, каким именно образом можно выполнить то или иное движение робота. В то время, как даже сложное движение рукой выполняется автоматически.

-При работе робота возникает угроза повреждение манипулятора или груза в следствии отсутствия тактильной обратной связи.

Перечисленные проблемы, позволяют сформулировать основные требования к разрабатываемому устройству:

-Управление роботом должно быть интуитивным на основе движения

человеческой руки.

- Робот оснащается стереоскопической системой технического зрения с параллельными осями камер и ПУ должен обеспечить восприятие оператором стереоскопической информации.

- Стереокамеры имеют возможность поворачиваться в 2-х плоскостях, пульт управления должен вырабатывать сигналы для поворота камер на основе поворота головы оператора.

- Должна быть предусмотрена силомоментная обратная связь, позволяющая оператору определить возникновение проблем в движении робота.

Исходя из требований к разрабатываемому устройству предлагается следующие:

- Регулируемый экзоскелет, с датчиками положения и электромагнитным тормозом.

- Силомоментная связь на каждом сочленении, которое будет создавать усилие оператору, в случае если робот не может совершить заданное движение.

- Стереоскопические очки с возможностью определения угла поворота головы оператора, для передачи этих сигналов на камеры, установленные на роботе. Предлагаются очки Oculus Rift в качестве готового решения, которое не нуждается в разработке.

- Устройство управления строится на основе одноплатного промышленного компьютера с шиной PC-104 и слотами расширения. Advantech UNO-2184G.

- Подключение осуществляется при помощи модуля Wi-Fi или кабелем.

Данная конфигурация позволяет не разрабатывать дополнительные электронные компоненты. Отсутствует необходимость написания собственных драйверов, так как данные комплектующие выпускаются серийно и поставляются с собственным программным обеспечением.

В качестве электромагнитного тормоза используются двигатели

постоянного тока с планетарным редуктором и встроенным оптическим энкодером PT4835.

3.1 Очки виртуальной реальности Oculus Rift DK2

Используется разъем DVI, имеется возможность подключение по HDMI. Для передачи данных с трекера используется USB, также выведен дополнительный разъем питания.



Рисунок 11 – Очки Oculus Rift DK2

В отличие от других 3D технологий, в Oculus Rift для формирования стереоэффекта не используются затворы или поляризаторы. Изображения для каждого глаза выводятся на один дисплей рядом (каждое изображение занимает немного меньше половины дисплея), затем геометрия изображения корректируется при помощи линз для увеличения поля зрения.



Рисунок 12 – Очки Oculus Rift DK2 вид изнутри

Стереоскопический эффект на новом дисплее усилен из-за того, что поля зрения для правого и левого глаза не перекрываются на 100 %. Для левого глаза доступен небольшой дополнительный фрагмент картинка слева, для правого — справа, что приближает Rift к нормальному человеческому зрению.

Поле зрения имеет размеры немного более 90 градусов по горизонтали (110 градусов по диагонали), что примерно в два раза больше, чем у массово производившихся ранее видеоочков и шлемов VR.

Устройство требует индивидуальной настройки для использования, а также разовой предварительной калибровки магнитного сенсора.

В наборе разработчика DK2 используется дисплей разрешением 1080p. У второй версии очков Oculus Rift уменьшена задержка и увеличено разрешение экрана до 1920x1080 по сравнению с версией DK1.

Это одна из главных функций, которых пока нет у конкурентов Oculus Rift. Сейчас что бы посмотреть направо вам будет нужно нажимать кнопку на клавиатуре или работать мышкой. В Oculus Rift вам достаточно просто повернуть голову.

Использование Oculus Rift не вызывает усталость глаз тем самым снижается психофизиологическая нагрузка на оператора. В шлеме Oculus Rift глаза не сфокусированы на одном объекте, а перманентно смотрят на разные

предметы на разных расстояниях. Поэтому зрительный орган человека работает в привычном режиме используемый в реальной жизни. Использование Oculus Rift можно считать безопасным.

3.2. Промышленный компьютер Advantech UNO-2184G

UNO-2184G — новую линейку промышленных встраиваемых компьютеров серии UNO на базе процессоров Intel 4-го поколения, поддерживающих новую модульную технологию Advantech iDoor и отказоустойчивый интерфейс Gigabit Ethernet.



Рисунок 13 – Промышленный компьютер Advantech UNO-2184G

Компьютеры UNO-2483G оснащены новыми высокопроизводительными материнскими платами, совместимыми с процессорами Intel 4-го поколения. Для полноценного удовлетворения самого широкого спектра задач SCADA - приложений и систем видеонаблюдения используется процессор Core i7-4650U.

UNO-2184G успешно применяется в системах видеонаблюдения. Четыре порта Gigabit Ethernet сетевой карты Intel, поддерживает технологии непрерывной доступности (Fault Tolerance), агрегирования каналов (Lnk Aggregation) и распределения нагрузки (Load Balancing) для выполнения функций резервирования сетевых соединений. Технология Intel AMT позволяет получать удаленный доступ к UNO-2184G через Ethernet даже если операционная система дала сбой и недоступна.

Новая технология Advantech iDoor позволяет значительно расширить функционал UNO-2184G на базе модульной концепции. Модули системы iDoor позволяют получить следующие дополнительные возможности: поддержку полевых протоколов, таких, как Profibus, Profinet, EtherCAT и Powerlink, расширение памяти для хранения данных, поддержку дополнительных каналов аналогового и дискретного ввода/вывода, поддержку глобальных (WAN), городских (MAN) и локальных (LAN) сетей посредством Wi-Fi, GPS, GPRS и LTE, а также поддержку вспомогательных модулей, таких, как датчики температуры, яркости, «умных» счетчиков и т.д.

Промышленные встраиваемые компьютеры UNO-2483G отличаются высокой производительностью графической подсистемы благодаря графическому процессору Intel HD Graphics 4400. При этом интерфейс HDMI поддерживает максимальное разрешение 4096x2034 точек. UNO-2184G также имеет два порта USB 2.0, два порта USB 3.0 и два слота расширения Mini-PCIe.



Рисунок 14 – Промышленный компьютер Advantech UNO-2184G

3.3. АКБ DELTA HR 12-34w

Аккумуляторы DELTA - промышленные аккумуляторные батареи, представленные на российском рынке с 2003 г.

Производство расположено в Китае, на крупнейших заводах-партнерах DELTA. Аккумуляторы под маркой DELTA - это высококачественные VRLA батареи (Valve Regulated Lead Acid - свинцово-кислотные батареи с клапанным

регулированием) для источников бесперебойного питания, систем связи и коммуникаций, охранно-пожарных систем, медицинского оборудования и других сфер.

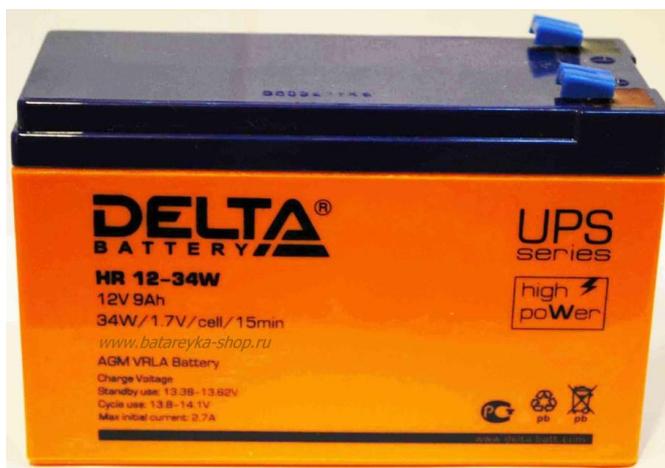


Рисунок 15 – АКБ DELTA HR 12-34w

Разница между аккумуляторами "общего применения (GP) " и "повышенной энергоотдачей (HR) " Как понятно из названия, первый вид АКБ хорошо работает в буферном режиме, а второй в циклическом. Однако на ответственных постах энергозащиты, принято применять АКБ повышенной энергоотдачи и для работы в буферном режиме. Глубина допустимого разряда у вторых больше, поэтому как следствие на таких АКБ источник бесперебойного питания будет работать дольше.

Для питания аппаратного обеспечения корпуса выбирается данный аккумулятор в количестве 2 штуки.

3.4. Коллекторные двигатели постоянного тока.

Мотор-редуктор серии РТ4835 состоит из реверсивного коллекторного двигателя постоянного тока и планетарного редуктора. Передаточные числа редукторов 4,5 ~ 313. Максимальный крутящий момент - 208 кг*см. Мотор-редукторы РТ4835 могут быть укомплектованы оптическим энкодером или

электромагнитным тормозом. Мощность составляет 35 Вт. Напряжение 12 В. Номинальный ток электродвигателя 2,9 А.

Преимущества:

- Линейная зависимость момента от тока (за исключением режима прерывистых токов при ШИМ и малой электромагнитной постоянной)
- Недорогие и доступные
- Высокий КПД
- Возможны сравнительно простые схемы управления
- Высокий пусковой момент



Рисунок 16 – Мотор-редуктор серии РТ4835

Данные ДПТ со встроенными энкодорами и редукторами установлены на корпус экзоскелета. Редуктор необходим для дополнительного утяжеления движения руки в пространстве.

Для проекта выбран двигатель постоянного тока со следующими характеристиками:

- Передаточное число редуктора: 127

- Длина редуктора: 66мм
- КПД: 0,74
- Скорость на выходе: 24
- Скорость без нагрузки: 28
- Крутящий момент на выходе: 84,6 кг*см

Энкодеры разделяют на 1-канальные, 2-канальные и 2-канальные с индексной меткой. Одноканальные энкодеры формируют на выходе одну последовательность импульсов. Путем подсчета числа импульсов можно определить угол поворота вала. Недостатком одноканальных энкодеров является отсутствие информации о направлении вращения. При обработке информации с таких энкодеров нередко возникает путаница с направлением вращения, в результате чего угол поворота диска определяется неправильно. Двухканальные энкодеры формируют два канала импульсов (А и В) так, что импульсы в каналах сдвинуты по фазе на четверть периода. Такая последовательность импульсов позволяет определить направление вращения диска. Конструкция такого энкодера на примере оптической реализации представлена на Рис. 17. Она содержит два чувствительных элемента, расположенных таким образом, что свет фотодиода через прорезь на диске может одновременно освещать оба фотодиода.

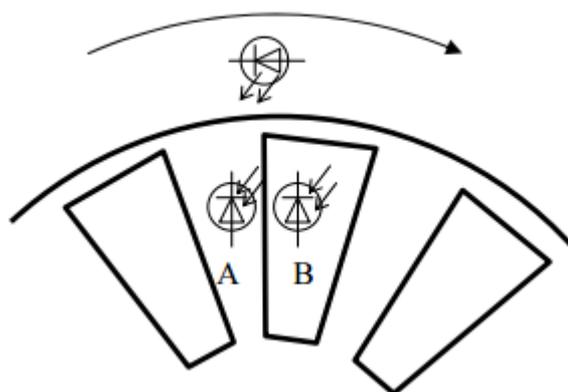


Рисунок 17 - Конструкция двухканального энкодера

При вращении такого энкодера в прямом направлении импульсы с канала А на четверть периода опережают импульсы канала В. А при вращении в обратном направлении импульсы канала В опережают импульсы канала А на четверть периода (Рис. 18).

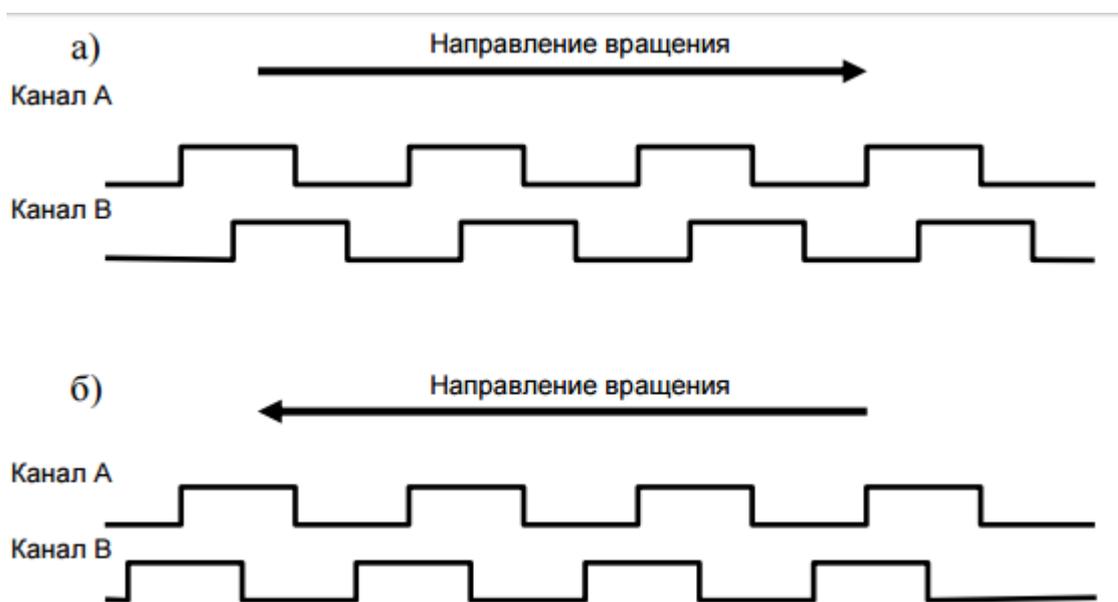


Рисунок 18 - Диаграммы импульсов в двухканального энкодера: а) при вращении в прямом направлении; б) при вращении в обратном направлении

Двухканальные энкодеры с индексной меткой аналогичны двухканальным энкодерам. Дополнительно один раз за поворот диска они формируют сигнал с индексной меткой (нуль-меткой). Сигнал индексной метки обычно применяют для изначальной калибровки системы: вал на медленной скорости поворачивают до тех пор, пока не сработает индексная метка. После ее срабатывания счетчик импульсов каналов А и В сбрасывают и считают абсолютное положение вала относительно данной нуль-метки.

В реальных механических системах нередко возникают микроколебания, которым подвержены вал двигателя, вал энкодера и другие элементы конструкции. Эти колебания могут вызывать «дребезг» коммутации контактов.

В результате этого «дребезга» реальные сигналы с энкодеров в общем случае выглядят так, как показано на Рис.19.

Меры борьбы с цифровым дребезгом актуальны для реальных схем.

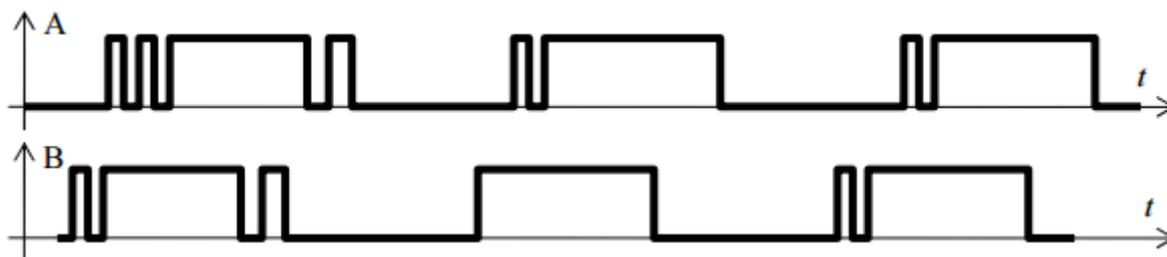


Рисунок 19 - Иллюстрация «дребезга» на выходе двухканального энкодера

Есть несколько способов программной борьбы с дребезгом:

- программная фильтрация;
- использование машины состояний.

