

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

---

Институт ИСГТ  
Направление подготовки 27.03.04 «Управление в технических системах»  
Кафедра Автоматики и Компьютерных Систем

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

<b>Тема работы</b>
<b>Манипулятор "механическая рука" на базе Arduino</b>

УДК 621.865.8-529:004.31

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158А30	Гун Цзяи		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. АиКС	Курганов В.В.	к.т.н., доцент		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель каф. МЕН	Кузьмина Н.Г.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭБЖ	Штейнле А.В.	к.м.н., доцент		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
АиКС	Суходоев М.С..	к.т.н., доцент		

Томск – 2017 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Код результата	Результат обучения (Выпускник должен быть готов)
<b>Профессиональные компетенции</b>	
P1	Обладать естественнонаучными и математическими знаниями для решения инженерных задач в области разработки, производства и эксплуатации систем управления техническими объектами и средств
P2	Обладать знаниями о передовом отечественном и зарубежном опыте в области управления техническими объектами с использованием вычислительной техники
P3	Применять полученные знания (P1 и P2) для формулирования и решения инженерных задач при проектировании, производстве и эксплуатации современных систем управления техническими объектами и их составляющих с использованием передовых научно-технических знаний, достижений мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.
P4	Уметь выбирать и применять соответствующие методы анализа и синтеза систем управления, методы расчета средств автоматизации, уметь выбирать и использовать подходящее программное обеспечение, техническое оборудование, приборы и оснащение для автоматизации и управления техническими объектами.
P5	Уметь находить электронные и литературные источники информации для решения задач по управлению техническими объектами.
P6	Уметь планировать и проводить эксперименты, обрабатывать данные и проводить моделирование с использованием вычислительной техники, использовать их результаты для ведения инновационной инженерной деятельности в области управления техническими
P7	Демонстрировать компетенции, связанные с инженерной деятельностью в области научно-исследовательских работ, проектирования и эксплуатации систем управления и средств автоматизации на предприятиях и организациях – потенциальных работодателях, а также готовность следовать их корпоративной культуре
<b>Универсальные компетенции</b>	
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий.
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы с ответственностью за работу коллектива при решении инновационных инженерных задач в области автоматизации и управления техническими объектами, демонстрировать при этом готовность следовать профессиональной этике и нормам.
P10	Иметь широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду.
P11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**



федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт ИСГТ

Направление подготовки 27.03.04 «Управление в технических системах»

Кафедра автоматизации и компьютерных систем

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой АиКС ИК

\_\_\_\_\_ Суходоев М.С.  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
158А30	Гун Цзяи

Тема работы:

Манипулятор "механическая рука" на базе Arduino	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	09.03.2017, № 786/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	02.06.2017
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- контроллер Arduino UNO;</li><li>- манипулятор «механическая рука»;</li><li>- Ультразвуковой датчик расстояния HC-SR04;</li><li>- Персональный компьютер со специальным программным обеспечением</li></ul>
---------------------------------	---

<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- разработку алгоритмов управления;</li> <li>- программирование контроллера;</li> <li>- отладка взаимодействия элементов манипулятора.</li> </ul>
<b>Перечень графического материала</b>	Презентация в формате Гун Цзяи ВКР.pptx на 15 слайдах
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кузьмина Н.Г.
Социальная ответственность	Штейнле А.В.

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	06.02.2017
---	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. АиКС	Курганов В.В.	к.т.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158А30	Гун Цзяи		

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

---

Институт ИСГТ  
Направление 27.03.04 Управление в технических системах  
Кафедра автоматике и компьютерных систем  
Уровень образования – бакалавр  
Период выполнения – весенний семестр 2016/2017 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа
---------------------

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	02.06.2017 г.
--	---------------

Дата	Название	Максимальный балл
29.05.2017	Основная часть	75
15.05.2017	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
22.05.2017	Социальная ответственность	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. АИКС	Курганов В.В	к.т.н., доцент		

**СОГЛАСОВАНО:**

И.о. зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
АиКС	Суходоев М.С.	к.т.н., доцент		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
158А30	Гун Цзяи

<b>Институт</b>	<b>ИСГТ</b>	<b>Кафедра</b>	<b>АиКС</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	27.03.04 Управление в технических системах

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Должностной оклад научного руководителя – 26300 руб. Должностной оклад инженера – 17000 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизации – 20%
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Социальные отчисления – 30% от ФЗП

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

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Планирование работ и их временная оценка
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Смета затрат на проект
	Смета затрат на оборудование
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Анализ полученных результатов

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

График Ганта
--------------

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	06.02.2017
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Старший преподаватель каф. МЕН	Кузьмина Наталия Геннадьевна			

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
158А30	Гун Цзяи		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
158A30	Гун Цзяи

<b>Институт</b>	ИСГТ	<b>Кафедра</b>	АиКС
<b>Уровень образования</b>	бакалавр	<b>Направление специальность</b>	27.03.04 Управление в технических системах

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</li> <li>– опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</li> <li>– негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)</li> <li>– чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</li> </ul>	<p>Рабочим местом является лабораторный стенд в помещении. Рабочей зоне является место за персональным компьютером. Технологический процесс представляет собой автоматическое управление и контроль основных параметров управления системы.</p> <p>1. Вредные факторы: шум; электромагнитные поля; препятствие.</p> <p>2. Опасные факторы: опасность возникновения пожара; опасность поражения электрическим током.</p> <p>3. Негативное воздействие на окружающую среду: утилизация списанной техники и комплектующих.</p> <p>4. Чрезвычайные ситуации: пожар вследствие неполадок в электропроводке;</p>
--	--

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

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</li> </ul>	<p>Разработка программного приложения ведётся в помещении с уровнем освещённости в пределах нормы, согласно СНиП 23-05-95. Уровень шума в помещении в пределах нормы, согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Микроклимат в помещении удовлетворяет нормам (СанПиН 2.2.4.548-96)</p>
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники,</li> </ul>	<p>Основными источниками опасности являются электроприборы, которые могут вызвать как поражение электрическим током, так и пожары.</p>

<p>средства защиты;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</li> </ul>	<p>Для обеспечения безопасности необходимо проводить организационные и технические мероприятия, для предотвращения таких ситуаций. Необходимо следовать технике безопасности, обращаясь с электрическими приборами (согласно ГОСТ 12.1.019-79).</p>
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	<p>Вышедшие из строя комплектующие компьютеров и электроприборов.</p>
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС на объекте;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</li> </ul>	<p>Разработан план эвакуации при ЧС, в помещении имеется план эвакуации, а так же имеются 2 огнетушителя ОУ-2.</p>
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</li> </ul>	
<p><b>Перечень графического материала:</b></p>	
<p>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</p>	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	06.02.2017
--	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭБЖ	Штейнле А.В.	к.м.н		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158А30	Гун Цзяи		



## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит: 65 страницы, 23 рисунков, 9 таблиц, 18 источников, 4 приложение.

Ключевые слова: манипулятор, микроконтроллер Arduino, расстояния, серводвигатель, ШИМ.

Объектом исследования является манипулятор "механическая рука"

Цель работы – создать манипулятор "механическая рука" на базе микроконтроллера Arduino

В ходе исследования был изучен состав, принципы и органы управления манипулятором. Для исследования движения манипулятора используется микроконтроллер Arduino UNO.

В результате исследования разработан алгоритм управления манипулятором. Программа, реализующая разработанный алгоритм, обеспечивает обмен данными между микроконтроллером и датчиком расстояния, расчет углов для серводвигателей и формирование сигналов ШИМ. Проведены физические эксперименты по управлению манипулятора.

Областью применения разработанных алгоритмов являются различные робототехнические комплексы, разрабатываемые, в том числе, и на кафедре АиКС.

Экономическая эффективность и значимость работы, себестоимость исследуемой системы представлена в главе финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. Выявлены основные опасные и вредные факторы, которые могут возникнуть в процессе работы. В главе «Социальная ответственность» разработаны меры по снижению воздействий системы на экологию.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2016.

## **Обозначения и сокращения**

ПК – Персональный компьютер

ШИМ – Широтно-импульсная модуляция

GND – Ground (земля)

USB – Universal Serial Bus (универсальная последовательная шина)

## Оглавление

РЕФЕРАТ .....	9
ВВЕДЕНИЕ .....	12
1. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	13
1.2 Методы исследования .....	13
2. ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ЭЛЕМЕНТОВ МАНИПУЛЯТОРА «МЕХАНИЧЕСКАЯ РУКА».....	14
2.1. Внешний вид.....	14
2.2. Количество степеней свободы .....	16
2.3. Описание всех элементов манипулятора .....	18
2.3.1. Серводвигатель.....	18
2.3.2. Ультразвуковой датчик измерения расстояния HC-SR04.....	21
2.3.3. Контроллер Arduino Uno; .....	25
3. АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ МАНИПУЛЯТОРОМ .....	27
3.1. Алгоритм инициализации .....	27
3.2. Алгоритм поиска объекта.....	28
3.3. Алгоритм определения расстояния до объекта .....	29
3.4. Алгоритм захвата объекта .....	31
3.5. Блок схема алгоритма и программа для Arduino .....	32
3.6. Вывод о возможности применения рассмотренного способа .....	35
4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ .....	36
Введение.....	36
4.1 Техногенная безопасность.....	38
4.1.1 Анализ вредных факторов производственной среды .....	38
4.2 Региональная безопасность.....	45
4.3 Организационные мероприятия обеспечения безопасности .....	46
4.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	50
5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ .....	52
5.1 Календарный план работ и оценка времени их выполнения .....	52
5.2 Смета затрат на проект .....	54
5.2.1 Материальные затраты .....	54
5.2.2 Амортизация компьютерной техники .....	54
5.2.3 Затраты на заработную плату.....	55
5.2.4 Затраты на социальные нужды .....	56
5.2.5 Прочие затраты.....	56
5.3 Смета затрат на материалы для реализации проекта .....	57
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	58
CONCLUSION .....	59
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	60

## **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время наблюдается очередная волна интереса к робототехнике, различным андроидам (человекоподобным роботам) и манипуляторам. Интерес к андроидам основан на идее создания себе подобных и, хотя на практике очень сложен, ориентирован на интеграцию искусственного интеллекта в социальную среду человека, очень популярен у многих разработчиков.

