

**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 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	Янь Фэнхуа		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. АиКС	Гайворонский Сергей Анатольевич	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.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

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

## 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 объектами.
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 деятельности.

# 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

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. зав. кафедрой

\_\_\_\_\_ 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
158A30	Янь Фэнхуа

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:

### Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

- программная среда Arduino

- контроллер Arduino Uno

- манипулятор

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- разработку алгоритмов управления;</li> <li>- программирование контроллера;</li> <li>- отладка взаимодействия элементов манипулятора.</li> </ul>
--	--

<p><b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p>Презентация в формате Манипулятора .pptx</p>
--	---

<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> (с указанием разделов)</p>	
---	--

Раздел	Консультант
<p>Финансовый менеджмент, рурсурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Кузьмина Наталия Геннадьевна, Старший преподаватель каф. МЕН</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Штейнле Александр Владимирович, Доцент каф. ЭБЖ</p>

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Доцент каф. АиКС</p>	<p>Гайворонский Сергей Анатольевич</p>	<p>к. т. н.</p>		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>158А30</p>	<p>Янь Фэнхуа</p>		

**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 автоматизации 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 контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
29.05.2017	Основная часть	75
15.05.2017	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и	15
22.05.2017	Социальная ответственность	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. АиКС	Гайворонский Сергей Анатольевич	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, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
158А30	Янь Фэнхуа

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

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

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

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
158А30	Янь Фэнхуа

<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 «Социальная ответственность»:

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>В выпускной квалификационной работе рассматривается процесс исследования нечеткого корректирующего устройства и его программной реализации. Описывается рабочее место, выбранное для разработки, проявление вредных факторов, проявление опасных факторов, проявление негативного воздействия на окружающую среду.</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>Анализ выявленных вредных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- шум</li> <li>- электромагнитное излучение</li> <li>- освещение</li> <li>- микроклимат</li> </ul>
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <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>Анализ выявленных опасных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- электробезопасность</li> </ul>
<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</li> </ul>	<p>При выполнении работы влияние на атмосферу и гидросферу не происходит. Воздействие на литосферу – образование отходов при печати документов.</p>

(сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	
4. Защита в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий	В аудиторном помещении возможно ЧС техногенного характера – пожар
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	Требования к организации рабочих мест пользователей ПЭВМ.
<b>Перечень графического материала:</b>	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	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	Янь Фэнхуа		



## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит: 63 страницы, 34 рисунков, 7 таблиц, 3 источников, 3 приложение.

Ключевые слова: манипулятор, микроконтроллер Arduino, ультразвуковой датчик измерения расстояния, серводвигатель.

Объектом исследования является манипулятор «механическая рука».

Цель данной работы заключается в разработке алгоритмов управления манипулятором "механическая рука" на базе микроконтроллера Arduino.

В ходе исследования изучен состав, принципы и органы управления, серводвигатели и ультразвукового датчика измерения расстояния. Разработаны алгоритмы определения расстояния до объекта и определения средней точки объекта. Для устранения аномальных значений в массивах данных, уменьшения выбросов и импульсных помех, используется медианный фильтр.

В результате исследования написана программа, реализующая разработанные алгоритмы, и проверена её работоспособность.

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.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2013, программирование – в пакете Arduino

## **Обозначения и сокращения**

ПК – Персональный компьютер

ШИМ – Широтно-импульсная модуляция

GND – Ground

USB – Universal Serial Bus

## Оглавление

Ведение .....	13
1. Объект и методы исследования .....	14
1.1. Объект исследования .....	14
1.2. Методы исследования .....	16
2. Описание конструкции и элементов манипулятора «механическая рука»	16
2.1. Внешний вид .....	16
2.2. Количество степеней свободы .....	17
2.3. Описание всех элементов манипулятора .....	19
2.31. Серводвигатель .....	20
2.32. Ультразвуковой датчик измерения расстояния HC-SR04 .....	23
2.33. Контроллер Arduino Uno .....	26
3. Алгоритма .....	28
3.1. Метод определения расстояния до объекта .....	28
3.2. Блок-схема алгоритма .....	28
3.3. Фильтр .....	33
3.4. Определение средней точки .....	35
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ..	38
4.1. Календарный план работ и оценка времени их выполнения .....	38
4.2. Смета затрат на проект .....	39
4.3. Смета затрат на материалы для реализации проекта .....	42
5. Социальная ответственность .....	44
5.1. Техногенная безопасность .....	44
5.2. Региональная безопасность .....	53
5.3. Организационные мероприятия обеспечения безопасности .....	53
5.4. Особенность законодательного регулирования проектных решений ..	55
5.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	56
Заключение .....	58
Список использованных источников .....	59
Приложение 1 .....	61

Приложение 2.....	62
Приложение 3.....	63

## **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время наблюдается очередная волна интереса к робототехнике, различным манипуляторам.

Манипуляторы это 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

Объектом исследования настоящей выпускной работы является манипулятор «механическая рука», который по своей динамике напоминает работу руки человека.

### 1.1. Объект исследования

Существует большое количество схем манипуляторов, реализующих перемещение своих звеньев в пространстве, но наиболее распространенными являются следующие типы манипуляторов.

#### Манипулятор декартового типа

Манипулятор работает в прямоугольной (декартовой) системе координат (рисунок 1.1), прост в управлении и отличается высокой точностью действий. Захват поступательно перемещается вдоль трех основных осей:  $x$ ,  $y$  и  $z$  (т.е. слева направо, вперед-назад и вверх-вниз).

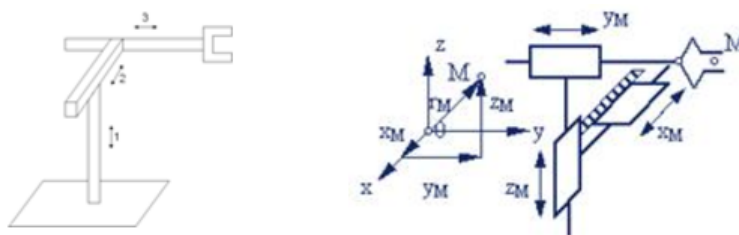


Рисунок 1.1 – Декартовый манипулятор

#### Манипулятор цилиндрического типа

Манипулятор работает в цилиндрической системе координат. Его захват может выдвигаться и втягиваться, а также перемещаться вверх и вниз вдоль стойки, весь узел манипулятора может поворачиваться вокруг оси основания.

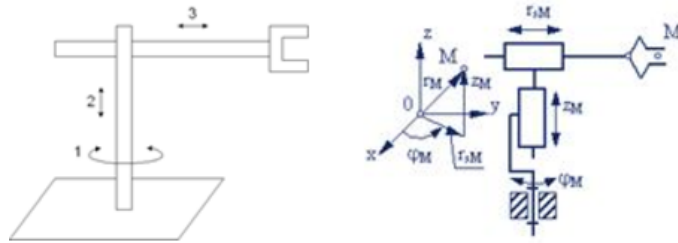


Рисунок 1.2 - Манипулятор цилиндрического типа

### Сферический манипулятор

Манипулятор работает в сферической (полярной) системе координат. Его захват может выдвигаться и втягиваться. Вертикальные перемещения манипулятора достигаются путем поворота его в вертикальной плоскости в «плечевом» суставе. Весь узел манипулятора может также поворачиваться вокруг оси основания. Первые модели промышленных роботов были сконструированы именно по этому принципу.