Программная фильтрация заключается в том, что регистрирующий процессор хранит состояние выхода. Переход в противоположенное состояние происходит тогда, когда несколько измерений подряд входной сигнал имеет противоположенное состояние. Например, текущее состояние «0». В состояние «1» система перейдет только тогда, когда в течение 3 измерений подряд с интервалом 30 мкс входной сигнал имеет состояние «1». Большим недостатком программной фильтрации является сложность программной реализации, сложность подбора оптимального числа измерений и большая ресурсоемкость. Микропроцессор вместо полезной работы занят отслеживанием состояния входа и его программной фильтрацией. Более эффективным способом борьбы с дребезгом является использование машины состояний. Машина состояний позволяет подсчитать количество меток инкрементного энкодера с учетом направления и автоматической борьбой с дребезгом. При использовании машины состояний каждому совместному состоянию канала А и канала В присваивают номер состояния. Удобно этот номер назначать путем формирования целого числа, нулевой бит которого является состоянием канала

A, а первый – состоянием канала В. В результате получается 4 состояния (Табл. 1), проиллюстрированные на Рис. 20.

Таблица 1 – Состояние каналов

Номер состояния	Состояние канала В	Состояние канала А
0	0	0
1	0	1
2	1	0
3	1	1

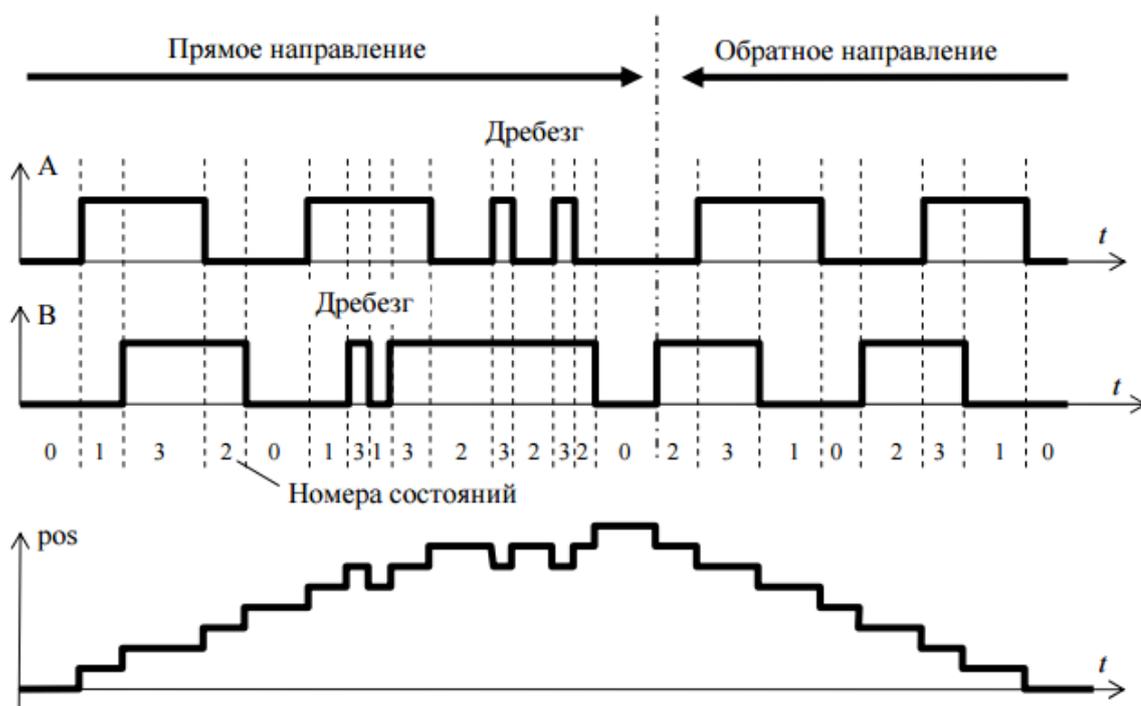


Рисунок 20 - Иллюстрация принципа работы машины состояний для обработки двухканального инкрементного энкодера

Для реализации данного алгоритма предлагается следующий машинный код, приведенный на языке C:

```
char state = 0; // предыдущий номер состояния
short pos = 0; // подсчитанное число меток
// основной цикл (или прерывание)
```

```

// чтение каналов А и В и формирование
// номера нового состояния (s).
// в данном случае GetChannelA или GetChannelB
// возвращают состояние каналов 0 или 1. Показание
// канала А помещается в нулевой бит s, а показание
// канала В – в первый бит s.
char s = GetChannelA() | (GetChannelB() << 1);
// действия в зависимости от предыдущего состояния switch(state)
{ case 0: // из состояния 0 можно попасть в состояние:
// 1 – тогда это движение вперед;
// или 2 – тогда это движение назад.
if (s == 1) { pos++; state=s; break; }
if (s == 2) { pos--; state=s; break; }
break;
case 1:
// из состояния 1 можно попасть в состояние:
// 3 – тогда это движение вперед;
// или 0 – тогда это движение назад.
if (s == 3) { pos++; state=s; break; }
if (s == 0) { pos--; state=s; break; }
break;
case 2:
// из состояния 2 можно попасть в состояние:
// 0 – тогда это движение вперед;
// или 3 – тогда это движение назад.
if (s == 0) { pos++; state=s; break; }
if (s == 3) { pos--; state=s; break; }
break;
case 3:
// из состояния 3 можно попасть в состояние:

```

```

// 2 – тогда это движение вперед;
// или 1 – тогда это движение назад
if (s == 2) { pos++; state=s; break; }
if (s == 1) { pos--; state=s; break; }
break; }

```

3.5. Решение прямой задачи кинематики человеческой руки

Определим матрицу преобразования координат T_N руки человека, элементы которой используются при составлении системы уравнений для решения прямой задачи кинематики [3]. Кинематическая структурная схема руки человека представлена на рисунке 17.

Поставим каждому i -тому звену в соответствие свою ортогональную систему координат $X_i Y_i Z_i$, $i=0, 1, 2, \dots, N$.

$X_0 Y_0 Z_0$ – неподвижная инерциальная система координат, связанная со стойкой;

$X_N Y_N Z_N$ – система координат рабочего органа;

$X_i Y_i Z_i$, $i=1, N-1$ – локальные системы координат, связанные с подвижными звеньями.

Построим системы координат по способу Денавита-Хартенберга и определим параметры преобразования координат при переходе от системы i -го звена к системе $i-1$.

Структурная схема руки человека с системами координат, построенные по способу Денавита-Хартенберга представлены на рисунке 21 [6].

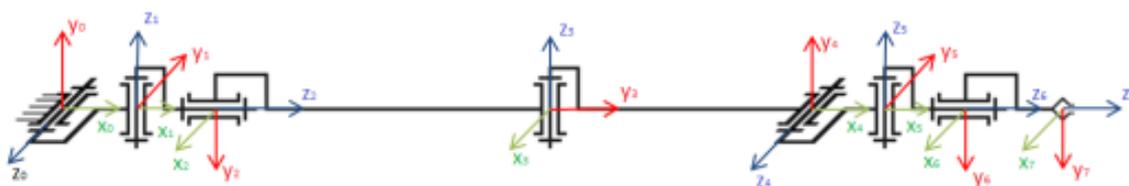


Рисунок 21 – Структурная схема человеческой руки

Матрица T_7 , задающая положение системы координат рабочего органа $X_7Y_7Z_7$ в инерциальной системе координат $X_0Y_0Z_0$ определится как:

$$T_7 = A_1 A_2 A_3 A_4 A_5 A_6 A_7.$$

Матрица A_i , задающая положение системы i -го звена в системе $i-1$ имеет вид:

$$A_{i=} \begin{bmatrix} \cos\theta_i & -\sin\theta_i \cos\alpha_i & \sin\theta_i \sin\alpha_i & a_i \cos\theta_i \\ \sin\theta_i & \cos\theta_i \cos\alpha_i & -\cos\theta_i \sin\alpha_i & a_i \sin\theta_i \\ 0 & \sin\alpha_i & \cos\alpha_i & S_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$A_{1=} \begin{bmatrix} \cos\theta_1 & 0 & -\sin\theta_1 & a_1 \cos\theta_1 \\ \sin\theta_1 & 0 & \cos\theta_1 & a_1 \sin\theta_1 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$A_{2=} \begin{bmatrix} \cos\theta_2 & 0 & -\sin\theta_2 & 0 \\ \sin\theta_2 & 0 & \cos\theta_2 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$A_{3=} \begin{bmatrix} \cos\theta_3 & 0 & \sin\theta_3 & 0 \\ \sin\theta_3 & 0 & -\cos\theta_3 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & S_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$A_{4=} \begin{bmatrix} \cos\theta_4 & 0 & \sin\theta_4 & a_4 \cos\theta_4 \\ \sin\theta_4 & 0 & -\cos\theta_4 & a_4 \cos\theta_4 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$A_{5=} \begin{bmatrix} \cos\theta_5 & 0 & -\sin\theta_5 & a_5 \cos\theta_5 \\ \sin\theta_5 & 0 & \cos\theta_5 & a_5 \sin\theta_5 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$A_6 = \begin{bmatrix} \cos\theta_6 & 0 & -\sin\theta_6 & 0 \\ \sin\theta_6 & 0 & \cos\theta_6 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$A_7 = \begin{bmatrix} \cos\theta_7 & -\sin\theta_7 & 0 & 0 \\ \sin\theta_7 & \cos\theta_7 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & S_7 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

3.6. Экзоскелет

Корпус экзоскелета выполнен на 3d принтере и полностью повторяет анатомию человеческой руки. Движущиеся части и трущиеся поверхности (шарниры, шкивы) оборудованы антифрикционной парой БР ОЦС 5-5-5.

Мотор-редукторы закреплены хомутами на корпусе экзоскелета и рюкзака. Шкивы закреплены на валу мотор-редукторов стопорным кольцом [7].

Управление схватом производится рукояткой и механизмом, встроенным в нее. Движение схвата осуществляется за счет кардана в подвесе, закрепленного на кисти руки оператора, которая движется свободно в двух плоскостях. Локтевое сочленение имеет регулировку по вылету.

Регулировка плечевого сочленения выполнено аналогично локтевому сочленению. Два мотора редуктора закреплены на корпусе рюкзака для реализации движения плечевого сустава в двух плоскостях. Плечевой сустав частично закреплен на боковой стороне рюкзака, для механического ограничения движения человеческой руки.

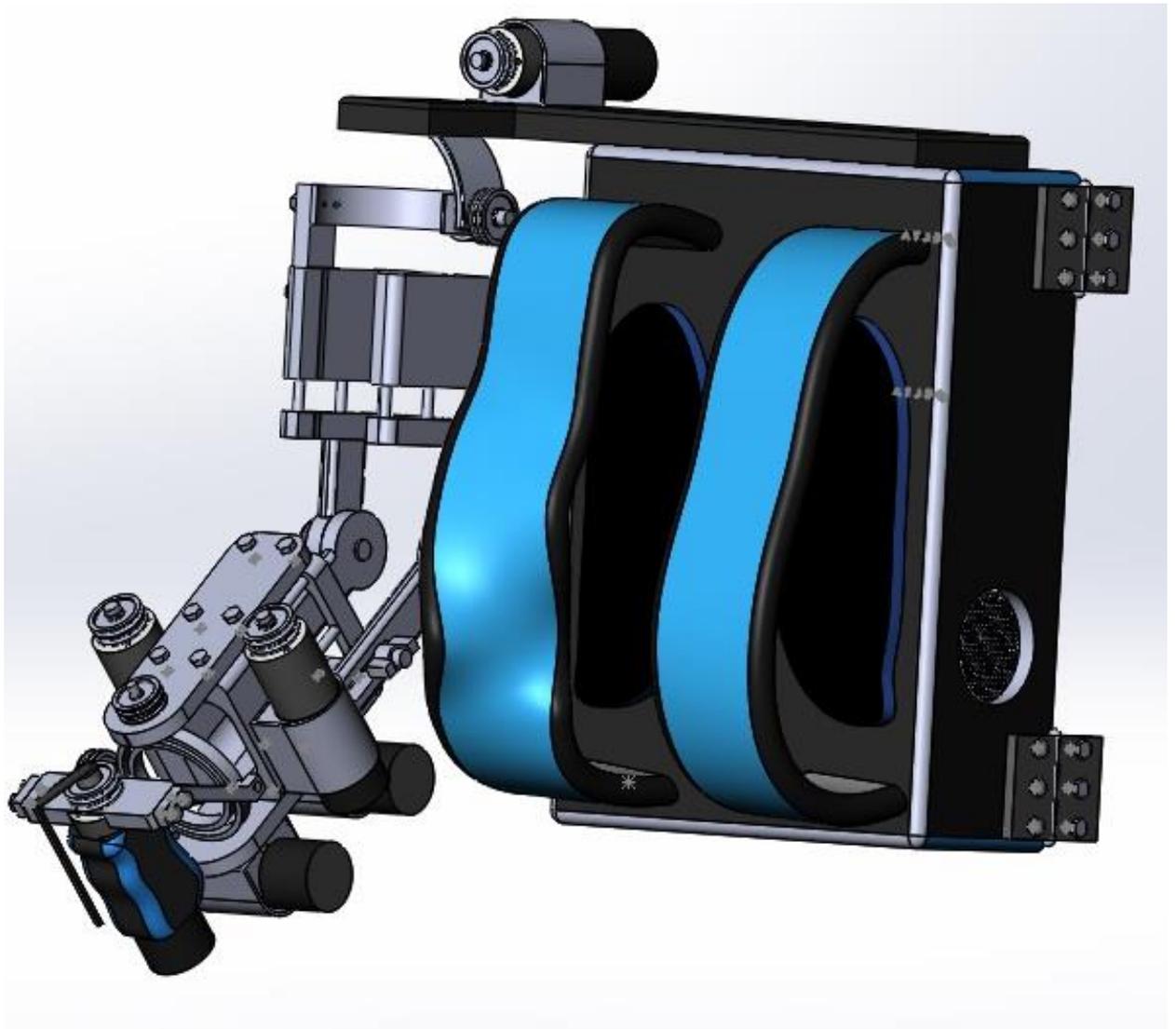


Рисунок 22 – Экзоскелет

Движение шкивов приводит тросовая передача. Тросы должны находиться в натяжении для наилучшего крутящего момента. Сигналы с оптического встроенного энкодера поступают на плату сопряжения. С платы сопряжения сигналы поступают на МРК и приводят в движение манипулятор, следуя геометрии движения руки оператора в пространстве.

Для обеспечения работоспособности всех узлов экзоскелета источники питания расположены в корпусе рюкзака.