Манипуляторы, в отличие от андроидов, это различные роботизированные устройства, имеющие самую различную форму и конструкцию, позволяющие решать широкий спектр задач. В современном мире манипуляторы широко используются в таких областях как: военная, аэрокосмическая, медицина, машиностроение и т.д. Они постепенно замещают человеческий труд при работе в опасных средах (зонах), в отделочных работах, в крупномасштабных перерабатывающих и обрабатывающих производствах, при разминировании зарядов, в сварочных работах и т.д. Манипуляторы, благодаря своим характеристикам и отсутствию субъективных факторов (человека), выполняет эти работы с высоким уровнем безопасности, обеспечивает высокую стабильность и повторяемость результатов, высокое качество работы.

Цель данной работы заключается в создании манипулятора "механическая рука" на базе микроконтроллера Arduino.

Процесс создания включает:

- разработку и изготовление механической конструкции,
- разработку электрической схемы и алгоритмов управления.

В качестве ожидаемого результата можно выделить следующий:

- разработка и изготовление физической модели манипулятора, способной решать поставленные задачи.

Результаты настоящей работы могут быть использованы при автоматизации складских помещениях различных предприятий.

## **1. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

### **1.1. Объект исследования**

Объект исследования — манипулятор "механическая рука".

Механическая рука это оборудование, которое широко используется в области автоматического управления. Есть много типов механической руки, которые различаются по количеству степеней свободы.

Степень свободы — характеристики движения механической системы. Число степеней свободы определяет минимальное количество независимых переменных, необходимых для полного описания движения механической системы [1]. В настоящей работе исследуется манипулятор с пятью степенями свободы. Это означает, что механическая рука может двигаться по осям X, Y и Z и вращаться вокруг них.

### **1.2 Методы исследования**

Методы исследования подобных объектов достаточно разнообразны. Среди них можно выделить: физическое, математическое и имитационное моделирования.

Физическое моделирование — метод экспериментального изучения различных физических явлений, основанный на их физическом подобии. Метод заключается в создании лабораторной физической модели явления в уменьшенных масштабах и проведении экспериментов на этой модели. Выводы и данные, полученные в этих экспериментах, распространяются затем на явление в реальных масштабах [2].

Математическая модель — математическое представление реальности, один из вариантов модели, как системы, исследование которой позволяет получать информацию о некоторой другой системе. Процесс построения и изучения математических моделей называется математическим моделированием [2].

Имитационное моделирование — метод, позволяющий строить модели,

описывающие процессы так, как они проходили бы в действительности. Такую модель можно во времени как для одного испытания, так и заданного их множества. При этом результаты будут определяться случайным характером процессов. По этим данным можно получить достаточно устойчивую статистику [2].

Каждый из рассмотренных методов имеет свои достоинства и недостатки.

Физическое моделирование наиболее точное и наглядное, но физическая модель практически всегда дорогая, а в некоторых случаях и трудно достижимая, например: как будет работать оборудование при ядерном взрыве, или при отсутствии гравитации.

Математическое моделирование удобное, но не очень точное и наглядное. При этом требует больших материальных (не путать с интеллектуальными) затрат.

Имитационное моделирование есть соединение физического и математического моделирования, оно удобное и наглядное. Результат имитационного моделирования будет зависеть от моделей, их адекватности реальному объекту. В связи с этим может возникнуть проблема применимости результатов моделирования на реальном объекте.

Для исследования манипулятора в настоящей работе выбран метод физического моделирования, как наиболее наглядный и, в данном случае, доступный метод исследования.

## **2. ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ЭЛЕМЕНТОВ МАНИПУЛЯТОРА «МЕХАНИЧЕСКАЯ РУКА»**

### **2.1. Внешний вид**

Внешний вид части руки манипулятора «механическая рука» представлен на рисунке 2.1. Манипулятор представляет собой платформу, на которой размещены сочленённые звенья конструкции, обеспечивающие ей подобие руки человека.

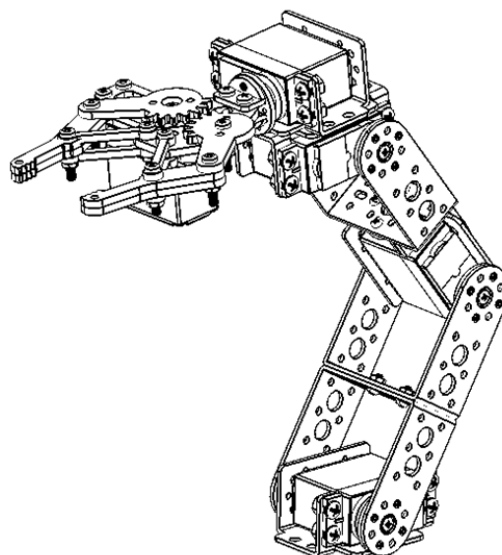


Рисунок 2.1 – Внешний вид части руки манипулятора «механическая рука».

Внешний вид части платформы манипулятора «механическая рука» представлен на рисунке 2.2. Платформа крепится к столу, или какой-либо инерционной массе так, чтобы обеспечить его устойчивость при перемещении остальных компонентов манипулятора. На платформе размещено основание манипулятора, которое с помощью серводвигателя имеет возможность поворота относительно платформы на угол 180 градусов.

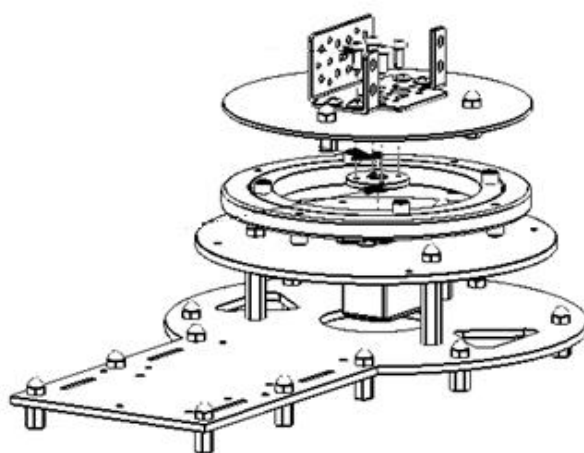


Рисунок 2.2 – Внешний вид части платформы манипулятора «механическая рука».

В части руки пять серводвигателей и металлический каркас, и в части платформы серводвигатель и блок питания. Блок питания снабжает

напряжением 5 В все шесть серводвигателей, которые обеспечивают подвижность манипулятора.

В состав манипулятора входят:

- платформа и конструктивные элементы корпуса;
- шесть серводвигателей, установленные в местах сочленения элементов;
- сталь толщиной 3мм для корпуса;
- ультразвуковой датчик расстояния типа hc-sr 04;
- микроконтроллер Arduino Uno;
- персональный компьютер, связанный с контроллером Arduino Uno через USB-кабель.

## 2.2. Количество степеней свободы

Количество степеней свободы определяет функциональные возможности манипулятора. По своим возможностям пять степеней свободы дают манипулятору практически возможности руки человека, а захват можно сравнивать с кистью. Перемещение манипулятора в пространстве вдоль любой из координат (см. рисунок 2.3), которая определяет степень свободы, обеспечивается серводвигателями, которые установлены в местах сочленения манипулятора.

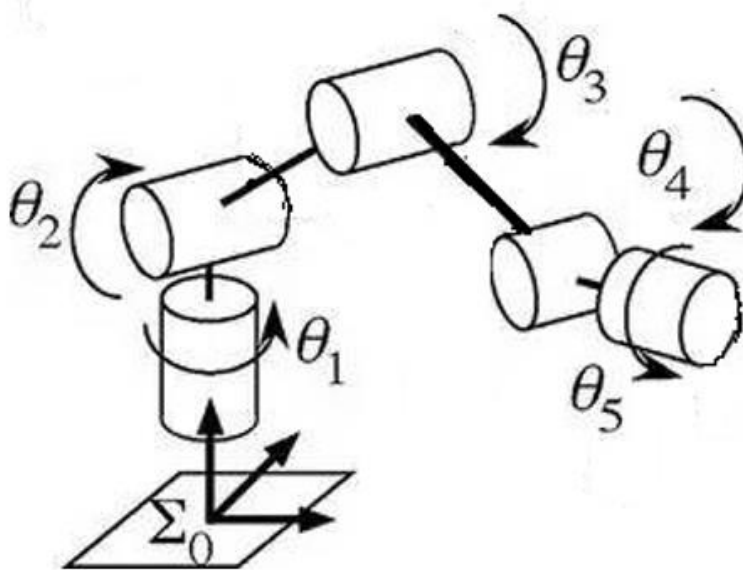


Рисунок 2.3 – Модуль манипулятора по степеням свободы



На рисунке 2.4 приведены основные рычаги манипулятора, которые обеспечивают его линейно перемещение (вдоль  $\theta_1$ ,  $\theta_2$ ,  $\theta_3$ ,  $\theta_4$ ,  $\theta_5$ , см. рисунок 2.3). Для обеспечения возможности перемещения вдоль этих координат используются пять серводвигателей.

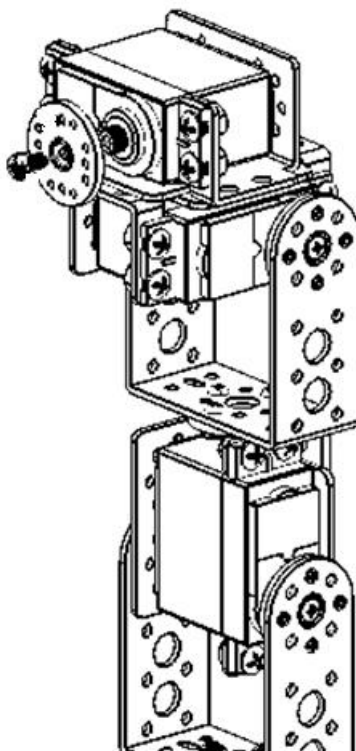


Рисунок 2.4 - Основные рычаги манипулятора

Шестой серводвигатель используется для перемещения захвата. Захват обеспечивает надёжную фиксацию предмета при его переносе. Конструкция захвата представлена на рисунке 2.5.