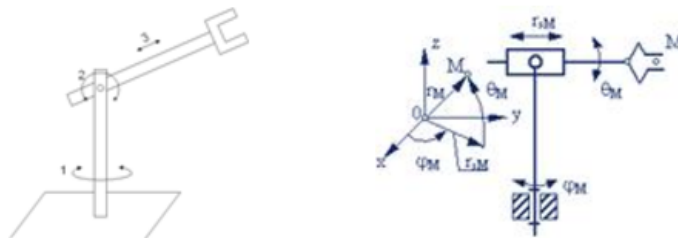


Рисунок 1.3 - Манипулятор сферического типа

### Манипулятор ангулярного типа

Шарнирный манипулятор работает в ангулярной системе координат и не имеет поступательных кинематических пар (см. рисунок 1.4). Манипулятор имеет только вращательные кинематические пары и очень напоминает человеческую руку, поскольку имеет «плечевое» и «локтевое» сочленения, а также «запястье». Его зона обслуживания значительно больше, чем у роботов

других типов и он способен решать более сложные задачи, но вместе с тем он исключительно сложен в управлении.

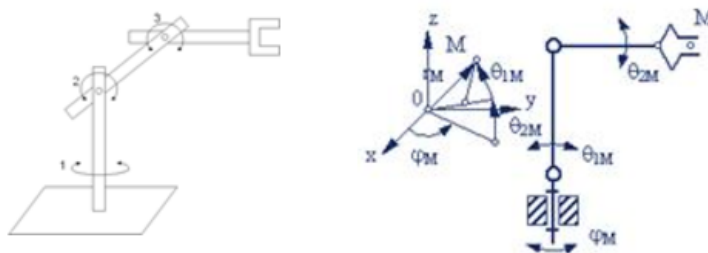


Рисунок 1.4 – Ангулярный манипулятор

## 1.2. Методы исследования

В области естественных наук наиболее распространенными являются три вида моделирования – физическое, математическое и имитационное. В нашей работе мы использовали физическое моделирование. Физическое моделирование — метод экспериментального изучения различных физических явлений, основанный на их физическом подобии. Он даёт наибольшее приближение к реальным условиям функционирования проектируемой системы. Но его недостаточная гибкость и меньшая информативность по сравнению с математическим моделированием.

В настоящей работе исследуется манипулятор ангулярного типа методом физического моделирования

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

### 2.1. Внешний вид

Внешний вид манипулятора «механическая рука» представлен на рисунке 2.1. Манипулятор представляет собой платформу, на которой размещены сочленённые звенья конструкции, обеспечивающие ей подобие руки человека. Манипулятор обладает тремя степенями свободы, те есть положение его конечной точки в пространстве может быть описано или



задано в любой момент времени с помощью трёх независимых координат  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . Такая конструкция манипулятора позволяют ему ориентироваться в трёхмерном пространстве. Также манипулятор снабжён захватом, позволяющим фиксировать и переносить предметы.

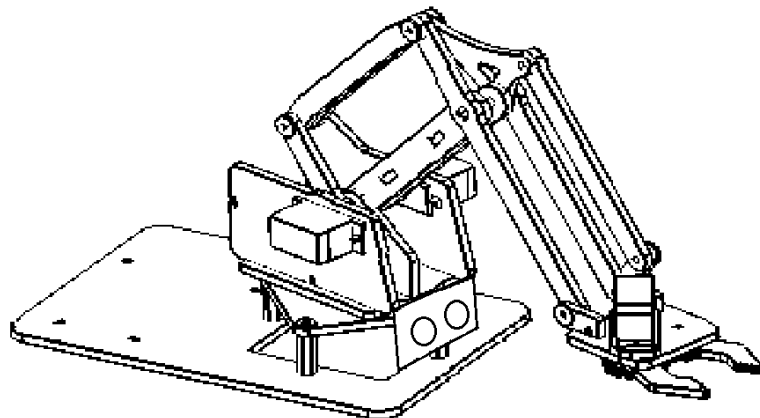


Рисунок 2.1 – Манипулятор «механическая рука». Внешний вид

В состав манипулятора входят:

- платформа конструктивные элементы корпуса;
- четыре серводвигателя, установленные в местах сочленения элементов и обеспечивающие подвижность манипулятора;
- 2 LED;
- плечи манипулятора, выполненные из акрила толщиной 2 мм;
- ультразвуковой датчик расстояния типа hc-sr04;
- 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 три степени свободы дают манипулятору практически возможности руки человека, а захват можно сравнивать с кистью. Перемещение манипулятора в пространстве вдоль

любой из координат (см. рисунок 2.2), которая определяет степень свободы, обеспечивается серводвигателями, которые установлены в местах сочленения манипулятора.

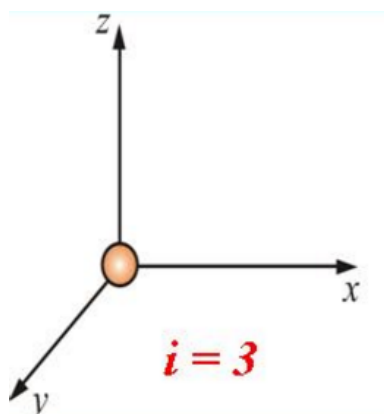


Рисунок 2.2 – Степени свободы манипулятора

Серводвигатель – это электрический двигатель, в котором реализовано управление через отрицательную обратную связь. В таком двигателе помимо собственно двигателя, имеется датчик положения или скорости, который используется в системе управления и обеспечивает высокую точность либо позиционирования, если управление выполняется по положению, либо скорости вращения, если в обратной связи задействован датчик скорости.

На рисунке 2.3 приведена платформа манипулятора. Платформа – это та часть манипулятора, которая неподвижна и обеспечивает 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

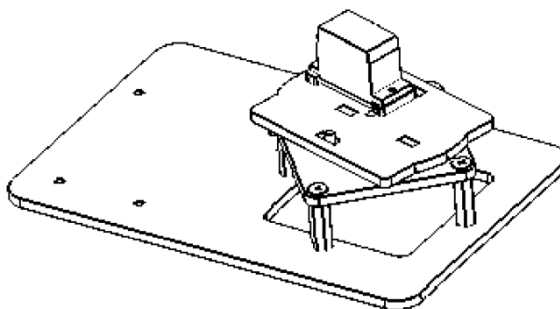


Рисунок 2.3 – Платформа манипулятора

На рисунке 2.4 приведены основные рычаги манипулятора, которые обеспечивают его линейное перемещение (вдоль оси X, см. рисунок 2.2) и перемещение по высоте (вдоль оси Z, см. рисунок 2.2). Для обеспечения возможности перемещения вдоль этих координат используются два серводвигателя.

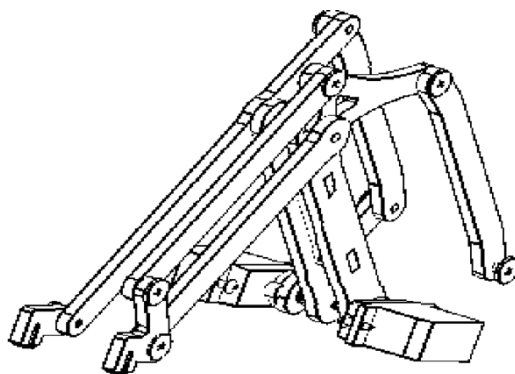


Рисунок 2.4 - Основные рычаги манипулятора

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

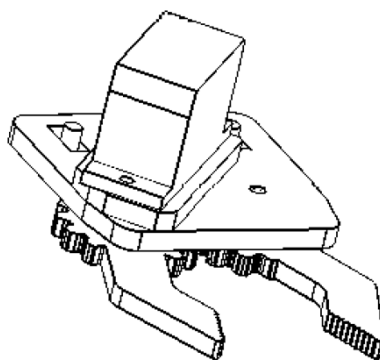


Рисунок 2.5 – Конструкция захвата

### **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 [1].

Конструкция серводвигателя представлена на рисунке 2.6.