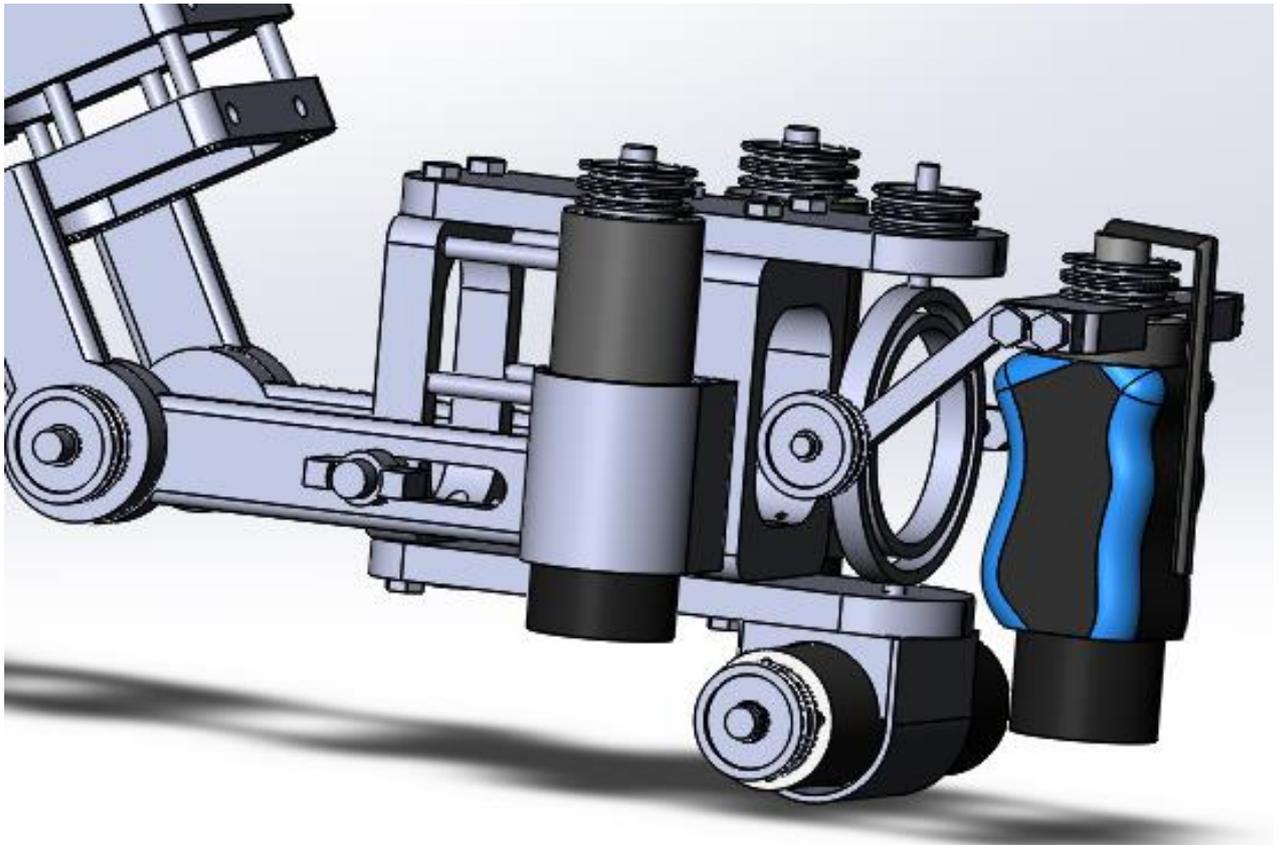


Рисунок 23 – Экзоскелет вид сбоку

3.7. Моделирование

Для того, чтобы понять, как будет работать силомоментная обратная связь, а точнее влияние обратной связи по разности скоростей в присоединенных координатах робота и экзоскелета, необходимо построить модель степеней подвижности, упрощенную модель степени подвижности робота и человеческой руки и построить модель двигателя постоянного тока с независимым возбуждением. В результате мы должны получить график, где отображаются скорость движения руки оператора и скорость движения манипулятора, а также влияние силомоментной обратной связи на эти величины. Для решения этих задач мы используем среду моделирования Simulink.

Simulink – это графическая среда имитационного моделирования, позволяющая при помощи блок-диаграмм в виде направленных графов, строить

динамические модели, включая дискретные, непрерывные и гибридные, нелинейные и разрывные системы.

Интерактивная среда Simulink, позволяет использовать уже готовые библиотеки блоков для моделирования электросиловых, механических и гидравлических систем, а также применять развитый модельно-ориентированный подход при разработке систем управления, средств цифровой связи и устройств реального времени.

Дополнительные пакеты расширения Simulink позволяют решать весь спектр задач от разработки концепции модели до тестирования, проверки, генерации кода и аппаратной реализации. Simulink интегрирован в среду MATLAB, что позволяет использовать встроенные математические алгоритмы, мощные средства обработки данных и научную графику.

3.8. Модель двигателя постоянного тока с независимым возбуждением

Математическое описание ДПТ НВ и его Simulink-модель.

Двигатель постоянного тока независимого возбуждения (рис. 24), описывается следующей системой дифференциальных и алгебраических уравнений в абсолютных единицах:

$$1) \quad u = e + R * i + L \frac{di}{dt};$$

$$2) \quad M - M_c = J \frac{d\omega}{dt};$$

$$3) \quad M = C_M * \Phi * i;$$

$$4) \quad e = C_\omega * \Phi * \omega;$$

где:

u - напряжение на якорной обмотке двигателя,

e - электродвижущая сила (ЭДС) якоря,

i - ток якоря,

Φ - поток, создаваемый обмоткой возбуждения,

M - электромагнитный момент двигателя,

M_C - момент сопротивления движению,

ω - скорость вращения вала двигателя,

R - активное сопротивление якорной цепи,

L - индуктивность якорной цепи,

J - суммарный момент инерции якоря и нагрузки,

C_ω - коэффициент связи между скоростью и ЭДС,

C_M - коэффициент связи между током якоря и электромагнитным моментом.

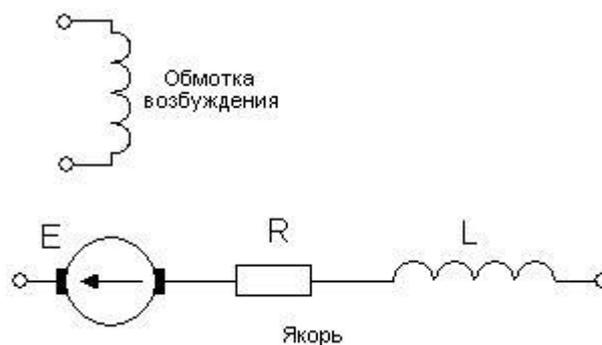


Рисунок 24 – Структурная схема двигателя постоянного тока

С точки зрения будущей модели, входными воздействиями являются напряжения якоря u и момент сопротивления движению M_C , выходными переменными - электромагнитный момент двигателя M и скорость вращения

вала двигателя, а переменными состояния - переменные стоящие под знаком производной (ток якоря i и скорость вращения вала двигателя ω).

Сначала необходимо получить передаточные функции, применив к дифференциальным уравнениям, преобразование Лапласа. Дифференциальное уравнение (1) даст передаточную функцию, связывающую ток якоря и падение напряжения на якоре.

Уравнение (2) дает передаточную функцию, связывающую динамический момент и скорость вращения вала двигателя. В итоге можно составить Simulink-модель двигателя.

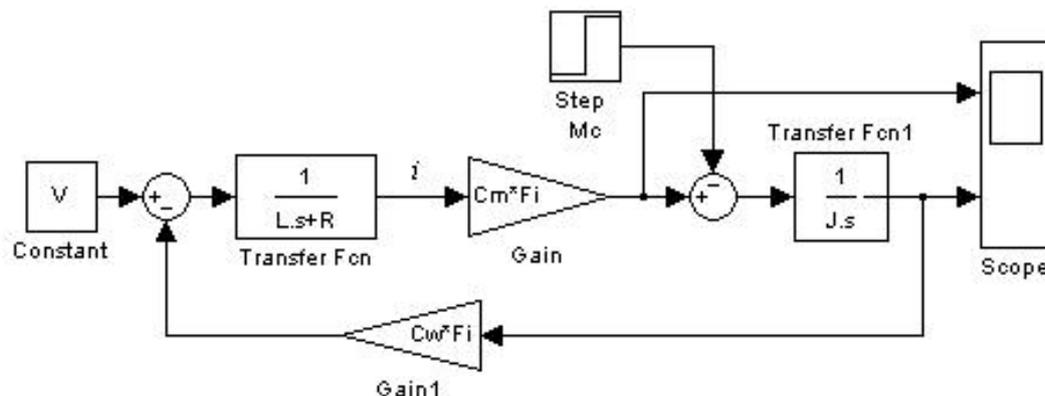


Рисунок 25 – Модель ДПТ в Simulink

Внесем незначительные изменения в модель, для дальнейшего моделирования всех необходимых узлов. Зададим параметры и модель будет иметь следующий вид:

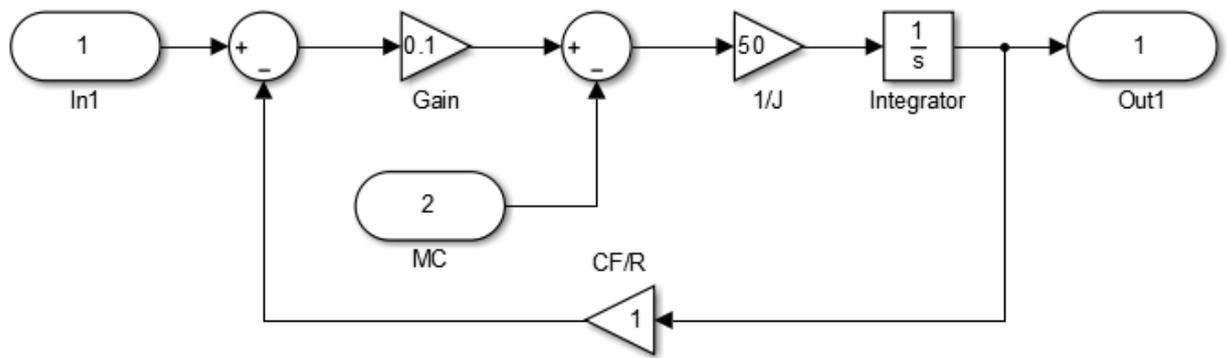


Рисунок 26 – Подбор коэффициентов в модели Simulink

3.9. Упрощенная модель степеней подвижности манипулятора робота и человеческой руки.

Моделировать все степени подвижности человеческой руки и манипулятора робота, крайне сложная и кропотливая работа. Нам необходимо наглядно увидеть, хотя бы работу одной степени подвижности и ее реакцию на препятствие. Основная задача, отследить ход работы и произвести настройку системы одного звена. Также убедиться, что система исправна и работает корректно.

В блок DC motor (subsystem) установлена модель ДПТ, которую мы сделали ранее. В блок muscle установлена подобная модель, с небольшими корректировками коэффициентов. Осуществлен подбор коэффициентов обратной связи и усиления на вход DC motor и muscle, как для манипулятора, так и для человека.

Далее эта модель будет подсистемой конечной системы, где и будут отображены входные и выходные сигналы.

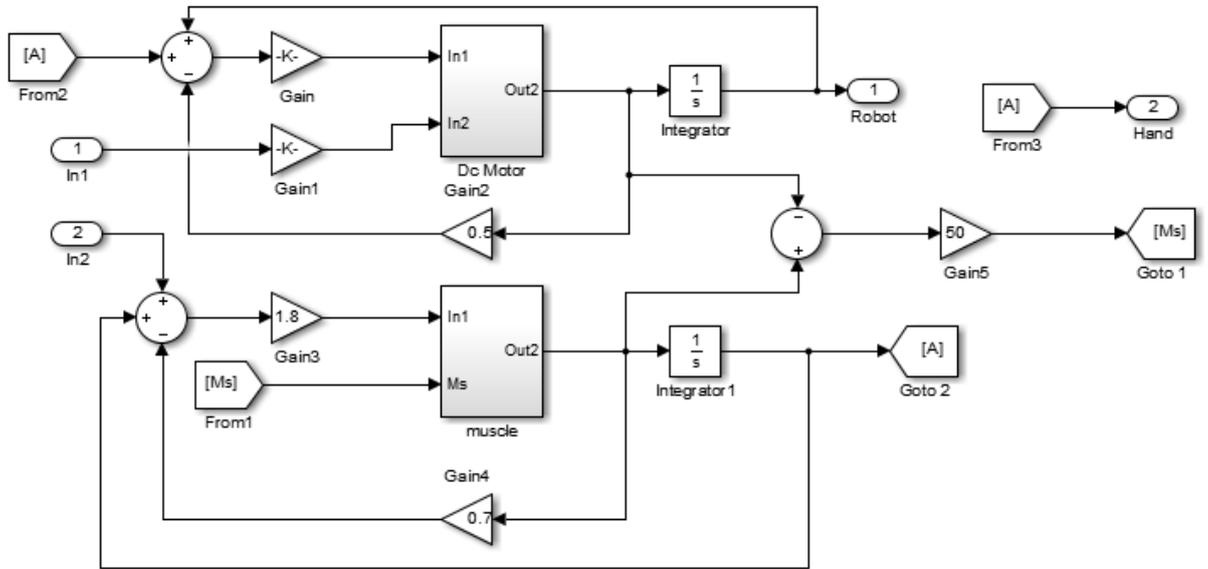


Рисунок 27 – Упрощенная модель подвижности робота и человека

Далее эта модель будет подсистемой конечной системы, где и будут отображены результаты работы.

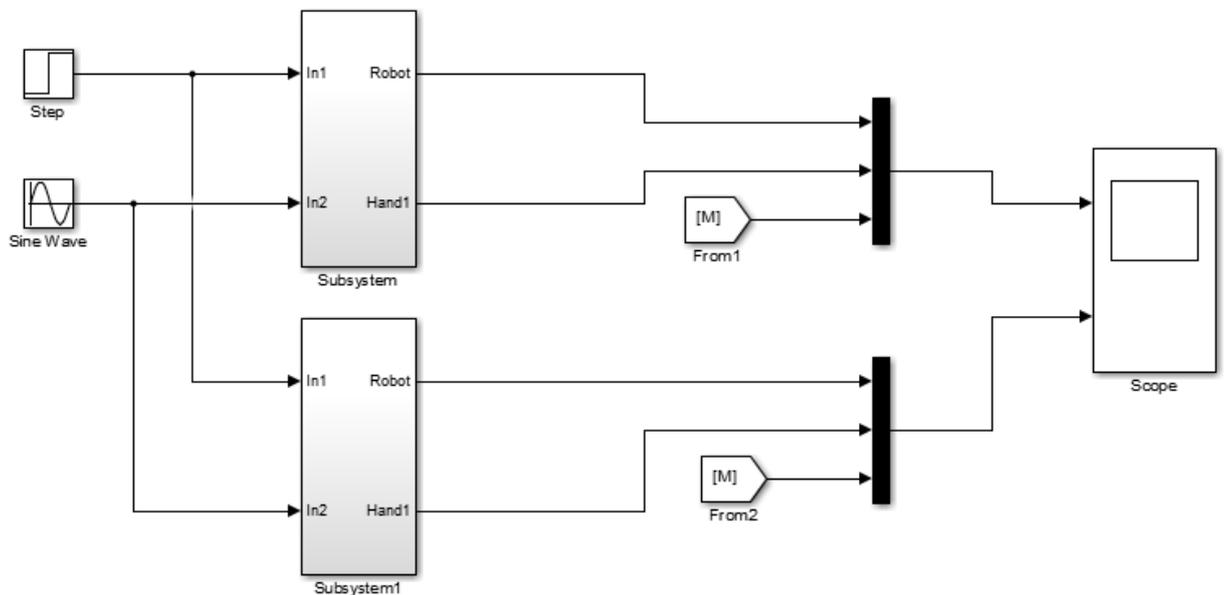


Рисунок 28 – Модель степени подвижности

На рисунке 29 изображена выходная характеристика сочленения экзоскелета (руки оператора) и сочленение робота. Мы можем наблюдать, как осуществляется управление манипулятором при помощи экзоскелета с некоторой задержкой управления. В тот самый момент противодействия движения робота, что может выступать абсолютно любой предмет со значительными габаритами и внушительной массой. В момент, когда хват манипулятора упирается в предмет и происходит увеличение токовых нагрузок двигателей, установленных на манипуляторе включается силомоментная обратная связь на ДПТ установленных на экзоскелете. Тем самым создавая дополнительное усилие или полную блокировку сочленения (степени подвижности), которая оказалось под угрозой повреждения.