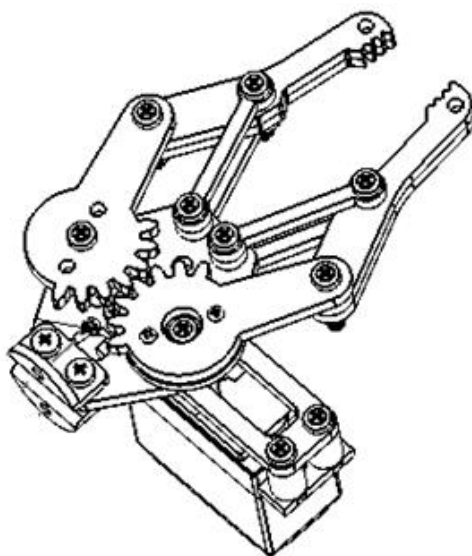


Рисунок 2.5 – Конструкция захвата

## **2.3. Описание всех элементов манипулятора**

Манипулятор «механическая рука» представляет собой совокупность механических, электрических, оптических и вычислительных устройств, которые взаимодействуя друг с другом по определённым алгоритмам, обеспечивают решение поставленных задач. В конструкции манипулятора нет главных и второстепенных элементов. Каждый элемент выполняет возложенную на него функцию, без которой невозможно решение общей задачи. Рассмотрим следующие элементы манипулятора:

- серводвигатель;
- ультразвуковой датчик измерения расстояния HC-SR04;
- контроллер Arduino Uno.

### **2.3.1. Серводвигатель**

Серводвигатель (другие названия: сервопривод, сервомотор) является важным элементом при конструировании различных роботов и механизмов. Это исполнительный электродвигатель, который имеет обратную связь, позволяющую точно управлять движениями механизмов. Другими словами, получая на входе значение управляющего сигнала, система автоматического регулирования, использующая электродвигатель как исполнительный механизм, а сигнал положения как сигнал отрицательной обратной связи стремится поддерживать это значение на выходе своего исполнительного элемента [3].

Конструкция серводвигателя представлена на рисунке 2.6.

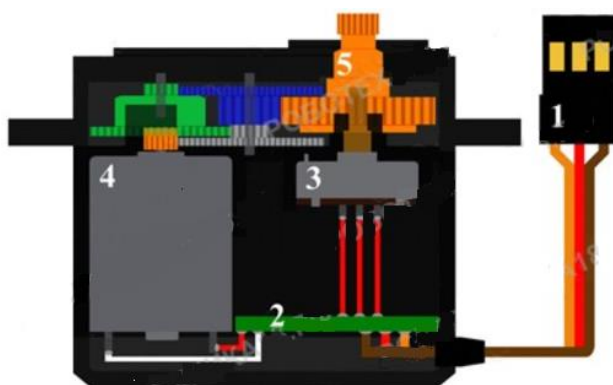
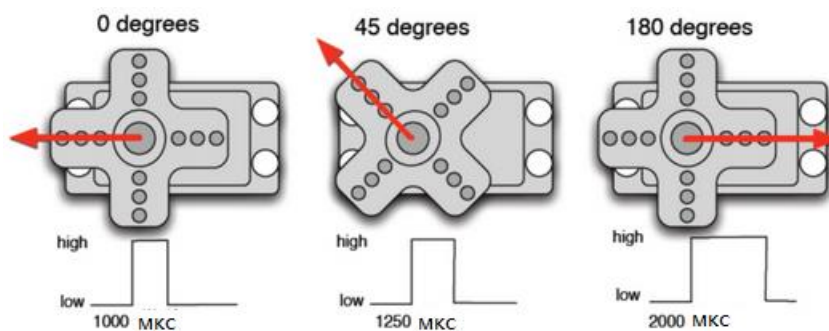


Рисунок 2.6 – Конструкция серводвигателя

1 - разъем для коммутации с внешними устройствами; 2 - встроенная плата регулятора; 3 – датчик положения (потенциометр); 4 – микро мотор; 5 – редуктор с выходным валом

Сервоприводы широко используются для моделирования механических движений роботов. Сервопривод состоит из датчика (скорости, положения и т.п.), блока управления приводом из механической системы и электронной схемы. Редукторы (шестерни) устройства выполняют из металла, карбона или пластика. Пластиковые шестерни сервомотора не выдерживают сильные нагрузки и удары.

Сервомотор имеет встроенный потенциометр, который соединен с выходным валом. Поворотом вала, сервопривод меняет значение напряжения на потенциометре (см. рисунок 2.7). Плата анализирует напряжение входного сигнала и сравнивает его с напряжением на потенциометре, исходя из полученной разницы, мотор будет вращаться до тех пор, пока не выровняет напряжение на выходе и на потенциометре.



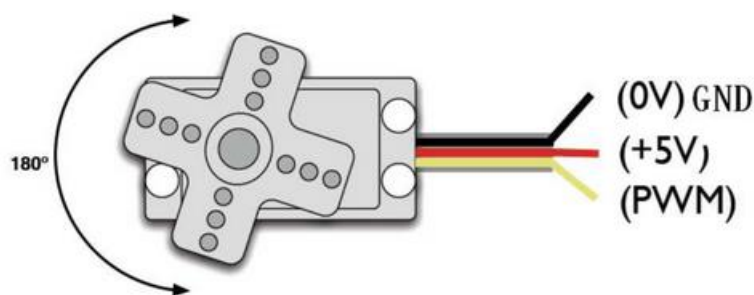


Рисунок 2.7 – Пример работы потенциометра обратной связи

Характеристики серводвигателя mg995 [4]:

- вес - 55 гр.;
- размер - 40,7 x 19,7 x 42,9 мм.;
- скорость - 0,20 сек/60 гр. (4,8V), 0,16 сек/60 гр. (6V);
- угол поворота 180 градусов;
- момент - 8,5 кг/см (4.8V), 10 кг/см (6V);
- рабочее напряжение - 4.8V - 7.2V;
- рабочая температура – 0 °C - 55 °C;
- разъем для подключения - JR (Fits JR and Futaba);
- шестеренки редуктора из металла.

Схема подключения сервопривода к микроконтроллеру Arduino следующая:

- черный провод (pin 1) подключается к отрицательному полюсу источника GND;
- красный провод (pin 2) подключается к положительному полюсу источника 5V;
- желтый провод (pin 3) - аналоговый вывод с ШИМ (широотно-импульсная модуляция).

Для управления сервоприводом используется стандартная библиотека Servo.h .

Пример использования библиотеки

1. Инициализация сервопривода:

```
servo.attach(pin);  
servo.attach(pin, min, max);
```

где `pin` – номер порта к которому подключен сервопривод;  
`min` (опционально) – ширина импульса в микросекундах устанавливающая положение вала сервопривода в 0 градусов (по умолчанию 544);  
`max` (опционально) — ширина импульса в микросекундах устанавливающая положение вала сервопривода в 180 градусов (по умолчанию 2400).

## 2. Поворот вала сервопривода в градусах

```
servo.write(angle);
```

где `angle` – значение угла для поворота: от 0 до 180

## 3. Считывание «текущего» угла поворота сервопривода

```
servo.read();
```

Данная команда возвращает значение типа `int` — угол от 0 до 180 градусов.

## 4. Отключение управления сервоприводом (`pin`) от библиотеки `Servo`.

```
servo.detach();
```

После получения такой команды сервопривод отключается от библиотеки `Servo`

### 2.3.2. Ультразвуковой датчик измерения расстояния HC-SR04

Ультразвуковой датчик измерения расстояния HC-SR04 широко используется в задачах физического моделирования, конструирования роботов и других аналогичных задачах. Внешний вид датчика представлен на рисунке 2.8.



Рисунок 2.8 – Внешний вид датчика измерения расстояния HC-SR04

## Основные характеристики и особенности датчика

Технические характеристики [5]:

- входное напряжение: 5 В;
- потребляемый ток в режиме ожидания: до 2 мА;
- потребляемый ток в режиме измерений: до 15 мА;
- частота ультразвука: 40 кГц;
- измеряемая дальность: 2 ... 400 см;
- точность измерения: до 0,3 мм;
- угол измерения: до 15°;
- рабочая температура: -30 ... 80 °С.

Габаритные размеры датчика измерения расстояния HC-SR04 представлены на рисунке 2.9, диаграмма направленности на рисунке 2.10

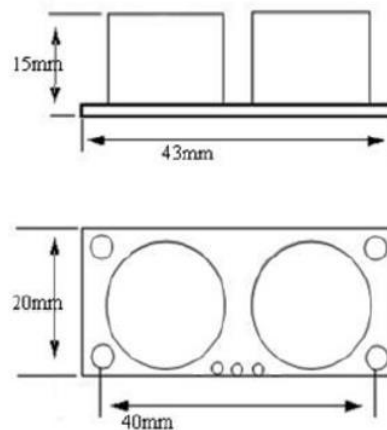


Рисунок 2.9 – Габаритные размеры датчика

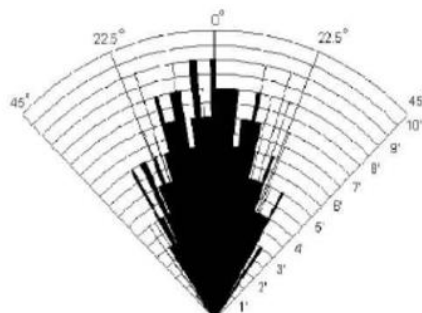


Рисунок 2.10 – Диаграмма направленности датчика расстояния

### Принцип работы датчика

Принцип работы датчика представлен на рисунке 2.11.

Запуск звуковой волны начинается с подачи положительного импульса длительностью не менее 10 микросекунд на ножку **TRIG** датчика (см. рисунок 2.8). По заднему фронту импульса (импульс заканчивается), датчик излучает в пространство перед собой пачку звуковых импульсов частотой 40 кГц. В это же время на ножке **ECHO** датчика появляется логическая единица. Как только датчик улавливает отражённый сигнал, на выводе ECHO появляется логический ноль. По длительности логической единицы на ножке ECHO («Задержка эхо» на рисунке) определяется расстояние до препятствия.