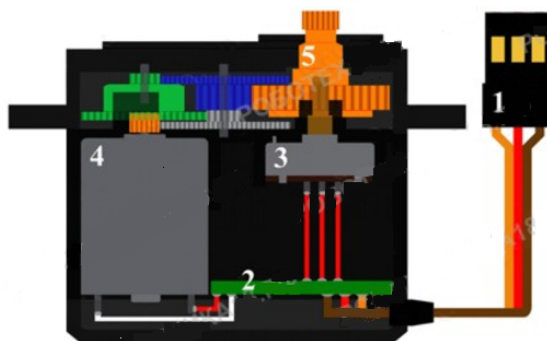


Рисунок 2.6 – Конструкция серводвигателя

1 - разъем для коммутации с внешними устройствами; 2 - встроенная плата

регулятора; 3 – датчик положения (потенциометр); 4 – микромотор;

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 выполняются 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.

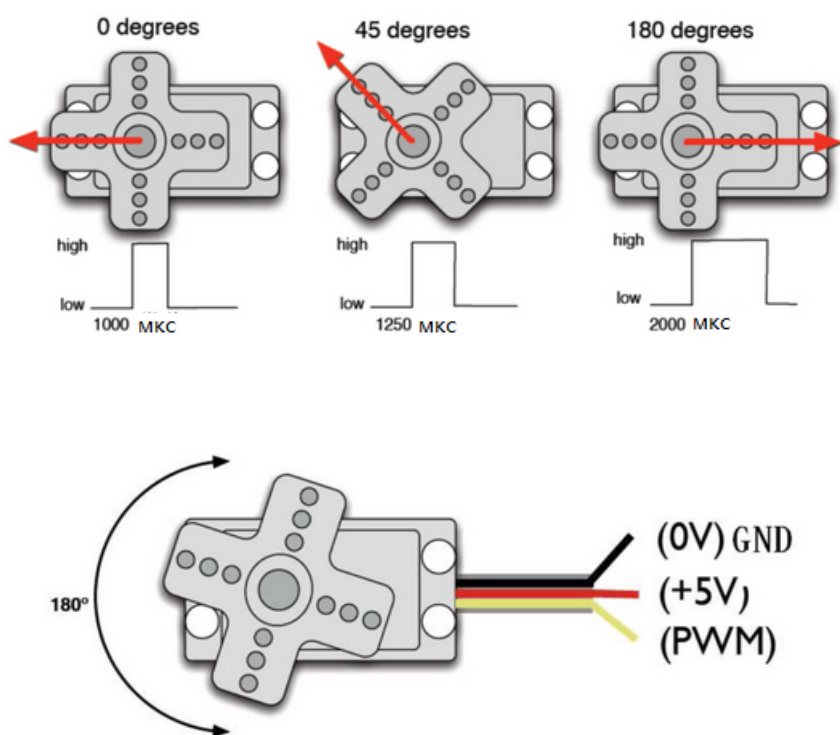


Рисунок 2.7 – Пример работы потенциометра обратной связи

Схема подключения сервопривода к 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 (широтно-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:

- напряжение питания: **5V DC**;
- ток покоя: **<2 mA**;
- диапазон измерения расстояния: **2–400 см.**;
- разрешение (точность): **0.3 см.**

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

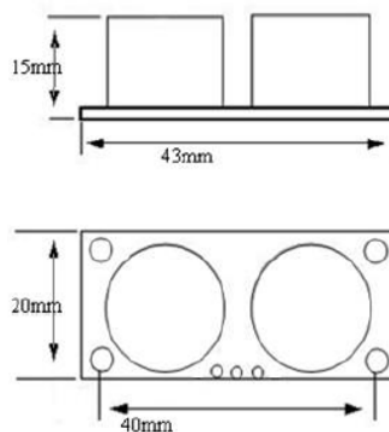


Рисунок 2.9 – Габаритные размеры датчика

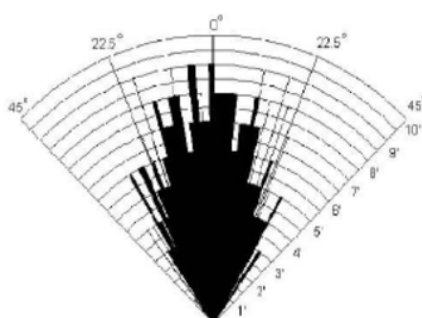


Рисунок 2.10 – Диаграмма направленности датчика расстояния

### 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** дальномера (см. рисунок 2.8). По заднему фронту импульса (импульс заканчивается), дальномер излучает в пространство перед собой пачку звуковых импульсов частотой 40 кГц. В это же время на ножке **ЕCHO** (см. рисунок 2.8) дальномера появляется логическая единица. Как только датчик улавливает отражённый сигнал, на выводе **ЕCHO** появляется логический ноль. По длительности логической единицы на ножке **ЕCHO** («Задержка эхо» на рисунке) определяется расстояние до препятствия.



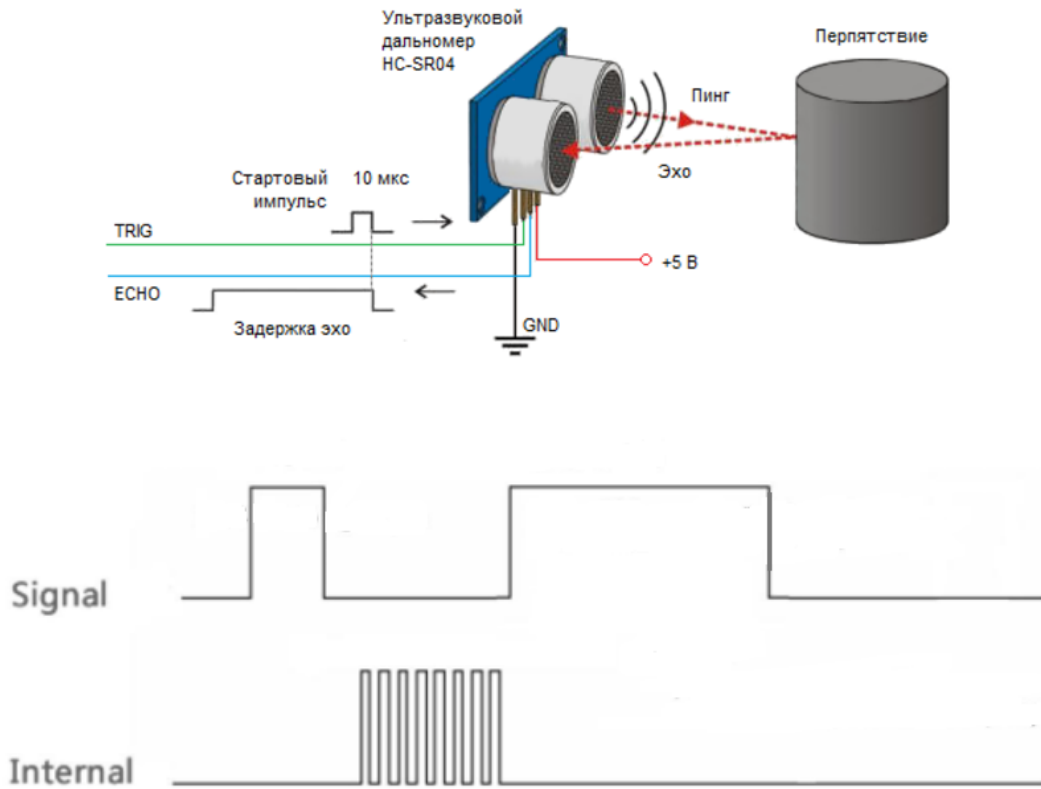


Рисунок 2.11 – принцип работы датчика измерения расстояния HC-SR04

### 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

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

```
distance = pulseIn(EchoPin, HIGH) / 58.00;
```

### 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

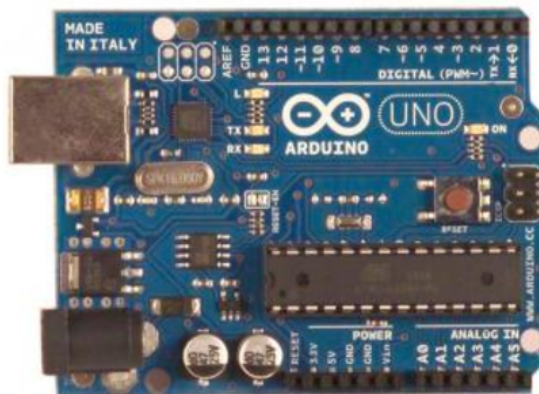


Рисунок 2.12 – Внешний вид контроллера Arduino UNO R3 на базе микроконтроллера ATmega328.