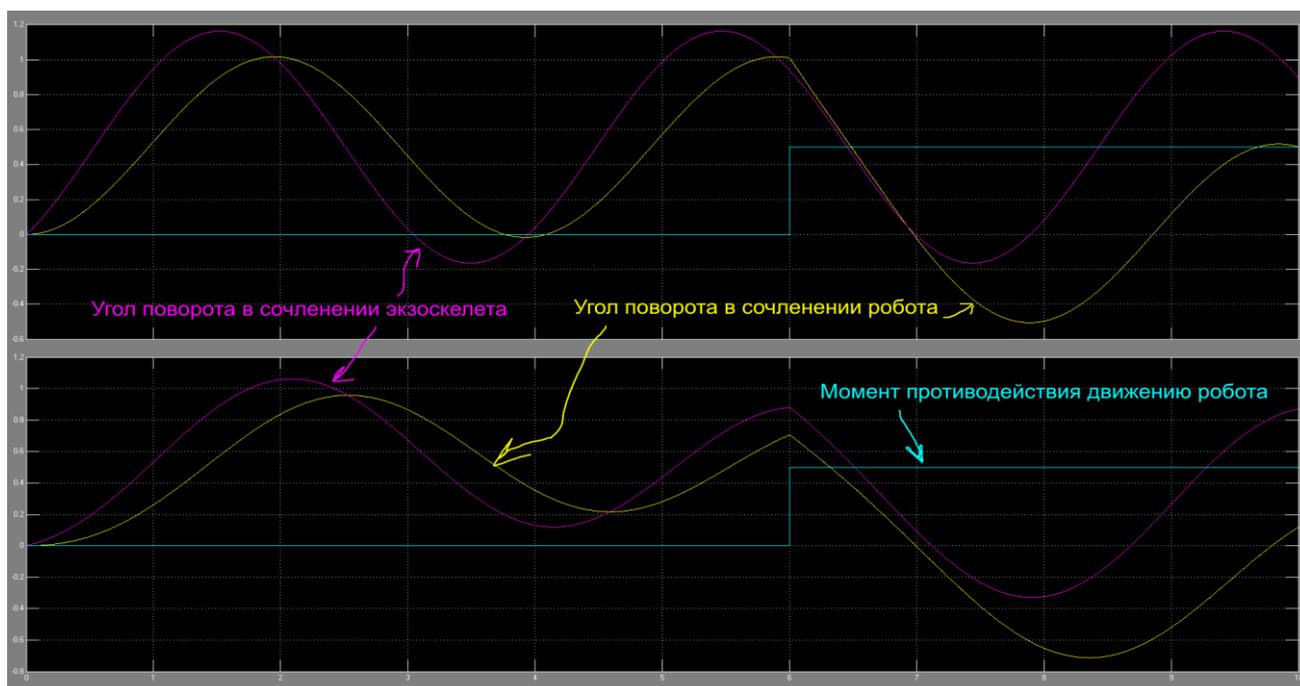


Рисунок 29 – Выходная характеристика одной степени подвижности

На графике очевидно видна работа силомоментной обратной связи, измененная геометрия характеристики в момент противодействия робота. Что подтверждает наличие усиления в сочленении экзоскелета. Тем самым и отсутствие возможности повреждения манипулятора и робота в целом.

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В экономической части работы содержится исследование всех сторон функционирования анализируемого объекта, включая объем производства, способы реализации продукции, эффективное использование трудовых ресурсов, производственных затрат, финансовых результатов. Акцент в экономическом разделе делается на определении взаимосвязи всех показателей функционирования, чтобы выявить факторы эффективной деятельности. анализируются показатели затрат на производство, производственных ресурсов, результаты деятельности предприятия, прибыльность или убыточность, уровень рентабельности. В процессе осуществления анализа выявляются причины, которые негативно влияют на деятельность предприятия.

Анализ производственных ресурсов проводится в трех аспектах: трудовые ресурсы, основные фонды, материальные запасы. То есть необходимо исследовать наличие трудовых резервов и их использование. Для анализа потребуется документация о численности и заработной плате сотрудников. Следует оценить основные фонды, насколько автоматизировано производство или существует механический способ производства, необходимость в обновлении производственной базы, износ основных фондов. Именно от оборудования зависит эффективность производства, поэтому его анализ необходим. Чтобы проанализировать технический уровень производства, необходимо исследовать показатели движения, эффективное использование оборудования, обеспеченность оборудованием предприятия.

Далее следует анализировать затраты по основному виду деятельности, определить себестоимость, затраты. В производственном предприятии необходимо продумать, как снизить себестоимость, не потеряв качества продукции.

Анализ результатов деятельности является завершающим этапом, где исследуется прибыль от продаж, налоги, чистая прибыль, рентабельность, уровень ликвидности предприятия, финансовая стабильность.

Расчет основных показателей зависит от темы диплома и объекта исследования. Возможно, необходимо заострить внимание на трудовых ресурсах или материальном стимулировании работников.

4.1. Планирование научно-исследовательских работ

Планирование научно-исследовательской работы имеет важное значение для ее рациональной организации.

Научно-исследовательские организации и образовательные учреждения разрабатывают планы работы на год на основе целевых комплексных программ, долгосрочных научных и научно-технических программ, хозяйственных договоров и заявок на исследования, представленных заказчиками.

Научная работа кафедр учебных заведений организуется и проводится в соответствии с планами работы на учебный год. Профессора, преподаватели и аспиранты выполняют научно-исследовательские работы по индивидуальным планам

4.2. Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научного исследования формируется рабочая группа, в состав которой входят студент-дипломник и один руководитель. Порядок этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этап работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Подбор и изучение материалов по теме в российских изданиях	С	С-100%
Подбор и изучение материалов по теме в зарубежных изданиях	С	С-100%
Календарное планирование работ по теме	НР	НР-100%
Проведение теоретических расчетов и обоснований	С	С-100%
Оценка эффективности полученных результатов и определение целесообразности проведения ОКР	С, НР	С-100%, НР-100%
Разработка блок-схемы, принципиальной и функциональной схемы	С	С-100%
Проведение экспериментов	С	С-100%
Аналитика результатов экспериментов	С, НР	С-100%, НР-100%
Разработка программного обеспечения	С	С-100%
Лабораторные испытания системы	С	С-100%
Оформление расчетно-пояснительной записки	С	С-100%
Оформление графического материала	С	С-100%
Проверка работы и подведение итогов	НР, С	НР-100%

4.3 Определение трудоемкости выполнения работ

Для расчета ожидаемого значения продолжительности работ $t_{ож}$ применяется две оценки: t_{min} и t_{max} (метод двух оценок).

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5},$$

где t_{min} – минимальная трудоемкость работ, чел/дн.;

t_{max} – максимальная трудоемкость работ, чел/дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{Ч_i},$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожи}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

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

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни.

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал},$$

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

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

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

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

где $T_{кал}$ – количество календарных дней в году;

$T_{вых}$ – количество выходных дней в году;

$T_{пр}$ – количество праздничных дней в году.

Для выполнения перечисленных в таблице 1 работ требуются специалисты: студент, научный руководитель.

4.4 Разработка графика проведения научного исследования

Календарный план-график представлен в таблице 3.

Где  - руководитель,  - студент

Таблица 3 – Временные показатели проведения научного исследования

№ Работы	Трудоёмкость работ			Исполнители	Длительность работ в календарных днях T_k	Длительность работ в рабочих днях T_p
	t_{min} , чел-дни	t_{max} , чел-дни	$t_{ож}$, чел-дни			
1	3	5	3.8	Р, С	3	3
2	3	5	3.8	С	12	6
3	2	4	2.8	С	4	4
4	1	2	1.4	Р	2	2
5	3	5	3.8	С	12	6
6	1	2	1.4	Р, С	1	1
7	3	7	4.6	С	14	7
8	2	5	3.2	С	12	5
9	1	2	1.4	Р	2	2
10	8	10	8.8	С	31	24
11	5	7	5.8	С	9	9
12	3	5	3.8	С	9	6
13	3	5	3.8	Р	6	6
Итого					117	81

Таблица 4 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ работы	Вид работы	T_{ki}	Исполнители	Февраль			Март			Апрель			Май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение технического задания	3	Р, С	■											
2	Подбор и изучение материалов по теме	12	С		■										
3	Проведение патентных исследований	4	С			■									
4	Календарное планирование работ по теме	2	Р			■									
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	12	С			■									
6	Оценка эффективности полученных результатов и определение целесообразности проведения ОКР	1	Р, С					■							
7	Разработка блок-схемы, принципиальной и функциональной схемы	14	С					■							
8	Выбор и расчет конструкции	12	С							■					

4.5. Бюджет научно-технического исследования

4.5.1. Расчет материальных затрат

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_{\text{м}} = (1 + k_{\text{T}}) \cdot \sum_{i=1}^m Ц_i \cdot N_{\text{расх}i} ,$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{\text{расх}i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг и т.д.);

$Ц_i$ – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг и т.д.);

k_{T} – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, примем равным 5%.

Расчеты представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Материальные затраты

Наименование	Цена	Кол-во	Сумма
Бумага для принтера формата А4	270	4 уп.	1080
Картридж для принтера	1800	2 шт.	3600
Канцелярские принадлежности	180	18 уп.	3240
Итого			7920

4.5.2. Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением научно-технического исследования, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$З_{\text{зп}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}} ,$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата.

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

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

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника, руб.;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица 11);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d},$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 6).

Таблица 6 – Баланс рабочего времени в календарный год

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	118	118
- выходные дни		
- праздничные дни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	223	223

Для предприятий, не относящихся к бюджетной сфере, тарифная заработная плата (оклад) рассчитывается по тарифной сетке, принятой на данном предприятии. Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 7.

Таблица 7 – Расчёт основной заработной платы

Исполнитель	Оклад	Среднедневная ставка	Затраты времени	Коэффициент	Фонд
НР	23718.51	955.2360048	81	1.699	131457,79
С	14874.45	599.0515505	81	1.62	78607,34
Итого					210065,13
Соц налог:				0.3	63019,54

4.5.3. Отчисления во внебюджетные фонды

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}),$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

$$\text{Отчисления} = 784968.8 \cdot 0,3 = 235490.6$$

4.5.4. Расчет затрат на научные и производственные командировки

Для продвижения товара необходимо выполнить ряд командировок, в частности в Москву, Воронеж и другие города в которых имеется возможность представить разработку. Для того чтобы выполнения по одной поездке в заявленные города. Необходимы средства в размере 132200 рублей.

Таблица 8 – Расчет затрат на командировки

Город	Стоимость билетов на проезд	Стоимость номера в гостинице
Москва	22300	25200
Воронеж	18000	22400
Санкт - Петербург	19800	24500
	60100	72100
ИТОГО		132200

4.5.5. Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$С_{эл.об.} = P_{об} \cdot t_{об} \cdot ЦЭ$$

где $P_{об}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$ЦЭ$ – тариф на 1 кВт·час;

$t_{об}$ – время работы оборудования, час.

Для ТПУ $ЦЭ = 5,782$ руб./квт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 5.2 для инженера (ТРД) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{об} = ТРД \cdot K_t,$$

где K_t – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к ТРД, определяется исполнителем самостоятельно. В ряде случаев возможно

определение $t_{об}$ путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{ОБ} = P_{ном.} * KС \quad (5.9)$$

где $P_{ном.}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$KС$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности $KС = 1$.

Таблица 9. Расчет затрат на электроэнергетику

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{об}$, час	Потребляемая мощность $P_{об}$, кВт	Затраты Эоб руб.
Персональный компьютер	648	0.1	374.54
Лазерный принтер	40	0.1	23.128
Мобильный робот	384	0,56	1242.93
			1640.60

4.5.6. Расчёт амортизационных расчётов

В статье «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта.

Используется формула

$$C_{AM} = \frac{N_A * C_{ОБ} * t_{рф} * n}{F_D},$$

где: N_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$C_{Об}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР. При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.;

$F_{д}$ – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году. При этом второй вариант позволяет получить более объективную оценку $C_{ам}$. Например, для ПК (244 рабочих дней при пятидневной рабочей неделе) можно принять $F_{д} = 244 * 8 = 1952$ часа;

$t_{рф}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

При использовании нескольких типов оборудования расчет по формуле делается соответствующее число раз, затем результаты суммируются.

Таблица 10. Расчет амортизации

Оборудование	Коэффициент	Цена	t	n	Fd	C
Мобильный робот	0.2	7000000	156	1	576	933333.33
Принтер	0.5	10000	40	1	500	400
Компьютер	0.4	50000	412	1	1952	26845.64
Сумма:						960578.97

4.5.7. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, почтовые и телеграфные

расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}},$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 10%.

4.5.8. Расчет общей себестоимости разработки

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 11.

Таблица 11 – Расчет бюджета затрат научно-технического исследования

Сумма	Прочие расходы
1178024	117802.3555
Итого	1295825.911
Прибыль	259165.1821
НДС	279898.3967
Итого	1834889.489

4.6. Оценка экономической эффективности проекта

Данная разработка имеет исследовательский характер и при возможности, самостоятельный продукт предполагает коммерциализацию в МВД, ФСБ, Госкорпорации Росатом и Вооруженных силах Российской Федерации. Данная работа позволит понять основные недостатки поста дистанционного управления МРК и ускорить разработку мехатронных устройств для РТК в целом, а также снизить ее стоимость, что и является фактором экономической эффективностью данного проекта. Количественная

оценка эффективности в рамках данной работы является некорректной задачей в связи с неизвестными параметрами таких разработок.

Дополнительные факторы прогнозируемого эффекта:

- Возможность внедрения разработки в госструктуры;
- Интуитивное управление манипулятором робота;
- Отсутствие угрозы повреждения манипулятора при управлении;
- Возможность функционирования в любых средах;
- Снижение вредных психофизиологических факторов;
- Возможность использования разработки на всех РТК семейства МРК.

5. Социальная ответственность

В современных условиях одним из основных направлений коренного улучшения всей профилактической работы по снижению производственного травматизма и профессиональной заболеваемости является повсеместное внедрение комплексной системы управления охраной труда.

Охрана труда – это система законодательных, социально-экономических, организационных, технологических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда [8].

Правила по охране труда и техники безопасности вводятся в целях предупреждения несчастных случаев, обеспечения безопасных условий труда работающих и являются обязательными для исполнения рабочими, руководящими, инженерно-техническими работниками.

Опасным производственным фактором, согласно [8], называется такой производственный фактор, воздействие которого в определенных условиях приводят к травме или другому внезапному, резкому ухудшению здоровья.

Вредным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению трудоспособности.

5.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Производственные условия на рабочем месте характеризуются наличием опасных и вредных факторов, которые классифицируются по группам элементов: физические, химические, биологические, психофизиологические. В таблице 12 приведены основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы.

Таблица 13 — Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	ФАКТОРЫ ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Работа на ПЭВМ, Кафедра ФЭУ НИ ТПУ	—	Электрический ток	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность
	Воздействие радиации (ВЧ, УВЧ, СВЧ и так далее)	—	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. «Гигиенические

			требования к ПЭВМ и организация работы»
	—	Пожарная безопасность	Пожаро- и взрывобезопасность промышленных объектов. ГОСТ Р12.1.004-85 ССБТ Пожарная безопасность

При работе на ПЭВМ на студента воздействуют следующие факторы:

- физические: температура и влажность воздуха; шум; статическое электричество; электромагнитное поле низкой чистоты; освещённость; наличие излучения;
- психофизиологические.

Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы, делятся на: физические перегрузки (статические, динамические) и нервно-психические перегрузки.

5.2. Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе на ПЭВМ

5.2.1. Организационные мероприятия

Весь персонал обязан знать и строго соблюдать правила техники безопасности. Обучение персонала технике безопасности и производственной санитарии состоит из вводного инструктажа и инструктажа непосредственно на рабочем месте ответственным лицом.