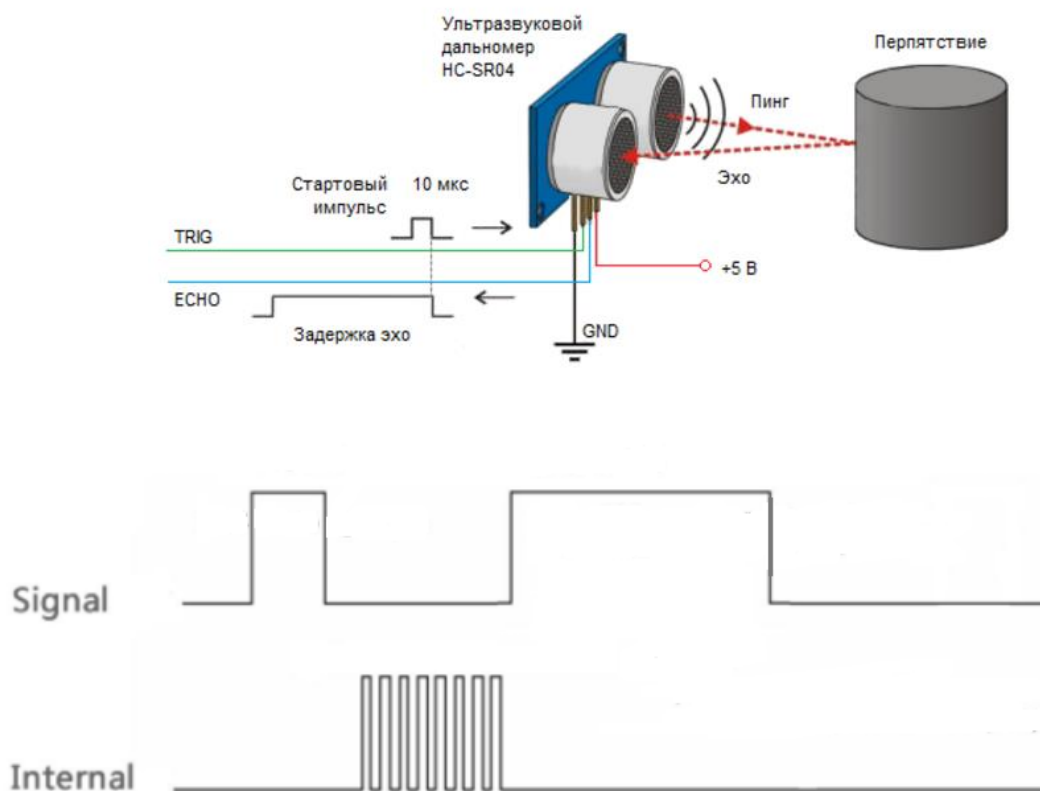


Рисунок 2.11 – принцип работы датчика измерения расстояния HC-SR04

## Программа датчика

На первом шаге задаются адреса выводов TRIG и ECHO – это pin 2 и pin 13. Вывод TRIG как выход, а ECHO – как вход. Инициализируется последовательный порт на скорости 9600 бод. В каждом повторении цикла **loop()** считывается дистанция и выводится в порт.

```
const int TrigPin = 2;
const int EchoPin = 13;
float distance;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(TrigPin, OUTPUT);
  pinMode(EchoPin, INPUT);
  Serial.println("Ultrasonic sensor:");
}
```

Генерируется 10-микросекундный импульс запуска, который является стартом для начала излучения дальномером звукового пакета в пространство. Далее измеряется время от начала передачи звуковой волны до прихода эха.

```
digitalWrite(TrigPin, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(TrigPin, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(TrigPin, LOW);
```

Затем по известному выражению находим удвоенное расстояние от источника сигнала до объекта

$$S = Vt,$$

где  $V$  - скорость звука в воздухе 340 м/сек.;

$t$  - время прохождения звукового сигнала от излучателя до объекта и обратно до приёмника, измеренное в микросекундах.

Переменная, в которой хранится измеренное время, называется *duration*. Чтобы получить время *duration* в секундах, нужно разделить его на 1 000 000. Так как звук проходит двойное расстояние – до объекта и обратно – нужно ещё разделить результат пополам. Вот и получается, что расстояние до объекта

$$S = V \times t = \frac{34000}{2} \times \frac{duration}{1000000} = 0,017 \times duration[\text{cm}]$$



### 2.3.3. Контроллер Arduino Uno;

Arduino - широко распространённая торговая марка аппаратно-программных средств для построения простых систем автоматики и робототехники, ориентированная на непрофессиональных пользователей.

В настоящей работе используется модель контроллера Arduino UNO R3, выполненная на базе микроконтроллера ATmega328. Внешний вид контроллера приведён на рисунке 2.12

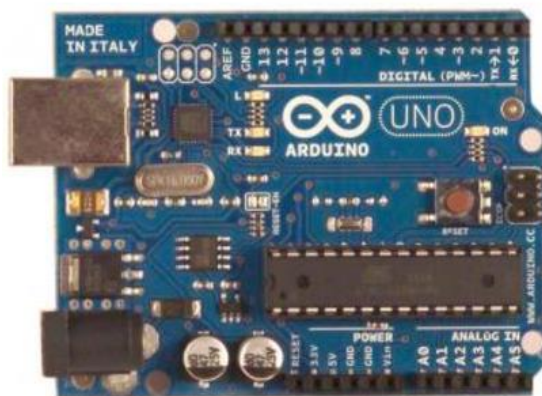


Рисунок 2.12 – Внешний вид контроллера Arduino UNO R3 на базе микроконтроллера ATmega328.

Выбор конкретной модели контроллера выполнен на основании анализа решаемых задач, доступности, стоимости, простоты освоения и других критериев, по которым Arduino UNO значительно превосходит другие варианты.

Программная часть Arduino UNO состоит из бесплатной программной оболочки (IDE) для написания программ, их компиляции и программирования аппаратуры.

Аппаратная часть представляет собой набор смонтированных печатных плат, продающихся как официальным производителем, так и сторонними производителями. Полностью открытая архитектура системы позволяет свободно копировать или дополнять линейку продукции Arduino [6].

Технические характеристики контроллера Arduino UNO R3

- 14 цифровых портов входа-выхода (6 из них поддерживают режим ШИМ

модуляции);

- 6 аналоговых входов;
- частота тактирования 16 МГц;
- USB порт;
- разъем питания;
- разъем внутрисхемного программирования;
- кнопка сброса.

На рисунке 2.13 приведён внешний вид монтажной платы с расположенными на ней элементами манипулятора и электрическими связями. Данный вид актуален для этапа отладки взаимодействия всех элементов системы.

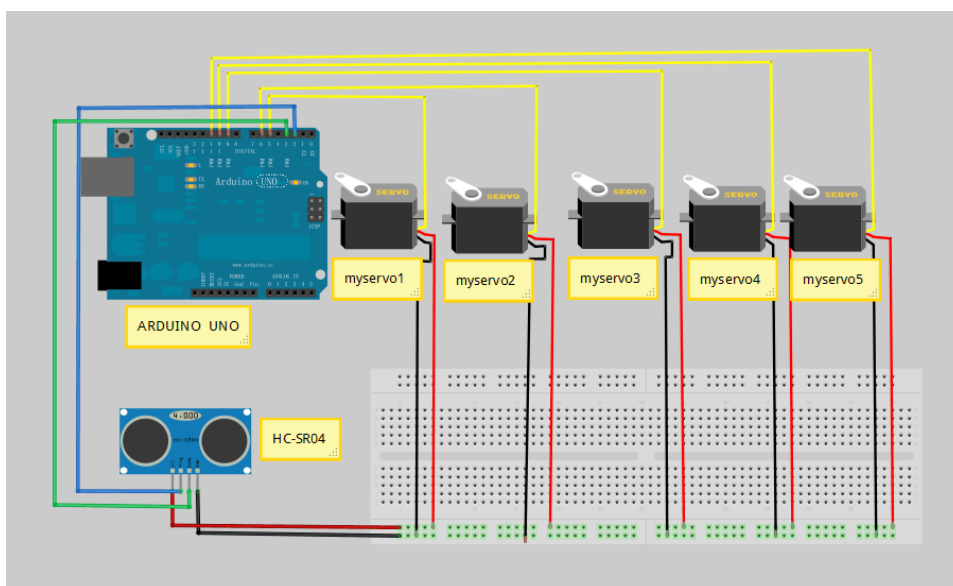


Рисунок 2.13 – Внешний вид монтажной платы

### **3. АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ МАНИПУЛЯТОРОМ**

В процессе создания физической модели манипулятора разработано и опробовано достаточно много алгоритмов, обеспечивающих подвижность манипулятора, но при написании ВКР рассмотрена только часть из них, а именно:

- алгоритм инициализации;
- алгоритм поиска объекта;
- алгоритм определения расстояния до объекта;
- алгоритм захвата объекта.

#### **3.1. Алгоритм инициализации**

Смысл алгоритма заключается в установке всех элементов манипулятора в исходное состояние. Такими состояниями являются начальные углы( $\theta_1$ ,  $\theta_2$ ,  $\theta_3$ ,  $\theta_4$ ,  $\theta_5$ , см. рисунок 2.3), которые устанавливаются серводвигателями:

- угол первого, четвёртого и пятого серводвигателей 0 градусов;
- угол второго серводвигателя 90 градусов;
- угол третьего серводвигателя 160 градусов.

При таком положении углов манипулятор принимает прямоугольную форму, которая является начальной, для того чтобы определить расстояние до объект (см. рисунок 3.1).

### **3.2. Алгоритм поиска объекта**

Первый серводвигатель вращает манипулятор по градусу от 0 до м 180 градусов (максимум). После завершения сканирования манипулятор возвращается в 0 и процесс повторяется. Если в процессе поворота обнаружен объект то первый серводвигатель прекращает работу.