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[2].

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.

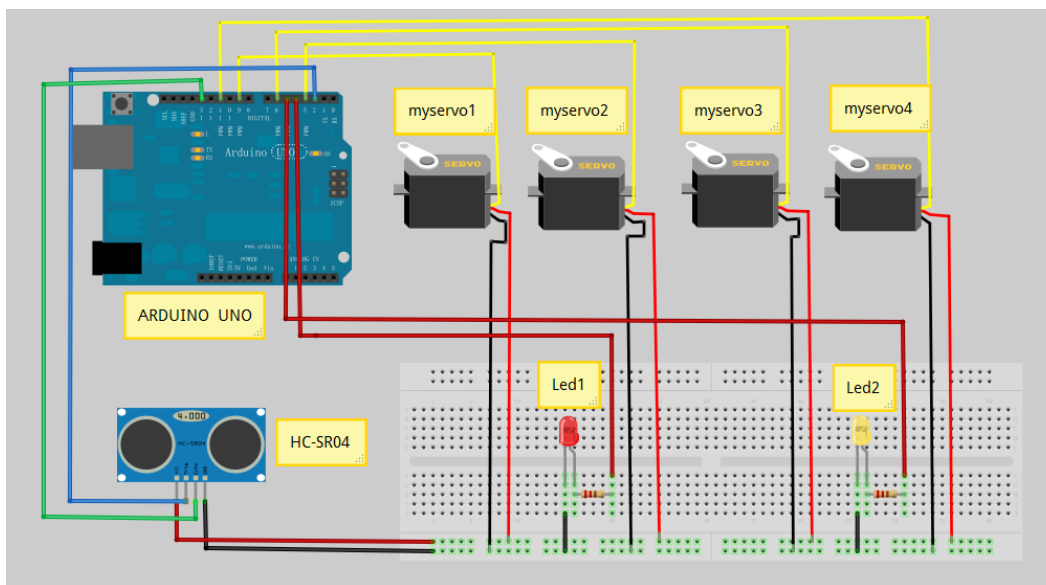


Рисунок 2.13 – Внешний монтажной платы

### 3. АЛГОРИТМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАССТОЯНИЯ ДО ОБЪЕКТА

#### 3.1. Метод определения расстояния до объекта

Для разработки алгоритма определения расстояния до объекта, рассмотрим графическую интерпретацию метода, представленную на рисунке 3.1.

Цель алгоритма: определить расстояние от базовой точки манипулятора А до объекта (точка В).

Способ решения:

- рассчитать угол  $\alpha_1$ , отвечающий за расстояние до объекта;
- рассчитать угол  $\alpha_2$ , отвечающий за высоту объекта над нулевым уровнем.

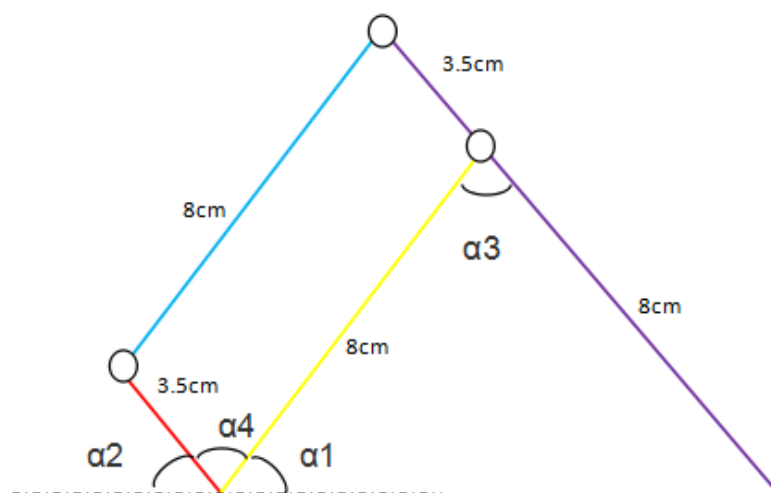


Рисунок 3.1 - Графическая интерпритация метода определения расстояния до объекта

За нулевой уровень принимается уровень платформы манипулятора.

Для наглядности плечи манипулятора имеют разный цвет, что, в дальнейшем, позволит акцентировать способ управления устройством.

Желтое и синее плечи манипулятора параллельны и равны, аналогично и фиолетовое и красное плечи параллельны и равны. Причем фиолетовое плечо, равное сумме плеч  $a$  и  $b$  является цельным.

Изменение угла  $\alpha_1$  выполняется сервоприводом *myservo2*, изменение  $\alpha_2$  – сервоприводом *myservo3*.

Рассмотрим общий случай, когда объект находится над нулевой плоскостью (см. рисунок 3.2).



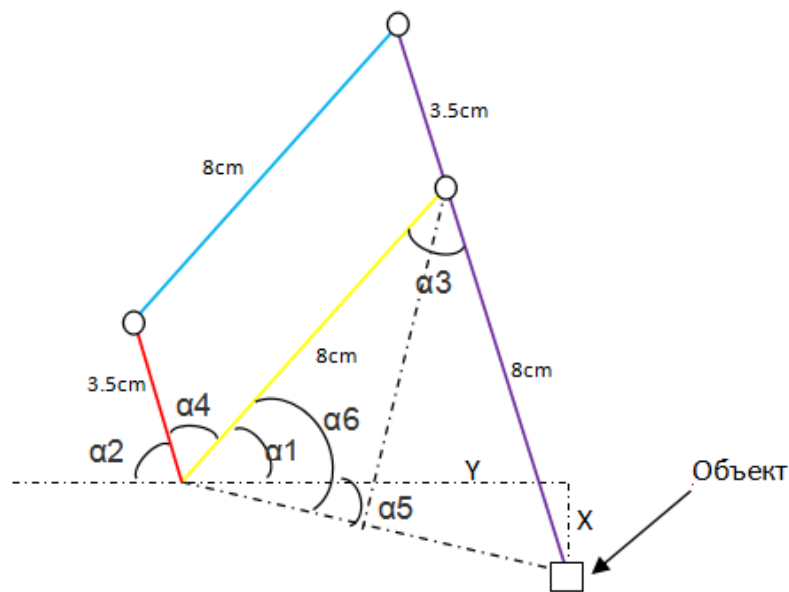


Рисунок 3.3 – Положение объекта ниже плоскости

Из рисунка 3.2 следует, что

$$\alpha_1 = \alpha_6 - \alpha_5 = \arccos \frac{\sqrt{X^2 + Y^2}}{2a} - \arcsin \frac{X}{\sqrt{X^2 + Y^2}}$$

$$\alpha_2 = 180^\circ - \alpha_4 - \alpha_1 = 180^\circ - \alpha_3 - \alpha_1 =$$

$$= 180^\circ - 2\arcsin \frac{\sqrt{X^2 + Y^2}}{2a} - \left( \arccos \frac{\sqrt{X^2 + Y^2}}{2a} - \arcsin \frac{X}{\sqrt{X^2 + Y^2}} \right)$$

И, соответственно, если объект расположен в нулевой плоскости ( $X=0$ ), то последние выражения для углов  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  примут вид, полученный ранее.

## 3.2 Блок-схема алгоритма

Блок-схема алгоритма приведена на рисунке 3.4.