Проверка знаний правил техники безопасности проводится квалификационной комиссией или лицом ответственным за рабочее место после обучения на рабочем месте. После чего сотруднику присваивается соответствующая его знаниям и опыту работы квалификационная группа по технике безопасности и выдается удостоверение специального образца.

Лица, работающие на ПЭВМ, не должны иметь медицинских противопоказаний. Состояние здоровья устанавливается медицинским освидетельствованием перед устройством на работу.

5.2.2. Технические мероприятия

Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще должно располагаться в зоне легкой досягаемости рабочего пространства, в качестве примера рисунок 30 иллюстрирует зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости.

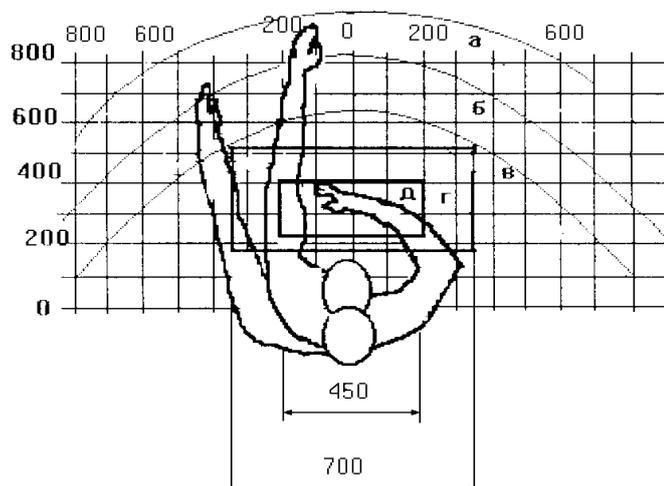


Рисунок 30 – Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости

- а – зона максимальной досягаемости рук;
- б – зона досягаемости пальцев при вытянутой руке;
- в – зона легкой досягаемости ладони;
- г – оптимальное пространство для грубой ручной работы;
- д – оптимальное пространство для тонкой ручной работы

При проектировании письменного стола должны быть учтены следующие требования.

Высота рабочей поверхности стола рекомендуется в пределах 680–800 мм. Высота рабочей поверхности, на которую устанавливается клавиатура, должна быть 650 мм. Рабочий стол должен быть шириной не менее 700 мм и длиной не менее 1400 мм. Должно иметься пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной — не менее 500 мм, глубиной на уровне колен — не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног — не менее 650 мм.

Рабочее кресло должно быть подъёмно-поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а так же расстоянию спинки до переднего края сиденья. Рекомендуется высота сиденья над уровнем пола 420–550 мм. Конструкция рабочего кресла должна обеспечивать: ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм; поверхность сиденья с заглаблённым передним краем.

Монитор должен быть расположен на уровне глаз оператора на расстоянии 500–600 мм. Согласно нормам, угол наблюдения в горизонтальной плоскости должен быть не более 45° к нормали экрана. Лучше если угол обзора будет составлять 30°. Кроме того должна быть возможность выбирать уровень контрастности и яркости изображения на экране.

Должна предусматриваться возможность регулирования экрана.

Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100–300 мм от края.

5.2.3. Условия безопасной работы

Основные параметры, характеризующие условия труда — это микроклимат, шум, вибрация, электромагнитное поле, излучение, освещённость.

Воздух рабочей зоны (микроклимат) производственных помещений определяют следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Оптимальные и допустимые значения характеристик микроклимата устанавливаются в соответствии с [9] и приведены в таблице 14.

Таблица 14 — Оптимальные и допустимые параметры микроклимата

Период года	Категория работ	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный и переходный	I а	22–24	40–60	0,1
Тёплый	I а	23–25	40	0,1

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в производственном помещении относятся: правильная организация вентиляции и кондиционирования воздуха, отопление помещений. Вентиляция может осуществляться естественным и механическим путём. В помещение должны подаваться следующие объёмы наружного воздуха: при объёме помещения до 20 м³ на человека — не менее 30 м³ в час на человека; при объёме помещения более 40 м³ на человека и отсутствии выделения вредных веществ допускается естественная вентиляция.

Система отопления должна обеспечивать достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. Параметры микроклимата в используемой лаборатории регулируются системой центрального отопления, и имеют следующие значения: влажность — 40%, скорость движения воздуха — 0,1 м/с, температура летом — 20–25 °С, зимой — 13–15 °С. В лаборатории осуществляется естественная вентиляция. Воздух поступает и удаляется через щели, окна, двери. Основной недостаток такой вентиляции в том, что

приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания.

Шум и вибрация ухудшают условия труда, оказывают вредное воздействие на организм человека, а именно, на органы слуха и на весь организм через центральную нервную систему. В результате этого ослабляется внимание, ухудшается память, снижается реакция, увеличивается число ошибок при работе. Шум может создаваться работающим оборудованием, установками кондиционирования воздуха, осветительными приборами дневного света, а также проникать извне. При выполнении работы на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБ.

Экран и системные блоки производят электромагнитное излучение. Основная его часть происходит от системного блока и видеокабеля. Согласно [9] напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг экрана по электрической составляющей должна быть не более:

- в диапазоне частот от 5 Гц до 2 кГц — 25 В/м;
- в диапазоне частот от 2 до 400 кГц — 2,5 В/м.

Плотность магнитного потока должна быть не более:

- в диапазоне частот от 5 Гц до 2 кГц — 250 нТл;
- в диапазоне частот от 2 до 400 кГц — 25 нТл.

Существуют следующие способы защиты от ЭМП:

- увеличение расстояния от источника (экран должен находиться на расстоянии не менее 50 см от пользователя);
- применение приэкранных фильтров, специальных экранов и других средств индивидуальной защиты.

При работе с компьютером источником ионизирующего излучения является дисплей. Под влиянием ионизирующего излучения в организме может происходить нарушение нормальной свертываемости крови, увеличение хрупкости кровеносных сосудов, снижение иммунитета и др. Доза облучения при расстоянии до дисплея 20 см составляет 49,68 мкР/час. По нормам [9] конструкция ЭВМ должна обеспечивать мощность

экспозиционной дозы рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от экрана не более 100 мкР/час.

Утомляемость органов зрения может быть связана как с недостаточной освещенностью, так и с чрезмерной освещенностью, а также с неправильным направлением света.

5.3. Электробезопасность

В зависимости от условий в помещении опасность поражения человека электрическим током увеличивается или уменьшается. Не следует работать с ПЭВМ в условиях повышенной влажности (относительная влажность воздуха длительно превышает 75 %), высокой температуры (более 35 °С), наличии токопроводящей пыли, токопроводящих полов и возможности одновременного прикосновения к имеющим соединение с землей металлическим элементам и металлическим корпусом электрооборудования. Оператор ЭВМ работает с электроприборами: компьютером (дисплей, системный блок и т.д.) и периферийными устройствами. Существует опасность поражения электрическим током в следующих случаях:

- при непосредственном прикосновении к токоведущим частям во время ремонта ЭВМ;
- при прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения изоляции токоведущих частей ЭВМ);
- при прикосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением;
- при коротком замыкании в высоковольтных блоках: блоке питания и блоке дисплейной развѐртки.

Электрический ток, проходя через организм человека, оказывает биологическое, электролитическое, теплое и механическое воздействие.

Биологическое действие тока проявляется в раздражении и возбуждении тканей и органов. Вследствие этого наблюдается судороги

скелетных мышц, которые могут привести к остановке дыхания, отрывным переломам и вывихам конечностей, спазму голосовых связок.

Электрическое действие тока проявляется в электролизе (разложении) жидкостей, в том числе и крови, а также существенно изменяет функциональное состояние клеток.

Тепловое действие электрического тока приводит к ожогам кожного покрова, а также гибели подкожной тканей, вплоть до обугливания. Механическое действие тока проявляется в расслоении тканей и даже отрывах частей тела.

Мероприятия по обеспечению электробезопасности электроустановок:

- отключение напряжения с токоведущих частей, на которых или вблизи которых будет проводиться работа, и принятие мер по обеспечению невозможности подачи напряжения к месту работы;

- вывешивание плакатов, указывающих место работы;

- заземление корпусов всех установок через нулевой провод;

- покрытие металлических поверхностей инструментов надежной изоляцией;

- недоступность токоведущих частей аппаратуры (заключение в корпуса электропоражающих элементов, заключение в корпус токоведущих частей) [10].

5.4. Пожарная и взрывная безопасность

Согласно [11], в зависимости от характеристики используемых в производстве веществ и их количества, по пожарной и взрывной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В, Г, Д. Так как помещение по степени пожаровзрывоопасности относится к категории В, т.е. к помещениям с твердыми сгорающими веществами, необходимо предусмотреть ряд профилактических мероприятий.

Возможные причины загорания:

- неисправность токоведущих частей установок;
- работа с открытой электроаппаратурой;
- короткие замыкания в блоке питания;
- несоблюдение правил пожарной безопасности;
- наличие горючих компонентов: документы, двери, столы, изоляция кабелей и т.п.

Мероприятия по пожарной профилактике подразделяются на: организационные, технические, эксплуатационные и режимные.

Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию оборудования, правильное содержание зданий и территорий, противопожарный инструктаж рабочих и служащих, обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности, издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации.

К техническим мероприятиям относятся: соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования.

К режимным мероприятиям относятся, установление правил организации работ, и соблюдение противопожарных мер. Для предупреждения возникновения пожара от коротких замыканий, перегрузок и т. д. необходимо соблюдение следующих правил пожарной безопасности:

- исключение образования горючей среды (герметизация оборудования, контроль воздушной среды, рабочая и аварийная вентиляция);
- применение при строительстве и отделке зданий негорюемых или трудно сгораемых материалов;
- правильная эксплуатация оборудования (правильное включение оборудования в сеть электрического питания, контроль нагрева оборудования);

- правильное содержание зданий и территорий (исключение образования источника воспламенения — предупреждение самовозгорания веществ, ограничение огневых работ);
- обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности;
- издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации;
- соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения;
- правильное размещение оборудования;
- своевременный профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования.

При возникновении аварийной ситуации необходимо:

- сообщить руководителю;
- позвонить в аварийную службу или МЧС – тел. 112;
- принять меры в соответствии с инструкцией.

Заключение

Робототехнические средства в виде мобильных робототехнических комплексов, широко используются в аварийно-спасательных формированиях Госкорпорации Росатом.

Применение робототехнических средств для выполнения работ по разбору завалов, осмотру и обследованию помещений и зданий с повышенным радиационным фоном и химическими загрязнениями.

Проведен анализ конструктивных характеристик робототехнических средств, классификаций по прямому применению, среде применения, способу управления, выполняемым функциям, виду связи, типу двигателя ходового модуля и по массе.

Ввиду обширного внедрения мобильных робототехнических комплексов в разные сферы деятельности, для выполнения общих и конкретных задач, мной был разработан и спроектирован экзоскелет с силомоментной обратной связью и устройства управления с визуальной стереоскопической связью. Произведен анализ аналогичных мобильных робототехнических комплексов, изучение их особенностей и функций. Выполнен подбор комплектующих аппаратного обеспечения и их синхронизация.

В дальнейшем работая по профессии связанная с роботами на основе данной работы продолжить разработку и внедрение экзоскелета с силомоментной обратной связью. В том числе, как на предприятии Госкорпорации Росатом, так и в аварийно-спасательной отрасли в целом.

Список публикаций студента

1. Модернизация пульта дистанционного управления, как элемент повышения эффективности мобильного робототехнического комплекса №27, Сочи, ССНИТ, 2016 г., 8 с.
2. Система управления двигателями постоянного тока привода мобильной передвижной платформы, Сочи, ССНИТ, 2016 г., 7 с.
3. Практическое применение Project management body of knowledge (PMBoK), Сочи, ССНИТ, 2016 г., 8 с.
4. Модернизация автоматизированной системы блока стабилизации давления магистрального насосного агрегата нефтеперекачивающей станции, Сочи, ССНИТ, 2016 г., 9 с.

Список используемых источников

1. Северов Н.В. Волик О.А. Оценка применения робототехники в чрезвычайных ситуациях и при ликвидации последствий террористических актов. Новогорск, 2002г., 415 с.
2. Руководство по эксплуатации МРК-27
3. Механика промышленных роботов: Учеб. пособие для вузов: В 3 кн./Под ред. К.В. Фролова, Е.И. Воробьева. Кн. 1: Кинематика и динамика/Е.И.Воробьев, С.А.Попов, Г.И.Шевелева.- М.: Высш. шк., 1988.-304 с.
4. Фу К., Гонсалес Р., Ли К. Робототехника: Пер. с англ. М.: Мир, 1989.-624с.
5. Шахинпур М. Курс робототехники. - М.: Мир, 1990. – 527 с.
6. Александер Р. — Биомеханика. Перевод с англ. И-во: МИР, М., 1970, с. 5
7. Меленьтьев Ю.И., Телегин А.И. Динамика манипуляционных систем роботов. - Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 1985.-352 с.
8. Федеральный закон «Об основах охраны труда» от 17.07.1999 г. № 181-ФЗ.
9. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы».
10. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность.
11. Пожаро- и взрывобезопасность промышленных объектов. ГОСТ Р12.1.004-85 ССБТ Пожарная безопасность
12. Робототехнические комплексы военного и двойного назначения. справочные материалы / Составители: Климов Р.С., Рогов В.А., Варламов М.В. и др.; под ред. А.А. Донченко. Москва, 2014. 308 с.
13. Истомин В.В. Состояние и перспективы развития наземной робототехники ВС зарубежных стран и РФ. Электронная версия. 2015 г.

14. Зенкевич С.Л., Ющенко А.С. Основы управления манипуляционными роботами. – М.: Изд-во: МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 480 с.
15. Подураев Ю.В. Мехатроника: основы, методы, применение: учеб. пособие для студентов вузов. – М.: Машиностроение, 2006. – 256 с.
16. Градецкий В.Г., Ермолов И.Л., Князьков М.М., Семёнов Е.А., Суханов А.Н. Кинематическая модель экзоскелета руки человека и определение ошибки позиционирования // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2014. – № 5. – С. 37-41. ISSN 1684-6427.
17. Юсупова Н.И., Гончар Л.Е., Шахмаметова Г.Р. Математические модели в задачах планирования траектории многозвеного манипулятора // управление в сложных системах. — 2012. — № 1. — С. 85—92.
18. Современные системы управления протезами. Конструкции электродов и усилителей биосигналов [Электронный ресурс] / Д. Сафин [и др.] // Электроника: наука, технология, бизнес. — 2009. — № 4. — Режим доступа: <http://www.electronics.ru/journal/article/219>
19. Итоги и перспективы развития исследований в области интеллектуального управления мехатронными технологическими системами / А. К. Тугенгольд [и др.] // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. — 2010. — № 5. — С. 48–67.
20. [Электронный ресурс] <http://cyberleninka.ru/article/n/klassifikatsiya-i-osnovy-primeneniya-robototekhnicheskikh-sredstv-pri-likvidatsii-chrezvychaynyh-situatsiy>

Приложение А

(обязательное)

Modernization of mobile robotic system (MRS) remote control station (RCS)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8EM51	Костин С.В.		

Консультант кафедры

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

Консультант – лингвист

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель каф.ИЯИК	Бутакова Т.И.			

3. Modernization of mobile robotic system - 27 (MRS) remote control station (RCS)

MRS-27 remote control station requires certain skills and long studying for appropriate operation of chassis and manipulator, since the MRS-27 control is conducted by analog joysticks and by push-button switching of manipulator segment. Therefore, an operator spends a large period for studying the robot control over a distance, focusing only on the video image obtained from cameras installed on MRS -27 body.

Based on the RCS construction analysis and the robot features it is possible to formulate problems, arising during working with the standard RCS:

-Operator cannot fully focus on the video image because he/she always needs to turn the eyes on RCS buttons for next switching. The robot movement control is not an intuitive control; operator is forced to think about exactly the way of any robot movement performing, while even a complex arm movement is performed automatically.