### 3.3. Алгоритм определения расстояния до объекта

После останова первого серводвигателя, ультразвуковой датчик расстояния измеряет расстояние от манипулятора до объекта. По расстоянию вычисляются углы поворота для каждого серводвигателя, которые обеспечивают перемещение захвата в область объекта.

Алгоритм реализует метод, представленный ниже.

После выполнения алгоритма инициализации плечи манипулятора занимают положение, представленное на рисунке 3.31. Угол между плечами равен  $90^\circ$ .

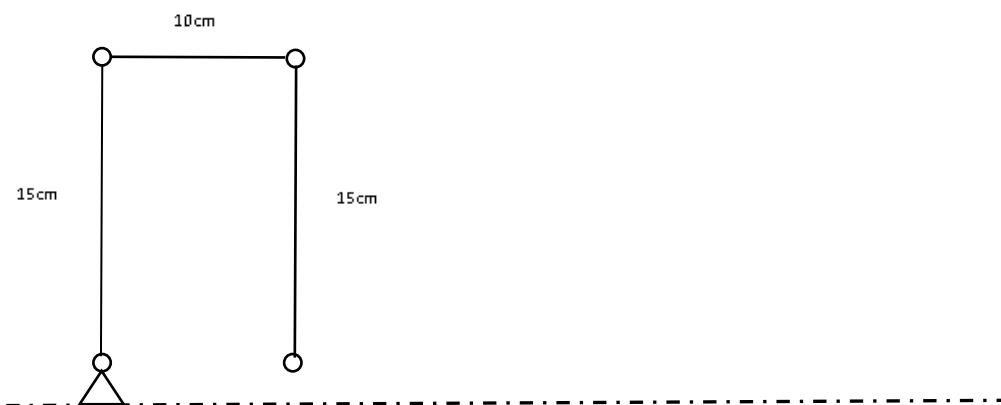


Рисунок 3.1 - Начальное положение плеч манипулятора

После обнаружения объекта и измерения расстояния до него, вычисляются углы между плечами манипулятора, которые обеспечат перемещение захвата в область объекта. Графическая интерпретация метода представлена на рисунке 3.2.

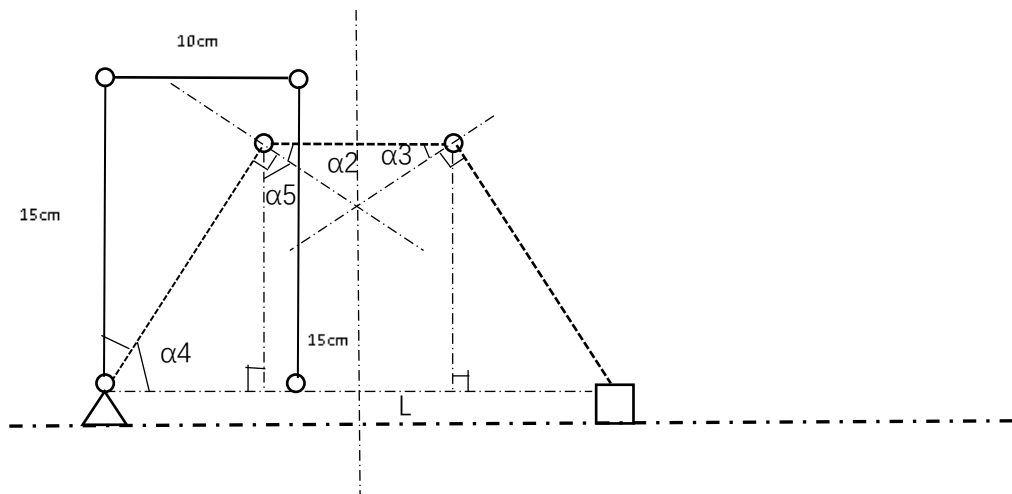


Рисунок 3.2 - Начальное и конечное положение манипулятора  
 $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$  – вычисленные углы для второго, третьего и четвертого  
 серводвигателей;  $L$  – расстояние до объекта

Из рисунка 3.2 следует, что конечная форма манипулятора это  
 равнобедренная трапеция, и поэтому,  $\alpha_2$  и  $\alpha_3$  одинаковые. Из чего следует, что

$$\alpha_1 + \alpha_5 = 90 \text{ градусов,}$$

$$\alpha_2 + \alpha_5 = 90 \text{ градусов.}$$

Следовательно

$$\alpha_1 = \alpha_2.$$

По рисунку определяем

$$\alpha_4 = \arccos\left(\frac{L-10}{2}\right)/15).$$

$$\alpha_1 = 90 - \alpha_4$$

По полученным результатам рассчитываются углы для серводвигателей,  
 обеспечивающие перемещение захвата в область объекта:

$$pos2 = 90 - \alpha_1 = \alpha_4,$$

$$pos3 = 160 - \alpha_1 = 70 + \alpha_4,$$

$$pos4 = \alpha_1 = 90 - \alpha_4.$$

### **3.4. Алгоритм захвата объекта**

После перемещения манипулятора в область объекта, серводвигатель захвата обеспечивает захват объекта и перемещение его в начальную точку.

### 3.5. Блок-схема алгоритма и программа для Arduino

Блок-схема алгоритма приведена на рисунке 3.3.

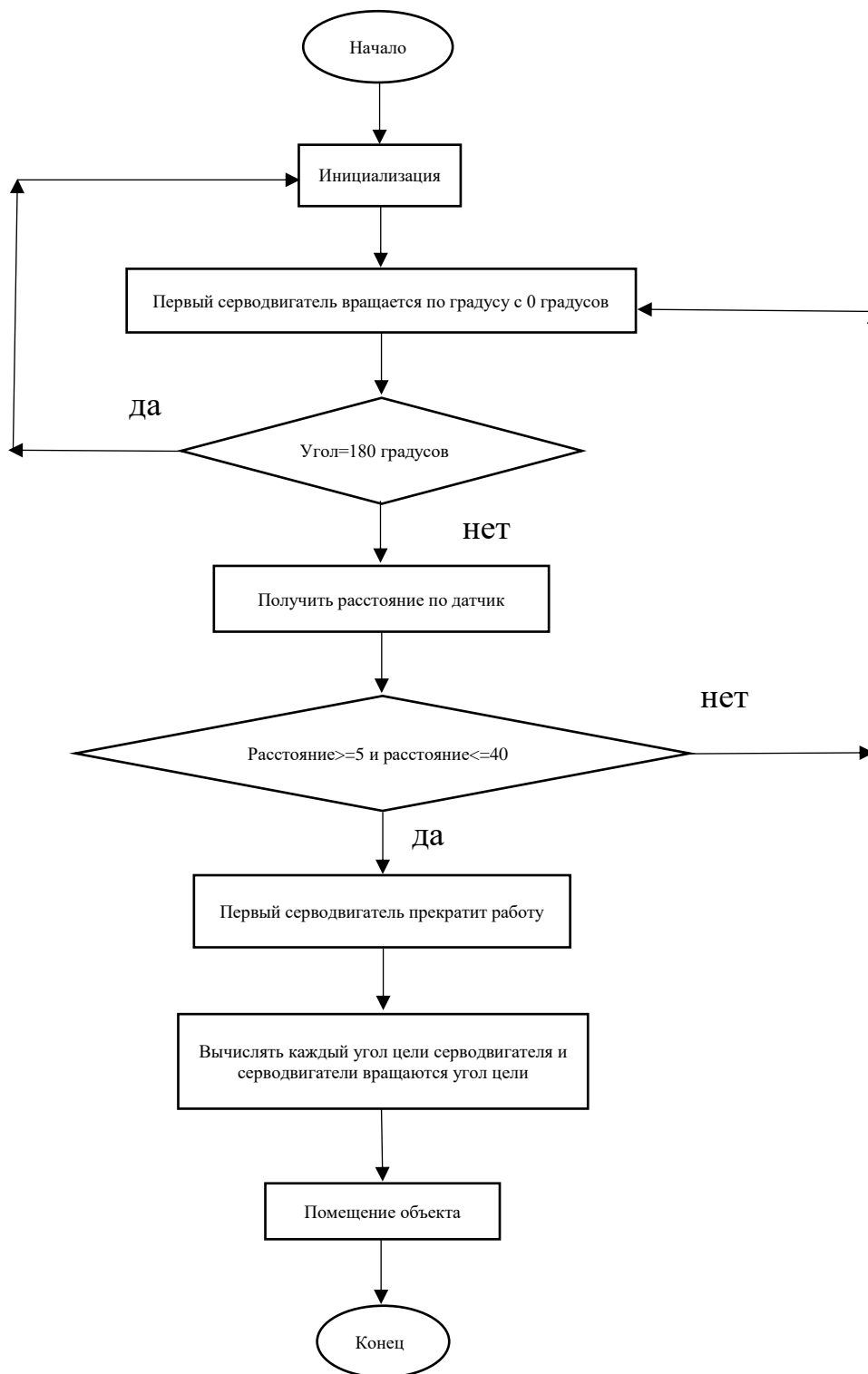


рисунок 3.3. Блок-схема алгоритма



## Программа для Arduino

Для реализации алгоритма инициализации задаются начальные углы (см. рисунке 3.4).

```
int pos1 = 0;
int pos2 = 90;
int pos3 = 160;
int pos4 = 00;
int pos5 = 0;
```

Рисунок 3.4 - Инициализация начальных углов  
pos1, pos2, pos3, pos4, pos5 – углы первого, ..., пятого  
серводвигателей соответственно

Первый серводвигатель работает по циклу, вращая манипулятор от 0 до 180 градусов. Программа на рисунке 3.5.

```
if(pos1<180&&pos1>=0)
{
  pos1 = pos1+1;
  myservo1.write(pos1);
  delay(5);
}
else
{
  for(pos1 = 180; pos1 > 0; pos1 = pos1-1)
  {
    myservo1.write(pos1);
    delay(5);
  }
}
```

Рисунок 3.5 - Вращение манипулятора

Если в диапазоне вращения обнаружен объект, то происходит расчет углов поворота серводвигателей, обеспечивающих перемещение захвата в область объекта. Программа представлена на рисунке 3.6.

```

if(distance<40&&distance>5)
{
  a=(180/3.14159)*acos(((distance-10)/2)/15);
  Serial.print(a);
  Serial.print("\n");
  for(pos4; pos4 < 90-a; pos4 =pos4+1)
  {
    myservo2.write(pos2);
    delay(30);
  }
  for(pos3; pos3 >70+a; pos3 =pos3-1)
  {
    myservo3.write(pos3);
    delay(30);
  }

  for(pos2; pos2 >a; pos2 =pos2-1)
  {
    myservo2.write(pos2);
    delay(30);
  }
}

```

Рисунок 3.6 – Программа расчета углов для перемещения захвата в область объекта серводвигателей до объекта

После захвата объекта манипулятор перемещается в начальную точку. Программа представлена на рисунке 3.7.

```

myservo5.write(45);
delay(2000);
myservo1.write(10);
  delay(1000);
myservo2.write(90);
  delay(1000);
myservo3.write(160);
  delay(1000);
myservo5.write(pos5);
delay(2000);
while(1) ;

```

Рисунок 3.7 – Программа перемещения объекта

### **3.6. Вывод о возможности применения рассмотренного способа**

Рассмотренный способ определения расстояния до объекта достаточно прост, не требует значительных вычислительных возможностей. Однако расчет ориентирован на определённое исходное положение плеч манипулятора, что ограничивает применение метода.