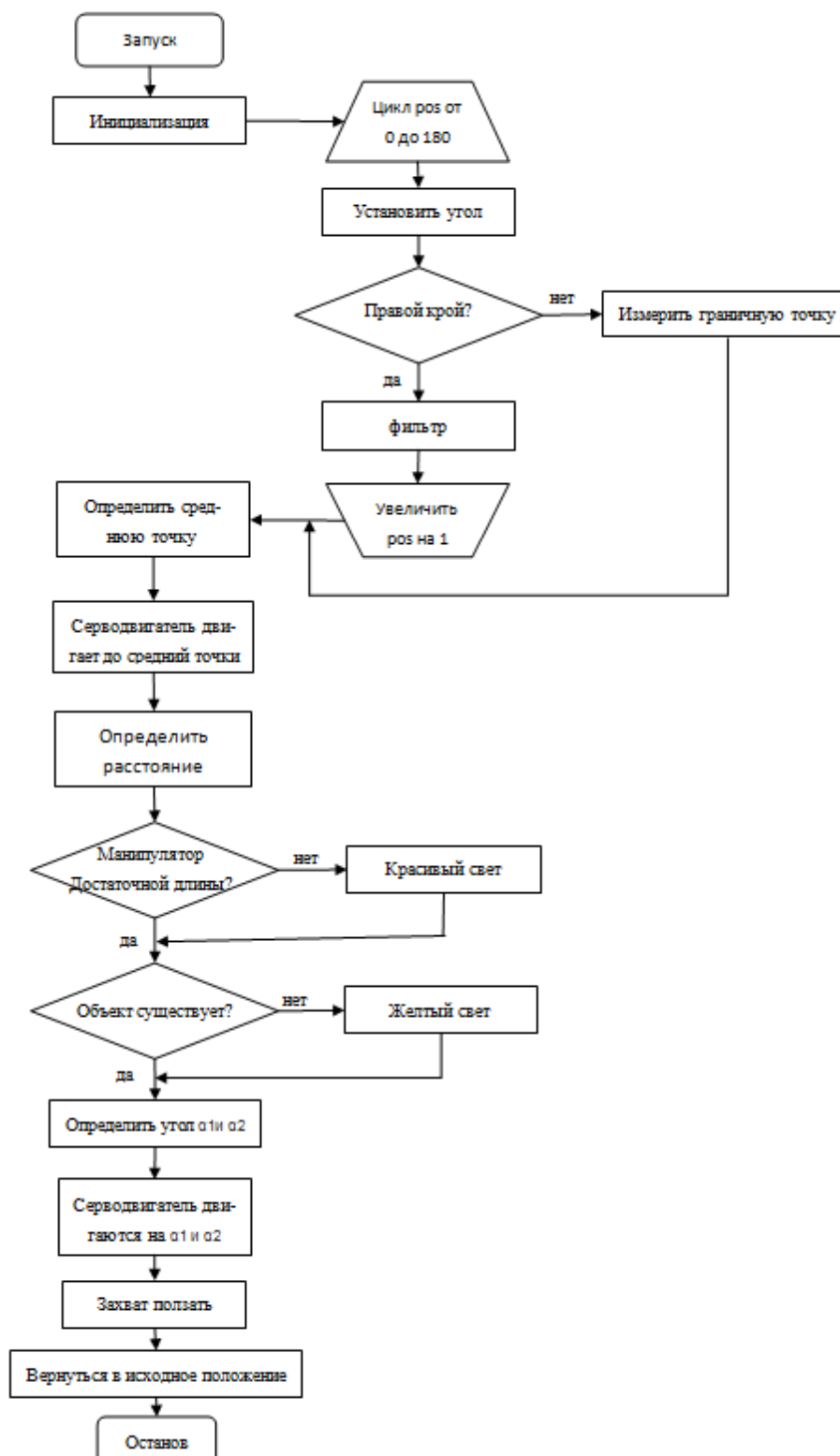


Рисунок 3.4 – Блок схема алгоритма



### 3.3. Фильтр

Для устранения аномальных значений в массивах данных, уменьшения выбросов и импульсных помех, в алгоритме используется медианный фильтр.

Медианный фильтр — один из видов цифровых фильтров, широко используемый в цифровой обработке сигналов и изображений для уменьшения уровня шума. Медианный фильтр представляет собой скользящее по полю измерений окно с нечетным количеством измерений. Значения внутри окна фильтра сортируются в порядке возрастания (убывания); и значение, находящееся в середине упорядоченного списка, поступает на выход фильтра [3].

Для реализации фильтрации определяются три массива (рисунок 3.5).

```
float X[5];  
float B[5];  
float Y[5];
```

Рисунок 3.5 – Определения массивов

X[5] – входной массив

B[5] – массив для хранения

Y[5] – выходной массив

Измеренные значения поступают в массив X. Затем копируются в массив B с одновременной сортировкой в порядке возрастания. Фрагмент программы представлен на рисунке 3.6. Затем вычисляется среднее значение массива B. Результат вычислений копируется в массив Y. Фрагмент программы представлен на рисунке 3.7.

```

for (n=0;n<5;n+=1)
{
    B[n]=X[n];
}
for (n=0;n<4;n+=1)
{
    for (m=0;m<4-n;m+=1)
    {
        if (B[m]>B[m+1])
        {
            w=B[m+1];
            B[m+1]=B[m];
            B[m]=w;
        }
    }
}
}

```

Рисунок 3.6 – Заполнение массива В с одновременной сортировкой по возрастанию

```

sum=0;
for (n=1;n<4;n+=1)
{
    sum=sum+B[n];
}
for (n=0;n<5;n+=1)
{
    Y[n]=Y[n+1];
}
Y[4]=sum/3;

```

Рисунок 3.7 – Вычисление среднего и заполнение массива Y

На рисунках 3.8 и 3.9 приведен практический эффект от фильтрации.

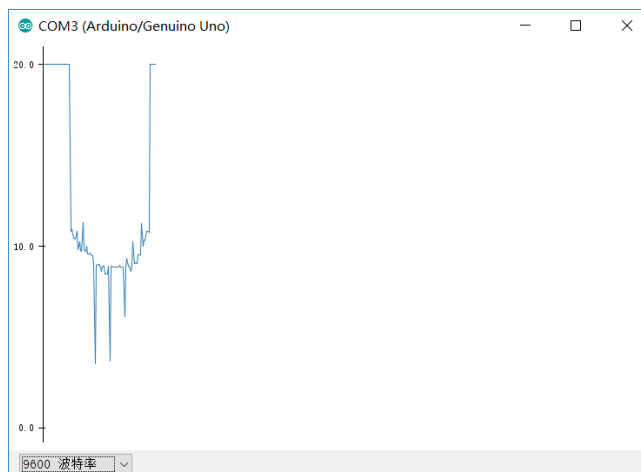


Рисунок 3.8 – Входной сигнал

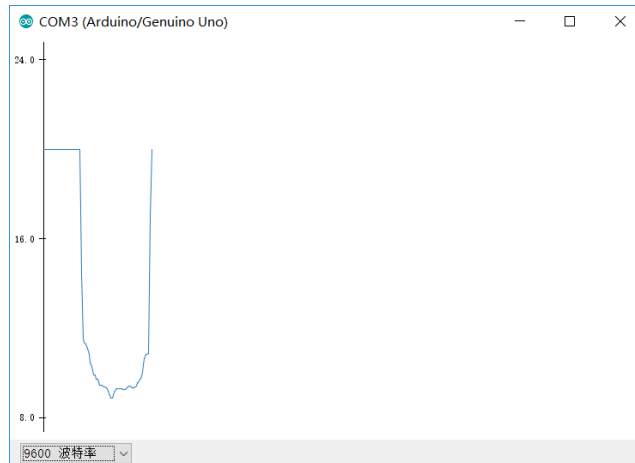


Рисунок 3.9 – Результат фильтрации

### 3.4 Определение средней точки

Алгоритм определения средней точки предназначен для решения задачи захвата объекта. Смысл алгоритма заключается в измерении фронтального размера объекта с последующим перемещением манипулятора в середину объекта и захватом. На рисунке 3.10 представлена графическая интерпретация метода.