- Manipulator and load damage risk is generated during the robot operating due to lack of touch feedback.

The above-mentioned problems allow formulating of the basic requirements to the device being developed:

- Robot control should be intuitively based on a human arm movement.

- Robot is equipped with a stereoscopic vision with parallel cameras axis and the control system (CS) should ensure operator`s information perception of stereoscopic information.

- Stereo cameras have two planes rotate ability; the command console should generate signals for cameras rotations based on the operator head rotation.

- Torque/force feedback should be provided to allow the operator to identify problems in the robot movement.

Based on the requirements for the developing device, the following are

proposed:

- Adjustable exoskeleton with position sensors and electro-magnetic brake.
- Force-torque connection on each coupling, that will generate a force for operator if robot cannot perform the defined motion.

- 3D glasses with function of determining the operator head rotation angle to transmit these signals to cameras mounted on the robot. Oculus Rift glasses are offered as a ready-made solution that requires no development.

- The control device is based on a single-board industrial computer with PC-104 bus-line and expansion slots Advantech UNO-2184G.

- The connection is provided via a Wi-Fi module or by cable.

This configuration allows no developing of additional electronic components. There is no need of own drivers writing as these components are commercially available and supplied with their own software.

Direct current motors with planetary gear unit and embedded optical encoder PT4835 are used as an electromagnetic brake.

3.1 Oculus Rift Development Kit (DK) 2 augmented reality glasses

DVI connector is used for connection to the computer, connection via HDMI is possible. USB is used for data transfer from tracker; additional power connector has been removed. You will can see Oculus Rift in figure 1

Cables are connected to a compact external controller, connected with the glasses by one wire. External controller has been refused in DK2; glasses are connected by the active HDMI cable and USB.



Fig. 1. – Oculus Rift DK2 Glasses

Shutters or polarizers are not used for stereo effect formation in Oculus Rift in contrast to other 3D technologies. Images for each eyes are displayed on a single display side by side (each image takes fewer than half of a display), then the image geometry is corrected by scope increase lenses.

Liquid crystal display (LCD) with 5,6 inches diagonal has been used in the first prototypes; however, after successful Kickstarter campaign it was decided to use 7 inch display (Innolux HJ070IA-02D), which made subsequent devices slightly larger in size.

Stereoscopic effect on the new screen is enhanced because of right and left eyes scopes are not 100% overlapped. Small additional image piece at the left is available for left eye; for right eye – at the right, that brings Oculus Rift Glasses to normal human vision.

Scope dimensions are slightly more than 90 degrees horizontally (110 degrees diagonally).



Fig. 2. – Oculus Rift DK2 Glasses
Inside View

The device requires an individual use setting, and one-time calibration of magnetic sensor. 1080p display resolution is applied in the DK2 developer kit. In the second version of Oculus Rift glasses the detaining is reduced and the screen resolution is increased to 1920x1080 compared to the DK 1version.

This is one of the main functions that Oculus Rift competitors haven't had yet. Now to look right you need to press the keyboard button or to operate with a mouse device. With Oculus Rift you need just to turn your head.

Curious to relate but Oculus Rift using does not cause any eye fatigue. The thing is that when using the Oculus Rift headpiece your eyes are not focused at the same distance, but are constantly looking at different objects and at different distances. Therefore, the eye apple is in the mode in which it is in a real life. Therefore, the Oculus Rift use is as safe for eyes, as a walk down the street.

3.2. Advantech UNO-2184G Industrial computer

UNO-2184G is a new line of UNO series industrial embedded computers based on Intel 4th generation processor units supporting the new modular

Advantech iDoor technology and Gigabit Ethernet failsafe interface.



Fig. 3 – Advantech UNO-2184G Industrial Computer

UNO-2483G computers are equipped with new high-performance motherboards compatible with Intel 4th generation processor units. Core i7-4650U processor unit is used to fully satisfy the widest range of SCADA applications tasks and video surveillance systems.

UNO-2184G industrial embedded computer can be successfully used in the video surveillance systems by virtue of four Gigabit Ethernet ports of Intel network card which supports the technologies of continuous availability (Fault Tolerance), link aggregation (Lnk Aggregation), and load balancing to perform network connection backing functions. With the latest Intel AMT technology one of the Ethernet ports allows engineers to obtain remote access to UNO-2184G computer even if the access by operating system is not available.

New Advantech iDoor technology allows expanding the UNO-2184G functionality on a modular concept basis. The iDoor system modules provide the following options: support of the field protocols such as Profibus, Profinet, EtherCAT and Powerlink; memory expansion for data storage; additional channels support of analogue and discrete block input-output; support of wide area network (WAN), metropolitan area network city (MAN), and local area networks (LAN) through Wi-Fi, GPS, GPRS and LTE; also support of helper modules, such as temperature, brightness and «smart» meters sensors, and etc.

UNO-2483G industrial embedded computers have a high performance of

graphics subsystem by virtue of Intel HD Graphics 4400 graphics processor, 8GB DDR3 random-access memory and support of H.264, VC-1, MPEG2, WMV and DivX. Input/output ports: 2 x RS-232 and 2 x RS-232/422/485. The computer is also equipped with two VGA and HDMI video interfaces allowing to connect up to two monitors simultaneously. HDMI interface supports points maximum resolution of 4096x2034. UNO-2184G has two USB 2.0 ports, two USB 3.0 ports and two Mini-PCIe expansion slots.



Fig. 4 – Advantech UNO-2184G Industrial Computer

3.3. DELTA HR 12-34w accumulator battery

DELTA accumulators are industrial accumulator batteries, which has been introduced to the Russian market since 2003.

Their production is located in China`s largest DELTA factories-partners. DELTA brand accumulators are high quality VRLA batteries (Valve Regulated Lead Acid) for uninterruptible power supply, communication and transmission systems, security-fire systems, medical equipment and other areas.

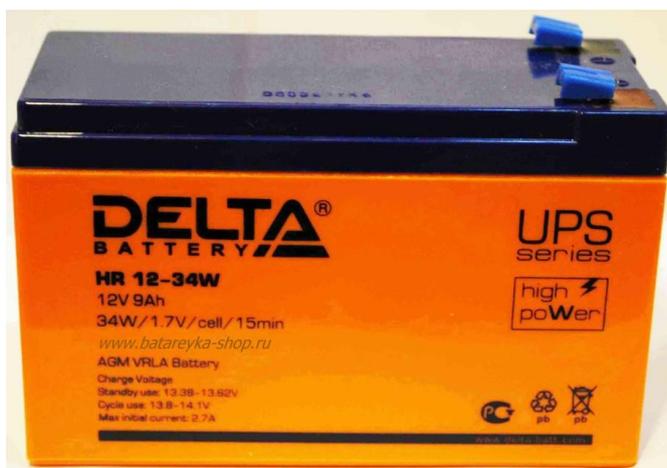


Fig. 5 – DELTA HR 12-34w Accumulator Battery

Consider difference between the «general purpose (GP)» accumulator and the «high energy efficiency (HR)» accumulator. As the name implies the type of the first accumulator battery operates well in floating service and the second type operates well in a repetitive mode. However, it is customary to apply HR accumulator battery for operation in floating service on responsible energy protection posts. Permissible discharge depth of the second one is greater; therefore, as a consequence, the uninterruptible power supply will operate longer on such an accumulator battery.

You will can see in table 1 technical characteristics of accumulator battery

Table 1

Country	China
Technology	AGM
Designation	HR 12-34w
Voltage	12Volt
Capacity	8.5
Weight	2.6
Service life	5 years

This accumulator is selected in the amount of two pieces to power body

hard-ware.

3.4. Direct current rotational motor

PT4835 gear motor consists of a reverse direct current rotational motor and planetary reducer. Reducers reduction rates are 4,5 ~ 313. Maximum torque is 208 kg*cm. PT4835 gear motors can be equipped with an optical encoder or an electro-magnetic brake (Fig. 6).

Motor characteristics:

- Power capacity – 35 W
- Power Volt – 12 Volt
- Non-loaded speed - 3600 r/min
- Nominal speed - 3100 r/min
- Nominal current - 2,9A
- Motor torque (without reducer) - 0,9 kg*cm
- Operating mode - continuous

Predominant features:

- Torque linear dependence on current (except undulating currents mode during PDM and low electromagnetic constant)
- Reasonably priced and obtainable
- High efficiency
- Comparably simple control charts are possible
- High starting torque



Fig. 6. – Gear Motor of PT4835 Series

This direct current motors with embedded encoders and reducers are installed on the exoskeleton body. The reducer is required for additional weighting of arm movement over a distance.

Direct current motor is selected for the project with the following characteristics:

- Reduction ratio:127
- Reducer length: 66mm
- Efficiency coefficient: 0,74
- Exhaust speed: 24
- No-load speed: 28
- Exhaust torque: 84,6 kg*cm

3.5. Direct problem solution of human arm kinematics

Let us define T_N coordinate transformation matrix of human arm which elements are used in the compilation of equation system for the inverse kinematic

problem solution. The kinematic structural diagram of human arm is shown in Figure 7.

Let us assign each i -th component to its orthogonal coordinate system $X_iY_iZ_i$, $i=0,1,2,\dots,N$.

$X_0Y_0Z_0$ – fixed inertial coordinate system associated with immovable support;

$X_NY_NZ_N$ – effector coordinate system;

$X_iY_iZ_i$, $i=1,N-1$ – local coordinate systems associated with movable component.

Let us formulate the coordinate systems using Denavit-Hartenberg method and define parameters of coordinate transformation in passing from i -th components system to $i-1$ system.

The structural diagram of human arm with coordinate systems, formulated with Denavit-Hartenberg method, is shown in Figure 7.

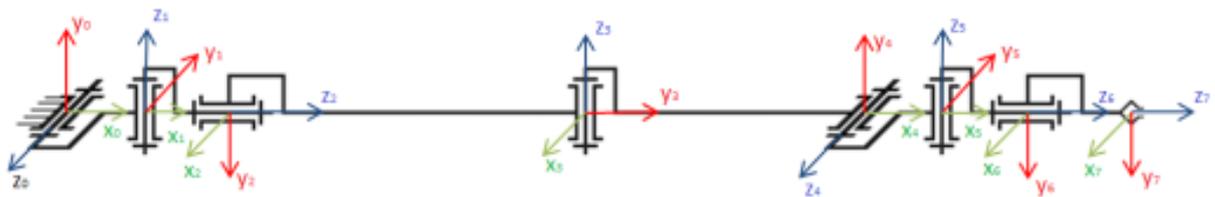


Fig. 7. – Structural diagram of human arm

T_7 matrix which identify the coordinate system position of $X_7Y_7Z_7$ effector in $X_0Y_0Z_0$ inertial system, will be defined as:

$$T_7=A_1A_2A_3A_4A_5A_6A_7.$$

A_i matrix which identifies the system position of i -th component in $i-1$ system, has the following form:

$$\mathbf{A}_i = \begin{bmatrix} \cos\theta_i & -\sin\theta_i \cos\alpha_i & \sin\theta_i \sin\alpha_i & a_i \cos\theta_i \\ \sin\theta_i & \cos\theta_i \cos\alpha_i & -\cos\theta_i \sin\alpha_i & a_i \sin\theta_i \\ 0 & \sin\alpha_i & \cos\alpha_i & S_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$\mathbf{A}_1 = \begin{bmatrix} \cos\theta_1 & 0 & -\sin\theta_1 & a_1 \cos\theta_1 \\ \sin\theta_1 & 0 & \cos\theta_1 & a_1 \sin\theta_1 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$\mathbf{A}_2 = \begin{bmatrix} \cos\theta_2 & 0 & -\sin\theta_2 & 0 \\ \sin\theta_2 & 0 & \cos\theta_2 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$\mathbf{A}_3 = \begin{bmatrix} \cos\theta_3 & 0 & \sin\theta_3 & 0 \\ \sin\theta_3 & 0 & -\cos\theta_3 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & S_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$\mathbf{A}_4 = \begin{bmatrix} \cos\theta_4 & 0 & \sin\theta_4 & a_4 \cos\theta_4 \\ \sin\theta_4 & 0 & -\cos\theta_4 & a_4 \cos\theta_4 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$\mathbf{A}_5 = \begin{bmatrix} \cos\theta_5 & 0 & -\sin\theta_5 & a_5 \cos\theta_5 \\ \sin\theta_5 & 0 & \cos\theta_5 & a_5 \sin\theta_5 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$\mathbf{A}_6 = \begin{bmatrix} \cos\theta_6 & 0 & -\sin\theta_6 & 0 \\ \sin\theta_6 & 0 & \cos\theta_6 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$\mathbf{A}_7 = \begin{bmatrix} \cos\theta_7 & -\sin\theta_7 & 0 & 0 \\ \sin\theta_7 & \cos\theta_7 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & S_7 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

3.6. Exoskeleton

The exoskeleton body is made with 3D printer and fully repeats the human arm anatomy. Moving parts and friction surfaces (articulated linkages, pulleys) are equipped with BrOTSS 5-5-5 antifrictional pair.

The gear motors are fixed with clamps on the exoskeleton and backpack body. The pulleys are fixed with locking ring on gear motors barrel.

The grip is controlled by the hand crank and embedded mechanism. Movements is caused by suspension cardan joint, fixed on the operator hand moving freely in two planes. The elbow joint is boom adjusted.

The shoulder joint adjustment is similar to elbow joint. Two gear motors are fixed on the backpack body for realization of shoulder point movement in two planes. The shoulder point is partly fixed on the backpack side for mechanical restriction of human arm movement.