## 4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

### Введение

В данной ВКР представлено исследование работы реального управления манипулятора, который состоит из ультразвукового датчика измерения расстояния, серводвигателей, контроллер Arduino Uno. Рабочее место представляет собой место оператора и включает в себя рабочий стол и персональный компьютер с помощью которого производится управление и настройка технического оборудования.

социальная ответственность – ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этическое поведение, которое:

- содействует устойчивому развитию, включая здоровье и благосостояние общества;
- учитывает ожидания заинтересованных сторон;
- соответствует применяемому законодательству и согласуется с международными нормами поведения;
- интегрировано в деятельность всей организации и применяется в ее взаимоотношениях.

Научно-исследовательская работа выполнялась в помещении, далее офис, находящемся на кафедре «Автоматики и компьютерных систем», десятого корпуса Томского Политехнического Университета, в аудитории 117а.

Площадь, приходящаяся на одно рабочее место пользователя ПК с ЭЛТ-монитором должна составлять не менее 6 м<sup>2</sup>, с монитором на базе плоских дискретных экранов – 4,5 м<sup>2</sup>, что позволяет расположить технические средства на безопасном расстоянии до пользователя.

Для данной рабочей зоны необходимо проанализировать следующие факторы. К вредным факторам относятся: микроклимат, шум,

электромагнитные поля, освещение.

К опасным факторам рабочей зоны относятся: опасность возникновения пожара и опасность поражения электрическим током.

Чрезвычайные ситуации характерные для данного объекта: пожар.

Вопросы, относящиеся к организации и охране труда при работе за компьютером, регулируются:

- Трудовым кодексом Российской Федерации,
- СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы»,
- Инструкцией по охране труда при работе на ПК.

## 4.1 Техногенная безопасность

Таблица - Опасные и вредные факторы при выполнении работ по внедрению системы автоматизации водоснабжения котельной пос.Самусь, Томской области.

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Полевые работы: 1) Установка датчиков давления и перепада давления; 2) Установка частотного преобразователя; 3) Установка регуляторов; 4) Работа с ручным и электрифицированным инструментом;	1.Превышение уровня шума; 2.Электромагнитное излучение; 3.Отклонение показателей микроклимата. 4.Недостаточная освещенность	1.Вращающиеся механизмы асинхронного двигателя; 2.Напряжение прикосновения и токи;	1.СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 2.СН2.2.4/2.1.8.562-96 3.СанПиН2.2.4.548-96 4. ГОСТ Р 12.1.019 - 2009 ССБТ 5.СанПиН 2.2.4.1329-03

### 4.1.1 Анализ вредных факторов производственной среды

#### 4.1.1.1 Отклонения показателей микроклимата

Существуют гигиенические требования СанПиН 2.2.4.548-96 [15] к показателям микроклимата рабочих мест производственных помещений с учетом интенсивности энергозатрат работающих, периодов года. Санитарные нормы и правила предназначены для предотвращения неблагоприятного воздействия микроклимата рабочих мест производственных помещений на самочувствие, функциональное состояние, работоспособность и здоровье человека.

Определим необходимые параметры микроклимата и воздушной среды для помещения.

Работа на стенде относится к категории работ Ia [15], к которой относятся работы с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт),

производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением. Оптимальные параметры микроклимата для этой категории работ приведены в таблице 14:

Таблица 14 – Оптимальные параметры микроклимата по СанПиН 2.2.4.548- 96

Сезон	Температура воздуха, t, °С	Температура поверхностей, t, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный и переходный (средне суточная температура меньше 10°С)	22-24	21 - 25	60-40	0.1
Теплый (среднесуточная температура воздуха 10°С и выше)	23-25	22-26	60-40	0.1

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в производственном помещении относятся: в теплое время года для удаления избыточного тепла и влаги используется кондиционер, в холодное время года вводится система центрального отопления.

#### 4.1.1.2 Повышенный уровень шума

Шум – это совокупность различных звуков, возникающих в процессе производства и неблагоприятно воздействующих на организм.

Шум может привести к нарушениям слуха (в случае постоянного нахождения при шуме более 85 децибел(dB)), может являться фактором стресса и повысить систолическое кровяное давление.

Дополнительно, он может способствовать несчастным случаям, маскируя предупреждающие сигналы и мешая сконцентрироваться.

Для рассматриваемого помещения основными источниками шума являются персональные компьютеры, кондиционер и вытяжные вентиляторы на окнах.

Нормативным документом, регламентирующим уровни шума для различных категорий рабочих мест служебных помещений, является ГОСТ

12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности» [7].

Помещения, в которых для работы используются ПК не должны граничить с помещениями, в которых уровни шума превышают нормируемые значения.

В помещениях, оборудованных ПК, которые являются основным источником шума при выполнении данных видов работ, уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБА [7].

#### **4.1.1.3 Повышенный уровень электромагнитных излучений**

При работе с персональным компьютером (ПК) человек подвергает воздействию ряда вредных факторов: электромагнитного и электростатического полей.

Электромагнитное излучение, создаваемое персональным компьютером, имеет сложный спектральный состав в диапазоне частот от 0 Гц до 1000 МГц, а также электрическую (Е) и магнитную (Н) составляющие.

Основным источником электромагнитных излучений от мониторов ПЭВМ (ПК) является трансформатор высокой частоты строчной развертки. На сегодняшний день ЭЛТ-мониторы практически повсюду заменены на ЖК-мониторы, электромагнитное излучение от которых в разы меньше, чем от ЭЛТ-мониторов.

В соответствии с СанПиН 2.2.4.1191-03 [8] нормы допустимых уровней напряженности электрических полей зависят от времени пребывания человека в контролируемой зоне. Время допустимого пребывания в рабочей зоне в часах составляет  $T=50/E-2$ . Работа в условиях облучения электрическим полем с напряженностью 20–25 кВ/м продолжается не более 10 минут. При напряженности не выше 5 кВ/м присутствие людей в рабочей зоне разрешается в течение 8 часов.

Безопасные уровни излучений также регламентируются нормами Госкомсанэпиднадзора «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» (СанПиН



#### 2.2.4.1340-03) [9].

Мероприятия по снижению излучений включают:

- мероприятия по сертификации ПЭВМ (ПК) и аттестации рабочих мест;
- применение экранов и фильтров;
- организационно-технические мероприятия;
- применение средств индивидуальной защиты путем экранирования пользователя ПЭВМ (ПК) целиком или отдельных зон его тела;
- использование и применение профилактических напитков;
- использование иных технических средств защиты от патогенных излучений.

#### **4.1.1.4 Недостаточная освещенность рабочей зоны**

Недостаточное освещение рабочего места и помещения является вредным фактором для здоровья человека, вызывающим ухудшение зрения. Неудовлетворительное освещение может, кроме того, являться причиной травматизма. Неправильная эксплуатация, также, как и ошибки, допущенные при проектировании и устройстве осветительных установок, могут привести к пожару, несчастным случаям. При таком освещении снижается производительность труда и увеличивается количество допускаемых ошибок по СП 52.13330.2011 [18].

Рациональное освещение рабочего места позволяет предупредить травматизм и многие профессиональные заболевания. Правильно организованное освещение создает благоприятные условия труда, повышает работоспособность, действует на человека тонизирующее, создаёт хорошее настроение, улучшает протекание основных процессов нервной высшей деятельности и увеличивает производительность труда. Из-за постоянной занятости перед монитором возникает перенапряжение зрительное.

Рабочая зона или рабочее место оператора АСУ освещается таким образом, чтобы можно было отчетливо видеть процесс работы, не напрягая

зрения, а также исключается прямое попадание лучей источника света в глаза.

Кроме того, уровень необходимого освещения определяется степенью точности зрительных работ. Наименьший размер объекта различения составляет 0.5 - 1 мм. В помещении присутствует естественное освещение. По нормам освещенности по СП 52.13330.2011 [18] и отраслевым нормам, работа за ПК относится к зрительным работам высокой точности для любого типа помещений.

## **4.1.2 Анализ опасных факторов производственной среды**

### **4.1.2.1 Электробезопасность**

Электробезопасность – система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного для жизни воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества [10].

Опасное и вредное воздействия на людей электрического тока и электрической дуги проявляются в виде электротравм и профессиональных заболеваний.

Помещение, где расположены персональные вычислительные машины, относится к помещениям без повышенной опасности [11], так как отсутствуют следующие факторы:

- сырость;
- токопроводящая пыль;
- токопроводящие полы;
- высокая температура;
- возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землёй металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам и механизмам и металлическим корпусам электрооборудования.