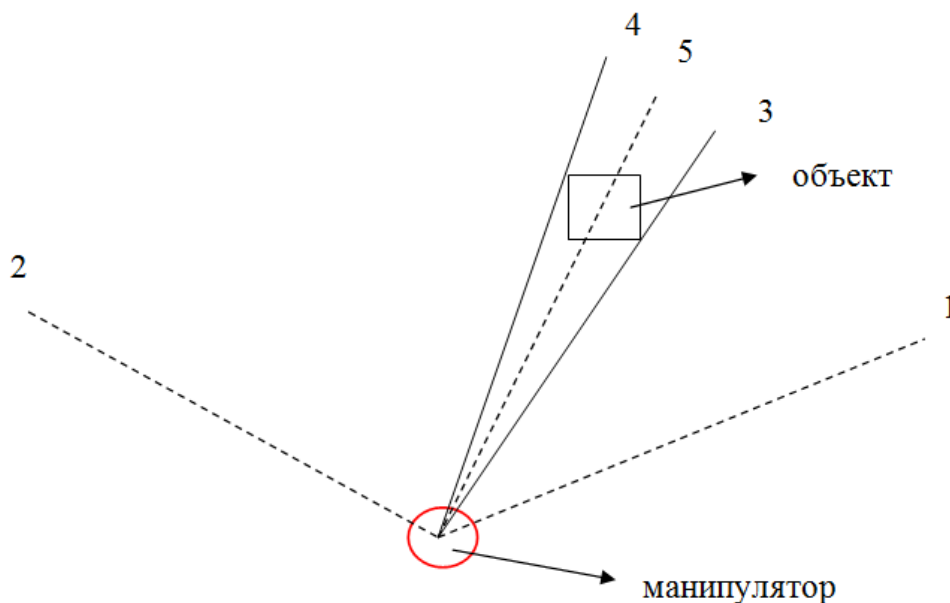


Рисунок 3.10 – График поиска объекта

1 и 2 – граница поворота платформы манипулятора; 3 и 4 – граница измерения; 5 – среднее положение

Весь процесс поиска делится на три операции.

Первая часть алгоритма – определение положения 3 (leftpoint).

Вторая - определение положения 4 (rightpoint) и третья – определение среднего между левым и правым положением

Блок-схема алгоритма представлена на рисунке 3.11.

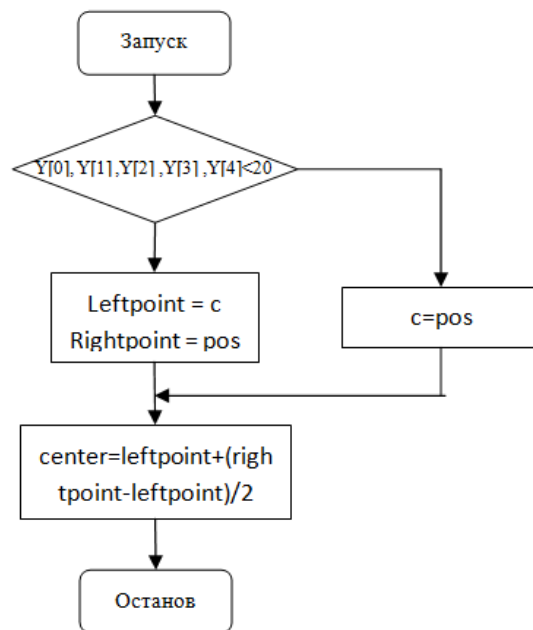


Рисунок 3.11 – Блок-схема алгоритма определения средней точки

Для определения средней точки сначала определяется крайняя левая точка, а затем крайняя правая точка. Фрагмент программы приведён на рисунке 3.11.

```
if (Y[0]<20 && Y[1]<20 && Y[2]<20 && Y[3]<20 && Y[4]<20 && i==4)
{
    leftpoint=c;
    k=k+1;
}
else
{
    c=pos;
}
```

```
center=leftpoint+(rightpoint-leftpoint)/2;
```

Рисунок 3.12 – Определение средней точки

#### **4. 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.

##### **4.1 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 исполнителей.

Был составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проведено распределение исполнителей по видам работ. Порядок составления этапов и работ, а также распределение исполнителей по

данным видам работ приведен в таблице 1. В таблице 2 представлен календарный план выполнения работ.

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.

## 4.2 Смета затрат на проект

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

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

где  $K_{mat}$  - материальные затраты на выполнение проекта;

$K_{ам}$  - амортизация компьютерной техники;

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

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

$K_{пр}$  - прочие затраты;

$K_{накл}$  - накладные расходы.

### 4.2.1 Материальные затраты

Материальные затраты принимаем в размере 5000 рублей на канцелярские товары.

### 4.2.2 Амортизация компьютерной техники

Рассчитаем амортизацию компьютерной техники  $K_{ам}$ :

$$K_{ам} = \frac{T_{исп.км}}{T_{кал}} \cdot Ц_{км} \cdot \frac{1}{T_{сл}},$$

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

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

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

#### 4.2.3 Затраты на заработную плату

Заработная плата рассчитывается для инженера и научного руководителя:

$$K_{\text{з/пл}} = ЗП_{\text{инж}} + ЗП_{\text{нр}}$$

где  $ЗП_{\text{инж}}$  – заработная плата инженера;

$ЗП_{\text{нр}}$  - заработная плата научного руководителя.

Заработная плата за месяц:

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

где  $ЗП_0$  – месячный оклад, руб;

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



$k_2$  – районный коэффициент (30%).

Заработная плата инженера (10 разряд):

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

Заработная 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 заработную 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:

$$K_{з/пл} = ЗП_{инж.фак.} + ЗП_{нр.фак.} = 178273 + 23282 = 201555 \text{ руб}$$

#### 4.2.4 Затраты на социальные нужды

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

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

#### 4.2.5 Прочие затраты

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

$$K_{пр} = (K_{мат} + K_{ам} + K_{з/пл} + K_{с.о.}) \times 0,1$$

$$= (5000 + 2877 + 201555 + 60467) \times 0,1 = 26990 \text{ руб}$$

#### 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 затрат на проект

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

#### 4.3 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	Шт	250	1	250

измерения расстояния				
якри	Шт.	400	1	400
Контроллер Arduino Uno	Шт.	1000	1	1000
Набор отверток	Шт.	300	1	300
Итого:				5750

В результате выполнения выпускной квалификационной работы проведены исследования манипулятора, выполненного на базе Arduino.

При выполнении ВКР решены следующие задачи:

- разработана физическая модель манипулятора «механическая рука»;
- разработана и реализована электрическая схема и система управления на базе микроконтроллера Arduino;
- разработаны алгоритмы определения расстояния до объекта и средней точки объекта;
- разработанные на основе алгоритмов программы опробованы на физической модели.

Для повышения достоверности измерений и устранения аномальных значений в массивах данных использована фильтрация.

Основным результатом следует считать хорошие результаты управления манипулятором. При этом следует отметить следующий недостаток: если объект расположен на границе измерения, алгоритм поиска средней точки не работает.

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

## **5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

Социальная ответственность - это сознательное отношение субъекта социальной деятельности к требованиям социальной необходимости, гражданского долга, социальных задач, норм и ценностей, понимание последствий осуществляемой деятельности для определенных социальных групп и личностей, для социального прогресса общества.

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.

В текущем разделе указаны основные вредные и опасные факторы рабочей зоны, их анализ и способы защиты от них, аспекты охраны окружающей среды, защиты от чрезвычайных ситуаций, а также правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

### **5.1 Техногенная безопасность**

#### **5.1.1 Производственная санитария**

Рабочая зона данного объекта характеризуется следующими вредными факторами:

- 1) шум;
- 2) электромагнитное излучение;
- 3) освещение;
- 4) микроклимат;

##### **5.1.1.1 Шум**

Шумом называют любой нежелательный звук или совокупность таких звуков. Звук представляет собой волнообразно распространяющийся в упругой среде колебательный процесс в виде чередующихся волн сгущения и

разрядки частиц этой среды - звуковые волны..