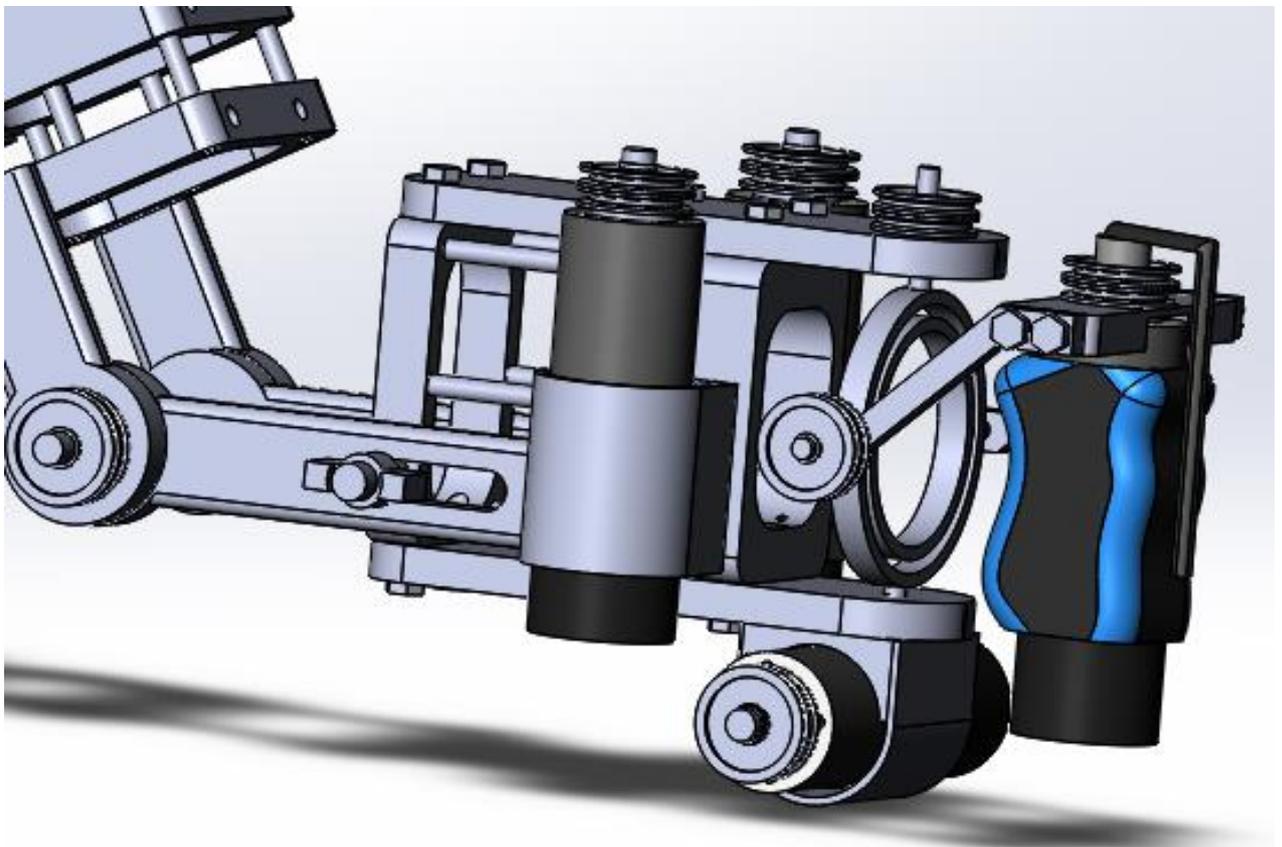


Fig. 8. – Exoskeleton side-view

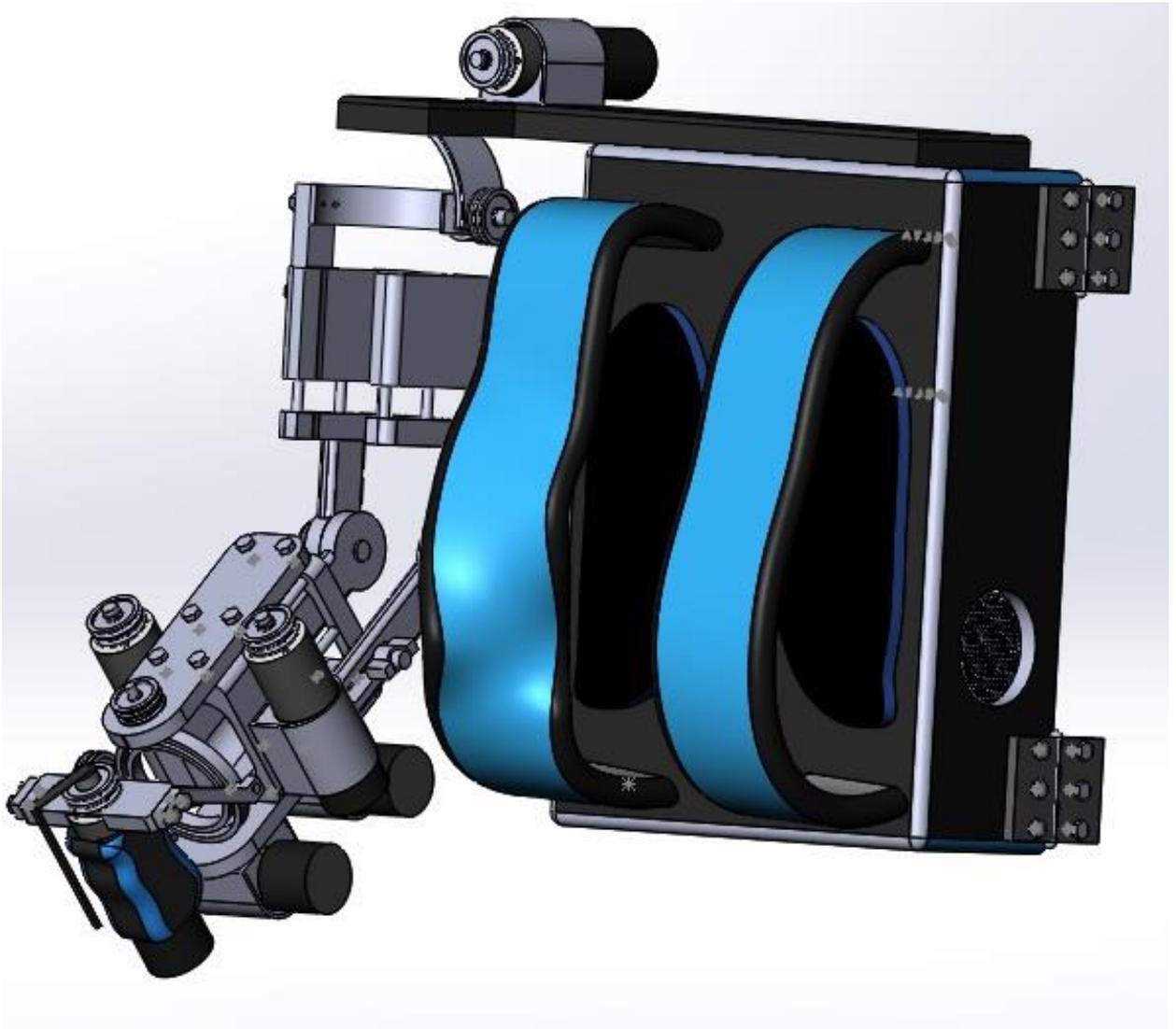


Fig. 9. – Exoskeleton

The pulleys are moved by tendon drill. The tendons should be in tension for the best torque. Signals from the optical embedded encoder are transferred to the interface card. The signals are transferred from the interface card to mobile robotic system and drive the manipulator following the geometry of the operator arm movement over a distance.

The power sources are located in the backpack body to ensure the efficiency of all exoskeleton units (Fig.9).

4. Simulation

In order to understand the operation principles of torque/force feedback or rather the feedback impact by diversity of speeds in associated coordinates of robot and exoskeleton it is necessary to build the model of freedom degrees, simplified freedom degree model of robot and human arm and to build the separately excited direct current motor model. As a result, we should to obtain the diagram showing the speed of operator arm movement and speed of manipulator movement and also the torque/force feedback impact on these values. To solve these issues we use Simulink simulation environment.

Simulink is a graphical environment of simulation study that enables to construct the dynamic models, including discrete, continuous, hybrid, nonlinear, and discontinuous systems, using the block-diagrams in the form of oriented graphs.

Simulink interactive media allows to use the ready-made library blocks for simulation of electric, mechanical and hydraulic systems, as well as to apply a developed model-oriented approach in the development of control systems, digital communications means and real-time devices.

Additional Simulink extension packages allow solving of the whole tasks range from model concept developing to testing, checking, code generation and hardware implementation. Simulink is integrated into the MATLAB environment, which allows using the embedded mathematical algorithms, powerful data processing tools and scientific graphics.

4.1. Motor model with separately excited direct current

Mathematical formulation of motor model with separately excited DC and its Simulink-model.

The DC motor of separate excitation (Fig.10) is described by the following differential and algebraic equations system in absolute units:

$$5) u = e + R * i + L \frac{di}{dt};$$

$$6) M - M_c = J \frac{d\omega}{dt};$$

$$7) M = C_M * \Phi * i;$$

$$8) e = C_\omega * \Phi * \omega;$$

where:

u – Voltage across armature motor winding,

e - Armature-generated voltage,

i - Armature current,

Φ – Flow, generated by energizing winding ,

M – Engine electromagnetic torque,

M_c – Movement resistance moment,

ω – Motor shaft rotation speed,

R – Active resistance of armature circuit,

L – Armature circuit inductivity,

J – Total inertia moment of armature and load,

C_ω - Coupling coefficient between speed and electromotive force,

C_M - Coupling coefficient between armature current and electromagnetic torque.

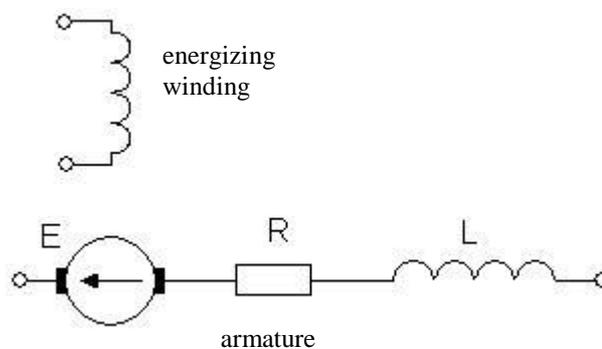


Fig. 10 – Schematic structure of direct current motor

In the context of future model the input actions are the u armature voltage and the M_C movement resistance moment, the output variables are the M motor electromagnetic torque and motor shaft rotation speed ; and the state variables are the variables under derivative sign (i armature current and ω motor shaft rotation speed).

First, it is necessary to obtain the transfer functions by applying the Laplace transform to differential equations. Differential equation (1) will give a transfer function that connects the armature current and the voltage drop at the armature.

Equation (2) gives a transfer function that connects the dynamic moment and motor shaft rotation speed. As a result, it is possible to compile the motor Simulink-model (Fig.11).

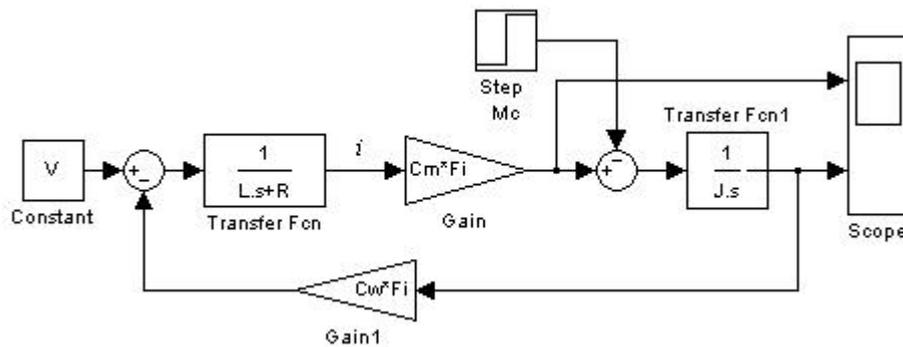


Fig. 11. – DC motor model in Simulink

Let us make minor changes to the model for further simulating of all necessary units. Setting the parameters and the model will appear as follows:

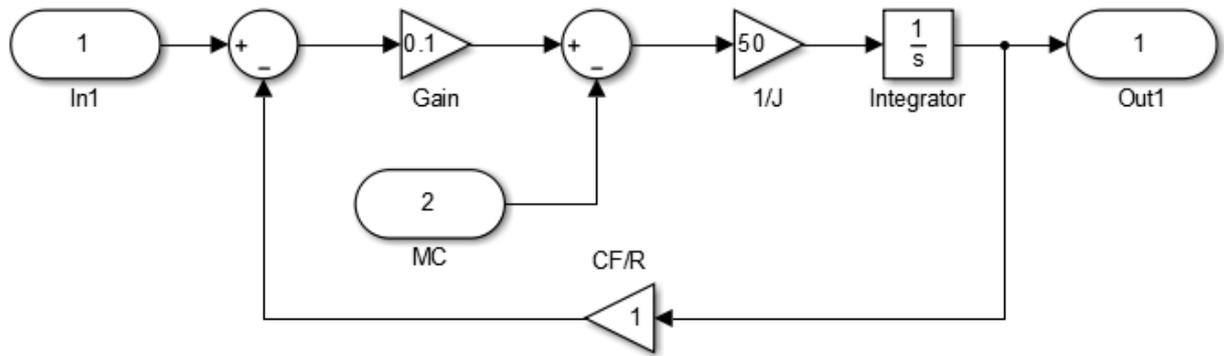


Fig. 12 – Coefficient selection in Simulink model

3.2 Simplified model of manipulator motion freedoms of robot and human arm

To simulate all motion freedom of robot and human arm is extremely difficult and meticulous work. We need to see visually at least one motion freedom work and its reaction to the obstruction. The main task is to monitor the work progress and to set the system of one element. Also make sure that the system is fault-free and operates correctly.

The dc motor model (Fig.12) that we have made previously is installed in the DC motor block (subsystem). The similar model is installed in the muscle block with slight coefficients correcting. It is completed the coefficients selection of feedback and gain at the DC motor and muscle input both for the manipulator and for the person.

Further this model will be a subsystem of the final system where the input and output signals will be displayed.

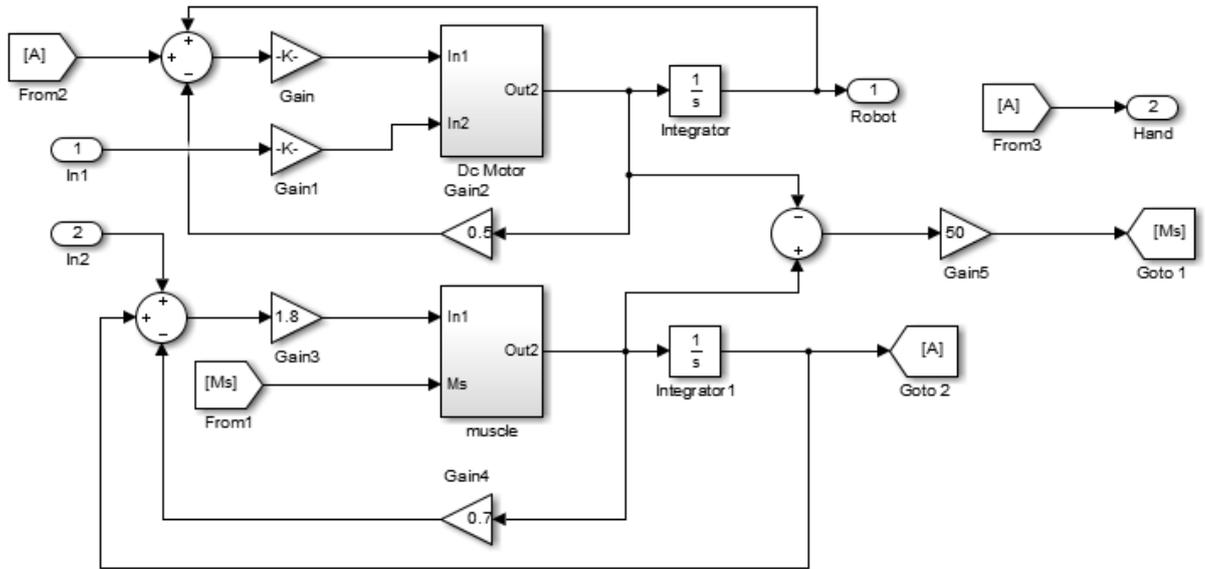


Fig. 13 – Simplified model of robot and human motion

Further this model will be a subsystem of the final system where the work result will be displayed.