К мероприятиям по предотвращению возможности поражения электрическим током следует отнести [11]:

- при производстве монтажных работ необходимо использовать только исправный инструмент, аттестованный службой КИПиА;
- с целью защиты от поражения электрическим током, возникающим между корпусом приборов и инструментом при пробое сетевого напряжения на корпус, корпуса приборов и инструментов должны быть заземлены;
- при включенном сетевом напряжении работы на задней панели должны быть запрещены;
- все работы по устранению неисправностей должен производить квалифицированный персонал;
- необходимо постоянно следить за исправностью электропроводки.

Перед началом работы следует убедиться в отсутствии свешивающихся со стола или висящих под столом проводов электропитания, в целостности вилки и провода электропитания, в отсутствии видимых повреждений аппаратуры и рабочей мебели, в отсутствии повреждений и наличии заземления приэкранного фильтра.

Токи статического электричества, наведенные в процессе работы компьютера на корпусах монитора, системного блока и клавиатуры, могут приводить к разрядам при прикосновении к этим элементам. Такие разряды опасности для человека не представляют, но могут привести к выходу из строя компьютера. Для снижения величин токов статического электричества используются нейтрализаторы, местное и общее увлажнение воздуха, использование покрытия полов с антистатической пропиткой.

#### **4.1.2.2 Пожарная безопасность**

Пожарная безопасность – комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, на предотвращение пожара, ограничение его распространения, а также на создание условий для успешного тушения пожара [12]

Рабочее помещение, в котором производится работа по выполнению ВКР по пожарной и взрывной опасности относят к категории В [13]

К противопожарным мероприятиям в помещении относят следующие мероприятия

1) помещение должно быть оборудовано: средствами тушения пожара (огнетушителями, ящиком с песком, стендом с противопожарным инвентарем); средствами связи; должна быть исправна электрическая проводка осветительных приборов и электрооборудования.

2) каждый сотрудник должен знать место нахождения средств пожаротушения и средств связи; помнить номера телефонов для сообщения о пожаре; уметь пользоваться средствами пожаротушения.

Помещение обеспечено средствами пожаротушения в соответствии с нормами [13]

1) пенный огнетушитель ОП-10 – 1 шт.

2) углекислотный огнетушитель ОУ-5 – 1 шт.

При невозможности самостоятельно потушить пожар необходимо вызвать пожарную команду, после чего поставить в известность о случившемся инженера по технике безопасности.

Вынужденная эвакуация при пожаре протекает в условиях нарастающего действия опасных факторов пожара. Кратковременность процесса вынужденной эвакуации достигается устройством эвакуационных путей и выходов, число, размеры и конструктивно-планировочные решения которых регламентированы строительными нормами СНиП 2.01.02-85.

Помещение и этаж оборудованы следующими средствами оповещения:

- световая индикация в коридорах этажа;
- звуковая индикация в виде громкоговорителя;
- пассивными датчиками задымленности.

## 4.2 Региональная безопасность

Региональная безопасность сводится к устранению отходов бытового мусора и отходам жизнедеятельности человека. В случае выхода из строя ПК, они списываются и отправляются на специальный склад, который при необходимости принимает меры по утилизации списанной техники и комплектующих.

На сегодняшний день одним из самых распространенных источников ртутного загрязнения являются вышедшие из эксплуатации люминесцентные лампы. Каждая такая лампа, кроме стекла и алюминия, содержит около 60 мг ртути. Поэтому отслужившие свой срок люминесцентные лампы, а также другие приборы, содержащие ртуть, представляют собой опасный источник токсичных веществ.

В целом, утилизация ламп предполагает передачу использованных ламп предприятиям – переработчикам, которые с помощью специального оборудования перерабатывают вредные лампы в безвредное сырье – сорбент, которое в последующем используют в качестве материала для производства, например тротуарной плитки.

Под хранением отходов понимается временное размещение их в специально отведенных для этого местах или объектах до их утилизации. Отработанные люминесцентные лампы, согласно Классификатору отходов ДК 005-96, утвержденному приказом Госстандарта № 89 от 29.02.96 г., относятся к отходам, которые сортируются и собираются отдельно, поэтому утилизация люминесцентных ламп и их хранение должны отвечать определенным требованиям.

### 4.3 Организационные мероприятия обеспечения безопасности

Правовой основой законодательства в области обеспечения БЖД является Конституция – основной закон государства. Законы и иные правовые акты, принимаемые в РФ, не должны противоречить Конституции РФ. В состав этих основ входит:

Экологическая безопасность.

Федеральный закон «Об охране окружающей среды» в комплексе с мерами организационного, правового, экономического и воспитательного воздействия, который содержит свод правил охраны окружающей и регулирует природоохранные отношения в сфере всей природной среды, не выделяя ее отдельные объекты, охране которых посвящено специальное законодательство. Задачами этого законодательства являются: охрана природной среды, предупреждение вредного воздействия хозяйственной или иной деятельности, оздоровление окружающей природной среды, улучшение ее качества.

СанПиН 2.1.2.568-96 - Гигиенические требования к устройству, эксплуатации и качеству воды;

Охрана труда – это система обеспечения безопасности жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия.

СанПиН 2.2.4.1329-03 - Требования по защите персонала от воздействия импульсных электромагнитных полей;

СН 2.2.4/2.1.8.562-96 - Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий;

ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. - Электробезопасность.

Федеральный закон «О защите населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера» определяет общие для РФ

организационно-правовые нормы в области защиты населения, всего земельного, водного, воздушного пространства в пределах РФ, объектов производственного и социального назначения, а так же окружающей природной среды от ЧС природного и техногенного характера.

Основные цели закона: предупреждение возникновения и развития ЧС, снижение размеров ущерба и потерь от ЧС, ликвидация ЧС.

СНиП 2.01.02-85\* - Противопожарные нормы.

#### 4.4 Особенности законодательного регулирования проектных решений

Государственный надзор и контроль в организациях независимо от организационно–правовых форм и форм собственности осуществляют специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с федеральными законами.

Согласно [18] в условиях непрерывного производства нет возможности использовать режим рабочего времени по пяти– или шестидневной рабочей неделе. По этой причине применяются графики сменности, обеспечивающие непрерывное обслуживание производственного процесса, работу персонала сменами постоянной продолжительности, регулярные выходные дни для каждой бригады, постоянный состав бригад и переход из одной смены в другую после дня отдыха по графику. На объекте применяется четырех-бригадный график сменности. При этом ежесуточно работают три бригады, каждая в своей смене, а одна бригада отдыхает. При составлении графиков сменности учитывается положение ст. 110 ТК [18] о предоставлении работникам еженедельного непрерывного отдыха продолжительностью не менее 42 часов.

Государственный надзор и контроль в организациях независимо от организационно–правовых форм и форм собственности осуществляют специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с федеральными законами.

К таким органам относятся:

- Федеральная инспекция труда;
- Государственная экспертиза условий труда Федеральная служба по труду и занятости населения (Минтруда России Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Госгортехнадзор, Госэнергонадзор, Госатомнадзор России)).
- Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Госсанэпиднадзор России) и др.

Так же в стране функционирует Единая государственная система



предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, положение о которой утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации, 83 в соответствии с которым, система объединяет органы управления, силы и средства.

## 4.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В данном случае на объекте (офис) могут возникать чрезвычайные ситуации (ЧС) следующего характера:

- техногенные;
- экологические;
- природные.

Наиболее типичной ЧС для помещения, котором производится выполнение ВКР, является пожар. Данная ЧС может произойти в случае замыкания электропроводки оборудования, обрыву проводов, не соблюдению мер пожаробезопасности и т.д.

Для того чтобы избежать возникновения пожара необходимо проводить следующие профилактические работы, направленные на устранение возможных источников возникновения пожара:

- периодическая проверка проводки;
- отключение оборудования при покидании рабочего места;
- проведение инструктажа работников о пожаробезопасности.

Чтобы увеличить устойчивость офисного помещения к ЧС необходимо устанавливать системы противопожарной сигнализации, реагирующие на дым и другие продукты горения, установка огнетушителей, обеспечить офис и проинструктировать рабочих о плане эвакуации из офиса, а также назначить ответственных за эти мероприятия. Два раза в год (в летний и зимний период) проводить учебные тревоги для отработки действий при пожаре. В ходе осмотра офисного помещения были выявлены системы, сигнализирующие о наличии пожара или задымленности помещения и наличие огнетушителей.

В случае возникновения ЧС как пожар, необходимо предпринять меры по эвакуации персонала из офисного помещения в соответствии с планом эвакуации. При отсутствии прямых угроз здоровью и жизни произвести попытку тушения возникшего возгорания огнетушителем. В случае потери контроля над пожаром, необходимо эвакуироваться вслед за сотрудниками по

плану эвакуации и ждать приезда специалистов, пожарников. При возникновении пожара должна сработать система пожаротушения, издав предупредительные сигналы, и передав на пункт пожарной станции сигнал о ЧС, в случае если система не сработала, по каким-либо причинам, необходимо самостоятельно произвести вызов пожарной службы по телефону 101, сообщить место возникновения ЧС и ожидать приезда специалистов.

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

В настоящее время перспективность научного исследования определяется главным образом коммерческой ценностью разработки, а не только ее ресурс - эффективностью и высокотехнологичными свойствами, которые в начале разработки продукта бывает достаточно трудно оценить. Высокая коммерческая ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Эти моменты важно учитывать разработчикам, которые должны представлять высокие перспективы проводимых научных исследований.

Таким образом, целью работы является проведение таких научных исследований, тема которых актуальна на сегодняшний день и отвечает современным требованиям в области ресурсосбережения и ресурсоэффективности.

Достижение цели обеспечивается решением ряда задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования;
- планирование научно-исследовательской работы;
- определение возможных альтернатив проведения научного исследования, отвечающих современным требованиям в области ресурсосбережения и ресурсоэффективности.

### **5.1 Календарный план работ и оценка времени их выполнения**

Для выполнения исследований по данной работе создана рабочая группа, состоящая из руководителя и студента. По каждому виду

запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителя.

Таким образом, был оценен объем необходимых работ, составлен календарный план их проведения и распределены обязанности участников проекта: участниками являются 2 человека - научный руководитель и инженер. Научный руководитель участвует в работе в течении 13 дней, инженер- 154 дней.