Воздействие шумового фактора на человека состоит из двух составляющих: нагрузки на орган слуха как систему, воспринимающую звуковую энергию, - ауральный эффект, и воздействие на центральные звенья звукового анализатора как систему приема информации - экстраауральный эффект. Для оценки первой составляющей есть специфический критерий - «утомление органа слуха», выражающийся в смещении порогов восприятия тонов, которое пропорционально величине звукового давления и времени экспозиции. Вторая составляющая получила название неспецифического влияния, которое можно объективно оценить по интегральным физиологическим показателям.

Как и в любом случае, ответ на воздействие состоит из компонентов специфического и неспецифического характеров. Какова доля каждого из этих элементов в процессе утомления - вопрос нерешенный. Однако нет никаких сомнений в том, что воздействие шума и напряженности труда нельзя рассматривать одно без учета другого. В связи с этим эффекты, опосредованные через нервную систему (утомление, снижение работоспособности), как для шума, так и для напряженности труда имеют качественное сходство. Производственные и экспериментальные исследования с использованием социально-гигиенических, физиологических и клинических методов и показателей подтвердили указанные теоретические положения. На примере изучения разных профессий была установлена величина физиолого-гигиенического эквивалента шума и напряженности нервно-эмоционального труда, которая находилась в пределах 7-13 дБА, т.е. в среднем 10 дБА на одну категорию напряженности. Следовательно, оценка напряженности трудового процесса оператора является необходимой для полноценной гигиенической оценки шумового фактора на рабочих местах.

Мероприятия по борьбе с шумом могут быть техническими, архитектурно-планировочными, организационными и медико-профилактическими.

Технические средства борьбы с шумом:

- устранение причин возникновения шума или снижение его в источнике;
- ослабление шума на путях передачи;
- непосредственная защита работающего или группы рабочих от воздействия шума.

Наиболее эффективным средством снижения шума является замена шумных технологических операций на малошумные или полностью бесшумные. Большое значение имеет снижение шума в источнике. Этого можно добиться усовершенствованием конструкции или схемы установки, производящей шум, изменением режима ее работы, оборудованием источника шума дополнительными звукоизолирующими устройствами или ограждениями, расположенными по возможности ближе к источнику (в пределах его ближнего поля). Одним из наиболее простых технических средств борьбы с шумом на путях передачи является звукоизолирующий кожух, который может закрывать отдельный шумный узел машины (например, коробку передач) или весь агрегат в целом. Кожухи из листового металла с внутренней облицовкой звукопоглощающим материалом могут снижать шум на 20-30 дБ. Увеличение звукоизоляции кожуха достигается за счет нанесения на его поверхность вибродемпфирующей мастики, обеспечивающей снижение уровней вибрации кожуха на резонансных частотах и быстрое затухание звуковых волн.

#### **5.1.1.2 Электромагнитное излучение**

При работе дисплея регистрируется рентгеновское, микроволновое, ультрафиолетовое, инфракрасное, излучения, низко- и ультранизкочастотное электромагнитное поле. Персональный компьютер содержит в себе два источника излучения: монитор и системный блок.

Электромагнитное излучение — распространяющееся в пространстве возмущение (изменение состояния) электромагнитного поля.

Среди электромагнитных полей вообще, порождённых электрическими зарядами и их движением, принято относить собственно к излучению ту часть переменных электромагнитных полей, которая способна распространяться наиболее далеко от своих источников — движущихся зарядов, затухая наиболее медленно с расстоянием.

Электромагнитные волны подразделяется на:

- Радиоволны (начиная со сверхдлинных);
- Видимый свет;
- ИК излучение;
- Терагерцовое излучение;
- УФ излучение;
- Рентгеновское излучение;
- Гамма - излучение.

Электромагнитное излучение имеет способность распространяться практически во всех средах. В вакууме электромагнитное излучение распространяется без затуханий на неограниченно больше расстояния, но зачастую достаточно хорошо распространяется и в пространстве, заполненном веществом, но несколько изменяя своё поведение.

В данной выпускной квалификационной работе настройка параметров регулятора и мониторинг текущего состояния процесса регулирования уровня осуществляется с помощью персонального компьютера с установленным необходимым программным обеспечением. Таким образом, работа на данном объекте подразумевает использование компьютера, а соответственно и наличие такого вредного фактора., как электромагнитное излучение.

Длительная работа с ЭВМ приводит к снижению уровня внимания и восприятия, ухудшению обработки информации оператором, утомлению и

мигрени, возникновению депрессии. Интенсивная продолжительная работа а компьютере может быть причиной профессиональных забивании из-за повторяющихся нагрузок, а также из-за высокого расположения клавиатуры, неправильной высоты кресла, положения кистей рук во время работы или высокого положения поверхности стола. Все это проводит к возникновению болезней нервов, мышечных тканей и сухожилий, таких как ущемление медиального нерва. Хронические боли в шей ном в поясничном отделе позвоночника в силу неизменной рабочей зоны. Электромагнитные излучения ухудшают работу сосудов головного мозга, что называет ослабление остроты зрения и памяти. Наблюдается также рост заболеваний ЦНС в 4,5 раза чаще, ем у работающих на других производствах, сердечно-сосудистой - в 2,1 раза, верхних дыхательных путей - в 4,1 раза, желудкаавно-кишечного тракта - в 2, опорно-двигательной системы - в 3 раза. Также доказано, что работа кровеносных сосудов головного мозга ослабляется на 8% за 2 часа непрерывной работы и на 20% -за 4часа, сосудов глаз - соответственно на 16 и 43%. Необходимо отметить, что все нормы рассчитаны для здоровых людей, а если у человека имеет определённые патологические отклонения, то степень поражения резко возрастает.

### **5.1.1.3 Освещение**

Освещение-получение, распределение и использование световой энергии для обеспечения благоприятных условий ведения предметов и объектов. Является определяющим фактором эффективности труда, влияющим на зрение т общее самочувствие человека. Классифицируя освещение по типу источника, освещение может быть трех видов: естественное, искусственное и смешанное. Для гигиенической оценки освещение используются светотехнические характеристики, принятые в физике.

Видимое излучение - участок спектра электромагнитных колебаний в диапазоне длин волн от 380до 770 нм, которые различает глаз человека.



Световой поток  $F$  - мощность лучистой энергии, оцениваемая по производимому зрительномуощущению. Единица измерения - люмен (лм).

Сила света  $I$  - пространственная плотность светового потока:

Освещенность - поверхностная плотность светового потока. Единица измерения - люкс (лк).

Яркость  $D$  - поверхностная плотность силы света в определенном направлении. Яркость равна отношению силы света в произвольном направлении к площади проекции светящейся поверхности на плоскость, перпендикулярную к этому направлению. Единицей измерения яркости является кд/м<sup>2</sup> это яркость такой поверхности, которая в перпендикулярном направлении излучает силу света в 1 кд с площади 1 м<sup>2</sup> Искусственное освещение устанавливается в помещениях, в которых испытывается недостаток естественного света, а также для освещения помещения в те часов, когда естественная освещенность отсутствует.

По принципу организации искусственного освещения можно разделитьна два вида: комбинированное и общее.

Общее освещение предназначено для освещения всего помещения, он может быть равномерным или локализованным. Общее равномерное освещение создает условия для выполнения работ в любом месте освещаемого пространства. При общем локализованном освещении светильники размещают в соответствии с расположением оборудования, что позволяет создать повышенную освещенность на рабочих местах. Комбинированное освещение состоит из общего и местного.