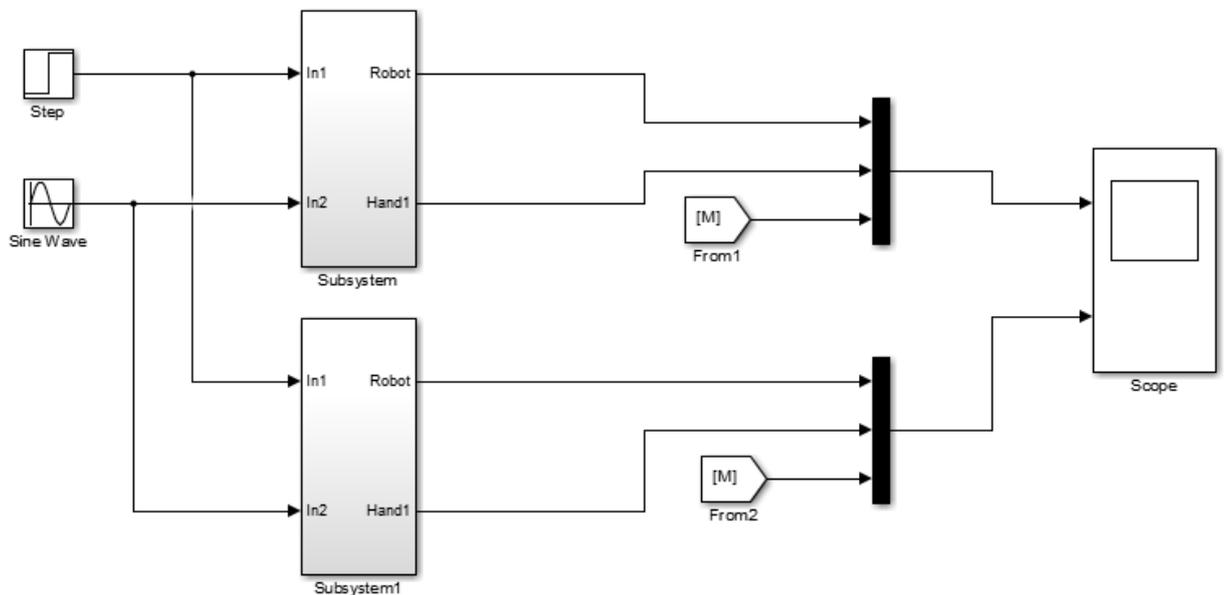


Fig. 14 – Motion freedom model

Figure 15 shows the output characteristic of the exoskeleton coupling (operator's arm) and the robot coupling. We can monitor the manipulator control using the exoskeleton with some control delay. At that very instant of robot motion counteraction which can be absolutely any object with a significant size. The torque/force feedback is activated on the exoskeleton dc motor at the moment when manipulator grip butts against the object and there is an increase of manipulator motors current loads. This creates an additional force or coupling deadlock (motion freedom) which has become at risk of damage.

The graph clearly shows the torque/force feedback operation, modified characteristic geometry at the robot counteraction moment. This confirms the gain availability in the exoskeleton coupling. Consequently, there is no possibility of manipulator damage and robot damage as a whole.

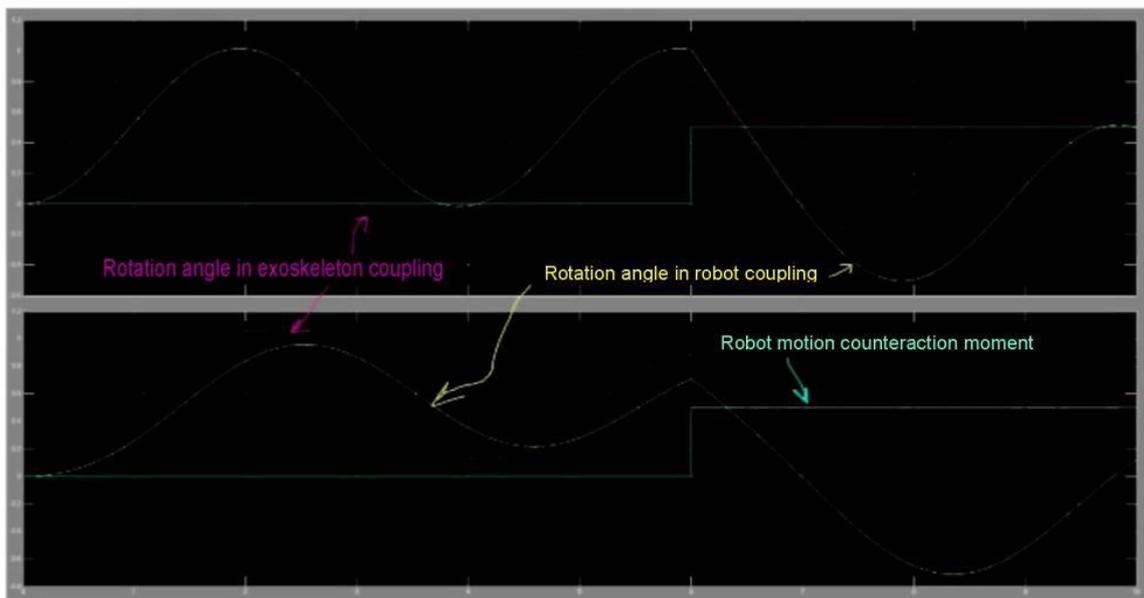


Fig. 15 – Output characteristic of one motion freedom

Приложение Б



ФГУП «Аварийно-технический
центр Минатома России»
(г. Санкт-Петербург)

ПРЕДПРИЯТИЕ ГОСКОРПОРАЦИИ «РОСАТОМ»

СОГЛАСОВАНО

Исполнитель

УТВЕРЖДАЮ

Заказчик

_____/_____/2016

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

на выполнение работ по теме: «Модернизация поста дистанционного
управления мобильного робототехнического комплекса 27»

Техническое задание на выполнение работ по теме:

«Модернизация ПДУ МРК 27»

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1. НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТ

РАЗДЕЛ 2. ОПИСАНИЕ РАБОТЫ

Подраздел 2.1. Состав (перечень) выполняемых работ

Подраздел 2.2. Описание выполняемых работ

Подраздел 2.3. Источник финансирования

Подраздел 2.4. Объем выполняемых работ либо доля выполняемых работ в общем объеме закупки

РАЗДЕЛ 3. ТРЕБОВАНИЯ К РАБОТАМ

Подраздел 3.1. Общие требования

Подраздел 3.2. Исходные данные

Подраздел 3.3. Используемая нормативная документация

Подраздел 3.4. Требования к качеству выполнения работ

Подраздел 3.5. Требования к гарантийным обязательствам выполняемых работ

Подраздел 3.6. Требования к конфиденциальности

Подраздел 3.7. Требования к безопасности выполнения работ и безопасности результата выполненных работ

Подраздел 3.8. Требования по обучению персонала Заказчика

Подраздел 3.9. Требования к составу технического предложения участника

Подраздел 3.10. Специальные требования

РАЗДЕЛ 4. РЕЗУЛЬТАТ ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

Подраздел 4.1. Описание конечного результата выполненных работ

Подраздел 4.2. Внедрение результатов работы

Подраздел 4.3. Требования по приемке работ

Подраздел 4.4. Требования по передаче Заказчику технических и иных документов (оформление результатов выполненных работ)

РАЗДЕЛ 5. ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

РАЗДЕЛ 1. НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ

Разработка экзоскелета для модернизации поста дистанционного управления мобильного робототехнического комплекса.

РАЗДЕЛ 2. ОПИСАНИЕ РАБОТЫ

2.1. Состав (перечень) выполняемых работ

2.1.1. Проведение анализа семейства МРК, изучить особенности их эксплуатации в агрессивных средах (радиационного и химического воздействий).

2.1.2. Участие в противоаварийной тренировке с использованием МРК.

2.1.3. Выполнение конструкторско-инженерных работ «Анализ недостатков штатного поста дистанционного управления МРК», «Требования к создаваемому устройству».

2.1.4. Выполнение конструкторско-инженерных работ «Разработка эскизов, создаваемого устройства».

2.1.5. Участие в практическом обучении управления различными РТК применяемых для ликвидации аварий на предприятиях атомной промышленности.

2.1.6. Выполнение конструкторско-инженерных работ «Выбор комплектующих деталей и устройств».

2.1.7. Выполнение конструкторско-инженерных работ «Графическое 3D моделирование эскиза в САПР».

2.1.8. Выполнение конструкторско-инженерных работ «Математическое моделирование степеней подвижности манипулятора и человеческой руки».

2.1.9. Выполнение конструкторско-инженерных работ «Калибровка математической модели и системы в целом».

2.1.10. Выполнение конструкторско-инженерных работ «Создание рабочего прототипа».

2.1.11. Выполнение конструкторско-инженерных работ «Отладка и калибровка прототипа».

2.2. Описание выполняемых работ

2.2.1. Цель и назначение: Обеспечение безопасной эксплуатации и поддержание в работоспособном состоянии манипулятора и робота в целом.

2.3. Основание для заключения договора. Источник финансирования
2.3.1. Программа финансирования Минатома России на модернизацию и содержание РТК в филиалах АТЦ.
2.4. Объем выполняемых работ либо доля выполняемых работ в общем объеме закупки
2.4.1. Объем выполняемых работ указан в календарном плане к данному техническому заданию.

РАЗДЕЛ 3. ТРЕБОВАНИЯ К РАБОТАМ

3.1. Общие требования
<p>3.1.1. При заключении договора с Исполнителем оформляется соглашение по охране труда, которое является его неотъемлемой частью.</p> <p>3.1.2. Исполнитель несет ответственность за:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) организацию и безопасное производство выполняемой работы; 2) квалификацию своего персонала; 3) соблюдение им требований инструкций по охране труда, правил и норм по охране труда, действующих на предприятиях атомной промышленности; 4) соблюдение условий и сроков проведения работ. <p>3.1.3. Обязательный опыт аналогичных работ.</p> <p>3.1.4. Исполнитель обязан проинформировать отдел инспекций по ядерной и радиационной безопасности Ростехнадзора предприятия о начале проводимых Исполнителем (или находящейся на подряде организацией) работ, предусмотренных лицензией, выданной Ростехнадзором для данной подрядной организации».</p> <p>3.1.5. При выполнении работ с применением собственных материалов Исполнитель обязан представить Заказчику сертификат соответствия (декларацию о соответствии) на эти материалы в соответствии с «Единым перечнем продукции, подлежащей сертификации» и «Единым перечнем продукции, подтверждение соответствия которой осуществляется в форме принятия декларации о соответствии», утвержденных постановлением Правительства РФ от 01.12.2009 г. № 982 и изменениями к нему. Необходимость замены материалов должна подтверждаться актами дефектации.</p> <p>3.1.6. Исполнитель должен предоставить утвержденный, согласованный и зарегистрированный в ОМП, ГО и ЧС (с ежегодной перерегистрацией) «План мероприятий по защите персонала в случае аварии».</p> <p>3.1.7. Исполнитель обязан своевременно направлять Заказчику копии полученных предписаний (актов проверок, решений об административных штрафах) государственных органов регулирования и надзора Российской Федерации, а также копии мероприятий и документов, подтверждающих устранение выявленных в ходе проверок нарушений (замечаний).</p>

3.3. Используемая нормативная документация
<p>1. Федеральный закон от 10 января 2002 г. N 7-ФЗ "Об охране окружающей среды";</p> <p>2. Федеральный закон от 24.06.1998г. № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления».</p>
3.4. Требования к качеству выполнения работ
<p>3.4.1. Исполнитель представляет АТЦ Минатома России в составе конкурсной документации для рассмотрения программу обеспечения качества выполняемых работ, разработанную в соответствии с требованиями Федеральных норм и правил в области использования атомной энергии».</p> <p>3.4.2. Состав работ по договору должен соответствовать составу работ, включенных в ПОК.</p>
3.5. Требования к гарантийным обязательствам выполняемых работ
<p>3.5.1. Исполнитель гарантирует работу оборудования или устройства в течение 18 месяцев с момента подписания акта о приемке выполненных работ обеими сторонами.</p>
3.6. Требования к конфиденциальности
<p>Требования к конфиденциальности не предъявляются</p>
3.7. Требования к безопасности выполнения работ и безопасности результата выполненных работ
<p>3.7.1. При выполнении работ/услуг Исполнитель несёт ответственность, в соответствии с действующим законодательством, за не соблюдение требований Федеральных законов «Об охране окружающей природной среды» от 10.01.2002г. № 7-ФЗ и «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998г. № 89-ФЗ и других законодательных актов и нормативных документов, действующих в области охраны окружающей среды при выполнении работ по договору и при эксплуатации занимаемых помещений и зданий, закрепленных за ним территорий и коммуникаций».</p>
3.8. Требования по обучению персонала Заказчика
<p>3.8.1. Персонал Исполнителя должен быть обучен и аттестован в строгом соответствии с действующими правилами ПОТ, требованиями норм пожарной безопасности, правилами пропускного и внутриобъектового режима, правилами производства работ. Исполнитель обязан предоставить копии Удостоверений об обучении и аттестации в Ростехнадзоре, Протокола аттестации спасателей Квалификационной Комиссией, Протокола медицинского осмотра.</p>
3.9. Требования к составу технического предложения участника
<p>3.9.1. У Исполнителя должна быть в наличии система управления охраной труда (СУОТ).</p>
3.10. Специальные требования
<p>3.10.1. Специальных требований нет</p>

РАЗДЕЛ 4. РЕЗУЛЬТАТ ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

4.1. Описание конечного результата выполненных работ
Выполнены работы до пункта 2.1.8 включительно в необходимом Заказчику объеме.
4.2. Внедрение результатов работы
4.3. Требования по приемке работ
4.3.1. Прием-передача выполненных работ производится на основании подписания обеими сторонами акта сдачи-приемки выполненных работ. 4.3.2. Передача документации, оформленной в установленном порядке, осуществляется сопроводительными документами Исполнителя. 4.3.3. Приемку выполненных работ проводить по фактически выполненным объемам работ. 4.3.4. Исполнитель по окончании работ оформляет и сдает Заказчику документы в соответствии с разделом 4 договора.
4.4. Требования по передаче Заказчику технических и иных документов (оформление результатов выполненных работ)
По результатам работ оформляется акт выполненных работ.

РАЗДЕЛ 5. ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

№ п/п	Сокращение	Расшифровка сокращения
1	ПОТ	Программа охраны труда
2	РТК	Робототехнический комплекс
3	МРК	Мобильный робототехнический комплекс
4	АТЦ	Аварийно-технический центр
5	СУОТ	Система управления охраной труда

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

от «20» сентября 2016г.

Комплекс конструкторско-инженерных работ.

Номер позиции	Наименование услуг (работ) по договору и основных этапов его выполнения	Предприятие (организация) - исполнитель (соисполнители)	Срок выполнения:		Перечень документации, передаваемой Заказчику	Стоимость этапа в %	Примечание
			начало	окончание			
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Проведение анализа семейства МРК, изучить особенности их эксплуатации в агрессивных средах (радиационного и химического воздействий).	-	20.09.2016	20.10.2016	Акт выполненных работ	5	
2	Участие в противоаварийной тренировке с использованием МРК.	-	21.10.2016	5.11.2016	Акт выполненных работ	5	
3	Выполнение конструкторско-инженерных работ «Анализ недостатков штатного поста дистанционного управления МРК», «Требования к создаваемому устройству».	-	6.11.2016	27.11.2016	Акт выполненных работ	3	
4	Выполнение конструкторско-инженерных работ «Разработка эскизов, создаваемого устройства».	-	28.11.2016	9.12.2	Акт выполненных работ	7	
5	Участие в практическом обучении управления различными РТК применяемых для ликвидации аварий на предприятиях атомной промышленности.	-	10.01.2017	24.01.2017	Акт выполненных работ	5	
6	Выполнение конструкторско-инженерных работ «Выбор комплектующих деталей и устройств».	-	25.01.2017	20.02.2017	Акт выполненных работ	10	

7	Выполнение конструкторско-инженерных работ «Графическое 3D моделирование эскиза в САПР».	-	21.02.2017	30.04.2017	Акт выполненных работ	10	
8	Выполнение конструкторско-инженерных работ «Математическое моделирование степеней подвижности манипулятора и человеческой руки».	-	1.05.2017	1.06.2017	Акт выполненных работ	5	
9	Выполнение конструкторско-инженерных работ «Калибровка математической модели и системы в целом».	-	2.06.2017	23.06.2017	Акт выполненных работ	5	
10	Выполнение конструкторско-инженерных работ «Создание рабочего прототипа».	-	24.06.2017	10.09.2017	Акт выполненных работ	20	
11	Выполнение конструкторско-инженерных работ «Отладка и калибровка прототипа».	-	11.09.2017	10.02.2018	Акт выполненных работ	25	