## 5.2 Смета затрат на проект

Затраты на выполнения проекта ( $K_{пр}$ ) складываются из следующих составляющих:

$$K_{пр} = K_{\text{мат}} + K_{\text{ам}} + K_{\text{з/пл}} + K_{\text{с.о.}} + K_{\text{пр}} + K_{\text{накл}},$$

где  $K_{\text{мат}}$  - материальные затраты на выполнение проекта;

$K_{\text{ам}}$  -амортизация компьютерной техники;

$K_{\text{з/пл}}$  -затраты на заработную плату;

$K_{\text{с.о.}}$  -затраты на социальные нужды;

$K_{\text{пр}}$  -прочие затраты;

$K_{\text{накл}}$  -накладные расходы.

### 5.2.1 Материальные затраты

Материальные затраты принимаем в размере 5000 рублей на канцелярские товары.

### 5.2.2 Амортизация компьютерной техники

Рассчитаем амортизацию компьютерной техники  $K_{\text{ам}}$  :

$$K_{\text{ам}} = \frac{T_{\text{исп.кт}}}{T_{\text{кал}}} \cdot C_{\text{кт}} \cdot \frac{1}{T_{\text{сл}}},$$

где  $T_{\text{исп.кт}}$  - время использования компьютерной техники;

$T_{\text{кал}}$  - календарное время( 365 дней);

$C_{\text{кт}}$  -цена компьютерной техники;

$T_{\text{сл}}$  - срок службы компьютерной техники (5 лет).

Затраты и время работы компьютерной техники сведены в таблицу 4.

Таблица 4 – Стоимость и время работы компьютерного оборудования

Объект	Стоимость, руб.	Время использования, дней.
Компьютер	50000	105

Тогда амортизация составит

$$K_{ам.компьютера} = \frac{T_{исп.кт}}{T_{кал}} \times u_{кт} \times \frac{1}{T_{сл}} = \frac{105}{365} \times 50000 \times \frac{1}{5} = 2877 \text{ руб}$$

$$K_{ам} = K_{ам.компьютера} = 2877 \text{ руб}$$

### 5.2.3 Затраты на заработную плату

Зарботная плата рассчитывается для инженера и научного руководителя:

$$K_{з/пл} = ЗП_{инж} + ЗП_{нр}$$

где  $ЗП_{инж}$  – зарботная плата инженера;

$ЗП_{нр}$  – зарботная плата научного руководителя.

Зарботная плата за месяц:

$$ЗП_{мес} = ЗП_0 \times k_1 \times k_2$$

где  $ЗП_0$  – месячный оклад, руб;

$k_1$  – коэффициент, учитывающий отпуск (10%);

$k_2$  – районный коэффициент (30%).

Зарботная плата инженера (10 разряд):

$$ЗП_{инж} = ЗП_0 \times k_1 \times k_2 = 17000 \times 1,1 \times 1,3 = 24310 \text{ руб}$$

Зарботная плата научного руководителя (15 разряд):

$$ЗП_{нр} = ЗП_0 \times k_1 \times k_2 = 26300 \times 1,1 \times 1,3 = 37609 \text{ руб}$$

Рассчитаем зарботную плату за количество отработанных дней по факту:

$$ЗП_{инж.фак.} = \frac{ЗП_{инж}}{21} \times n = \frac{24310}{21} \times 154 = 178273 \text{ руб}$$

$$ЗП_{нр.фак.} = \frac{ЗП_{нр}}{21} \times n = \frac{37609}{21} \times 13 = 23282 \text{ руб}$$

где n- фактическое число дней работы в проекте.

В итоге затраты на оплату труда руководителя ВКР и инженера составят:

$$K_{з/пл} = 3П_{инж.фак.} + 3П_{пр.фак.} = 178273 + 23282 = 201555 \text{ руб}$$

#### 5.2.4 Затраты на социальные нужды

Затраты на социальные отчисления составляют 30% от  $K_{з/пл}$  и равны:

$$K_{с.о.} = K_{з/пл} \times 0,3 = 201555 \times 0,3 = 60467 \text{ руб}$$

#### 5.2.5 Прочие затраты

Прочие затраты принимаем в размере 10% от суммы материальных и амортизационных затрат, затрат на заработную плату, а также затрат на социальные отчисления:

$$\begin{aligned} K_{пр} &= (K_{мат} + K_{ам} + K_{з/пл} + K_{с.о.}) \times 0,1 \\ &= (5000 + 2877 + 201555 + 60467) \times 0,1 = \end{aligned}$$

26990 руб

#### 4.2.6 Накладные расходы

Накладные расходы принимаем в размере 200% от затрат на заработную плату  $K_{з/пл}$ :

$$K_{накл} = K_{з/пл} \times 2 = 201555 \times 2 = 403110 \text{ руб}$$

Составим итоговую смету затрат на выполнения проекта:

Таблица 5 – Смета проекта

Элементы затрат	Стоимость, руб.
Материальные затраты	5000
Амортизационные затраты	2877
Затраты на заработную плату	201555
Социальные отчисления	60467
Прочие затраты	26990
Накладные расходы	403110
Итого:	699999



### 5.3 Смета затрат на материалы для реализации проекта

В таблице 6 представлено подробное описание расходов на материалы, необходимые для реализации проекта:

Таблица 6 - Расходы на материалы

Статьи расходов	Единица измерения	Цена, руб	Объем потребления	Итого, руб.
Серводвигатель	Шт.	950	4	3800
Ультразвуковой датчик измерения расстояния	Шт	250	1	250
якри	Шт.	400	1	400
Контроллер Arduino Uno	Шт.	1000	1	1000
Набор отверток	Шт.	300	1	300
Итого:				5750

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате выполнения выпускной квалификационной работы проведены исследования манипулятора «механическая рука», выполненного на базе Arduino.

При выполнении ВКР решены следующие задачи:

- разработана механическая конструкция;
- настроено программное обеспечение для реализации управления манипулятором;
- разработана электрическая схема;
- разработаны алгоритмы управления

Разработанные алгоритмы позволяют реализовать следующие функции:

- поиска объекта;
- определения расстояния до объекта;
- захвата объекта.

Предложенные алгоритмы достаточно просты и надёжны, но их применение ограничено конструкцией манипулятора.

## **CONCLUSION**

As a result of the completion of the final qualifying work, the researches of the manipulator "mechanical arm" performed on the basis of Arduino were carried out.

The following tasks have been accomplished during the execution of stimulated stimulation events:

- developed a mechanical design;
- The software for implementing the control of the manipulator is configured;
- An electrical circuit was developed.

As a result, the following functions for the manipulator are implemented:

- object search;
- determining the distance to the object;
- capture of the object.

The proposed algorithms are fairly simple and reliable, but their use is limited by the construction of the manipulator.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пер. с франц./Андре П., Кофман Ж.-М., Лот Ф., Тайар Ж.-П. — М.: Мир, 1986. — 360 с.
2. Советов Б.Я., Яковлев С.А. - Моделирование систем. (3-е изд.) (М.,Высш.шк.2001.343с.)
3. <http://роботехника18.рф>.
4. «Руководство пользователя для серводвигателя mg995»
5. «Руководство пользователя для ультразвукового дальномера HC-SR04»
6. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Arduino>
7. Международный стандарт «Социальная ответственность организации. Требования». 2011. URL: <http://www.trud22.ru/partner/socotvrab/standart/> (дата обращения 11.03.2015)
8. СанПиН 2.2.4.548-96. «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
9. СНиП 23-05-95. «Естественное и искусственное освещение».
10. Назаренко, Ольга Брониславовна. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / О. Б. Назаренко, Ю. А. Амелькович; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 3-е изд., перераб. и доп. — Томск: Изд-во ТПУ, 2013. — 177 с
11. ГОСТ 12.1.003-83. «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности».
12. СанПиН 2.2.4.1191-03. «Электромагнитные поля в производственных условиях».
13. СанПиН 2.2.4.1340-03. «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
14. ГОСТ 12.1.009-76. «Электробезопасность. Термины и определения»
15. ГОСТ 12.1.019-79. ССБТ «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».
16. СНиП 21-01-97. «Пожарная безопасность зданий и сооружений».
17. НПБ 105-2003. «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».
18. ГОСТ 17.4.3.04-85. «Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения».

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1**  
**Перечень этапов, работ и распределение исполнителей**

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя	Продолжительность, дни
Разработка и выдача технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель, инженер	1
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме.	Инженер	23
	3	Выбор направления исследований.	Руководитель, инженер	1
	4	Календарное планирование работ по теме.	Руководитель, инженер	1
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Установка роботизированный манипулятор	Инженер	20
	6	Программу для управления манипулятора	Инженер	21
	7	Отладка манипулятора	Инженер	7
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов.	Руководитель, Инженер	3
	9	Определение целесообразности проведения ВКР.	Руководитель, инженер	1
Разработка технической документации и проектирование	10	Разработка манипулятора для выполнения проекта.	Инженер	2
	11	Выбор и расчет манипулятора.	Инженер	2
	12	Оценка эффективности работы и применения проектируемого изделия.	Инженер	3
	13	Разработка правил безопасности при использовании манипулятора.	Руководитель, инженер	1
Изготовление и испытание макета	14	Конструирование и изготовление макета.	Инженер	8
	15	Лабораторные испытания макета.	Инженер	8
Оформление комплекта документации по ВКР	16	Составление пояснительной записки .	Инженер	30
	17	Проверка пояснительной записки.	Руководитель, инженер	1

## Приложение 2 (справочное)

№ работ	Вид работ	Исполнители	T <sub>ki</sub> , кал.дн.	Продолжительность выполнения работ						
				апрель				Май		
				5	6	14	22	23	28	
13	Разработка правил безопасности при использовании стенда	Научный руководитель, инженер	1							
14	Конструирование и изготовление макета	Инженер	8							
15	Лабораторные испытания макета	Инженер	8							
16	Составление пояснительной записки	Инженер	29							
17	Проверка пояснительной записки	Научный руководитель, инженер	5							

Научный руководитель



инженер