Местное освещение предназначено для освещения только рабочих поверхностей и не создает необходимой освещенности даже на прилегающих к ним участках. По функциональному назначению искусственное освещение подразделяется на: Рабочее аварийное, эвакуационное и охранное.

Рабочее освещение предусматривается для всех помещений производственных зданий, а также участков открытых пространств,

предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта.

Аварийное освещение в помещениях и на местах производства работ необходимо предусматривать, если отключение рабочего освещения и связанное с этим нарушение обслуживания может привести к взрыву, пожару, длительному нарушению технологического процесса или работы объектов жизнеобеспечения. Наименьшая освещенность, создаваемая аварийным освещением, должна составлять 5% освещенность, нормируемой для рабочего освещения, но не менее 2 лк внутри зданий и не менее 1 лк для территории предприятий.

Эвакуационное освещение следует предусматривать в местах, отведенных для прохода людей, в проходах и на лестницах, служащих для эвакуации людей в количестве более 50 человек. Это освещение должно обеспечивать на полу основных проходов (или на земле) и на ступенях лестниц освещенность не менее 0,5 лк в помещениях и 0,2 лк на открытой территории.

Охранное освещение предусматривается вдоль границ территории, охраняемой в ночное время. Охранное освещение должно обеспечивать освещенность не менее 0,5 лк на уровне земли. Известны два подхода к нормированию освещенности рабочих поверхностей.

По санитарно-гигиеническим нормам рабочее место должно иметь естественное и искусственное освещение. При работе должен быть отчетливо виден процесс деятельности, без напряжения зрения и прямого попадания лучей источника света в глаза.

#### **5.1.1.4 Микроклимат**

Микроклимат искусственных помещений-климат внутренней среды этих помещений, который определяется сочетаниями температуры, внешности, скорости движения воздуха. А также уровнем интенсивности теплового излучения. Влажность воздуха, процент содержание в воздухе водяного пара. Абсолютная влажность  $W$ -масса водяного пара в 1 М<sup>3</sup>

воздуха. Максимальная влажность F- масса водяного пара, который может насытить 1 М<sup>3</sup> воздуха при данной температуре. Относительная влажность R-это отношение абсолютной влажности к максимальной.

Указанные параметры оказывают значительное влияние на работоспособность человека, его здоровье и самочувствие. При определенных значениях данных параметров, человек испытывает состояние теплового комфорта, что способствует повышению эффективности и производительности труда, предупреждению ОРЗ и ОРВИ. Неблагоприятные значения микроклиматических параметров могут стать причиной снижения показателей производства, привести к таким заболеваниям как различные формы простуды, радикулит, хронический бронхит. Мероприятия по доведению микроклиматических показателей до нормативных значений включаются в комплексные планы предприятий по охране труда.

Для создания благоприятных условий работы , соответствующих физиологическим потребностям персонала, санитарными нормами установлены оптимальные и допустимые метеорологические условия в рабочей зоне. Рабочая зона ограничивается высотой 2,2 м над уровнем пола, где находится рабочее место. При этом номеруются: температура, относительная влажность и скорость движения воздуха (СанПиН 2.2.4.548-96).

Оптимальные микроклиматические условия - сочетание параметров климата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают сохранение нормального функционального и теплового состояния организма без напряжения реакций терморегуляции. Они обеспечивают ощущение теплового комфорта и состоит предпосылки для высокого уровня работоспособности.

Допустимые микроклиматические условия - сочетание параметров микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызвать преходящие и быстро нормализующиеся изменения

функционального и теплового состояния организма и напряжения реакций терморегуляции, на выходящие за пределы физиологических приспособительных возможностей. При этом не возникает нарушений состояния здоровья, но могут наблюдаться дискомфортные ощущения, ухудшение самочувствия и снижение работоспособности.

Оптимальные и допустимые показатели микроклимата на рабочих местах в помещениях должны соответствовать величинам, приведенным в табл.5.1.1.4.

Период года	Температура, °С				Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с		
	Оптимальная	Допустимая на рабочих местах				Оптимальная	Допустимая	Оптимальная, не более	Допустимая, не более
		Верхняя		Нижняя					
		Пост.	Не пост.	Пост.	Не пост.				
Холодный	22 – 24	25	26	21	18	40 – 60	75	0,1	0,1
Теплый	23 – 25	28	30	22	20	40 – 60	70	0,1	0,1

Таблица 5.1.1.4 – Оптимальные и допустимые нормы микроклимата

## 5.1.2 Анализ опасных факторов

### 5.1.2.1 Электробезопасность

Согласно ГОСТ 12.1.009, под термином электробезопасность понимается система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

К области критериев электробезопасности относятся термины, характеризующие опасные и безопасные токи. Ощутимый ток – это электрический ток, вызывающий при прохождении через организм ощутимые раздражения; пороговый ощутимый ток – это наименьшее

значение осязаемого тока. Неотпускающий ток – это электрический ток, вызывающий при прохождении через человека непреодолимые судорожные сокращения мышц руки, в которой зажат проводник; пороговый неотпускающий ток – это наименьшее значение неотпускающего тока. Фибрилляционный ток – это электрический ток, вызывающий при прохождении через организм фибрилляцию сердца; пороговый фибрилляционный ток – это наименьшее значение фибрилляционного тока.

## **5.2 Региональная безопасность**

В результате анализа реализации предлагаемых в данной ВКР конструкторских и технологических инноваций, источников загрязнения окружающей среды не выявлено. Объект не содержит элементов содержащих токсические вещества, не производит выбросов в атмосферу, а составные части системы не требуют специальной утилизации или обработки по истечению срока службы.

## **5.3 Организационные мероприятия обеспечения безопасности**

При размещении рабочих мест с ПЭВМ расстояние между рабочими столами с видеомониторами (в направлении тыла поверхности одного видеомонитора и экрана другого видеомонитора) должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов — не менее 1,2 м.

Рабочие столы следует размещать таким образом, чтобы видеодисплейные терминалы были ориентированы боковой стороной к световым проемам и естественный свет падал преимущественно слева.

Рабочие места с ПЭВМ при выполнении творческой работы, требующей значительного умственного напряжения или высокой концентрации внимания, рекомендуется изолировать друг от друга перегородками высотой 1,5-2,0 м.

Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600-700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов.

Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100-300 мм от края, обращенного к пользователю, или на специальной, регулируемой по высоте рабочей поверхности, отделенной от основной столешницы.

Для удобства считывания документов следует применять подвижные подставки (пюпитры), которые должны размещаться в одной плоскости и на одной высоте с экраном.

Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе ПЭВМ, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Тип рабочего стула (кресла) следует выбирать с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПЭВМ.

Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья. При этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию.

Поверхности сиденья, спинки и других элементов стула (кресла) должны быть полумягкими, с нескользящим, слабо электризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнений.

Рабочее место пользователя ПЭВМ следует оборудовать подставкой для ног, имеющей ширину не менее 300 мм, глубину не менее 400 мм, регулировку по высоте в пределах до 150 мм и по углу наклона опорной

поверхности подставки до 20 град. Поверхность подставки должна быть рифленой и иметь по переднему краю бортик высотой 10 мм.

#### **5.4 Особенность законодательного регулирования проектных решений**

При реализации данного технологического решения, представленного в ВКР, был разработан комплекс мер по обеспечению безопасности труда при работе на данном объекте. При разработке данных мер были использованы следующие нормативные документы:

СанПиН 2.2.2542-96 «гигиенические требования к видео дисплейным терминалам, персональным электронным электронно-вычислительным машинам и организации работы»

ГОСТ Р 50949-96. « средства отображения информации индивидуального пользователя. Методы измерений и оценки эргономических параметров и параметров безопасности»

ГОСТ Р 50948-96. « средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности»

СНиП 23-03-2003 «защита от шума»

ГОСТ 12.1/2.1.1.1278-03 « ССБТ. Шум. Общие требования безопасности»

СНиП 23-05-95 «естественное и искусственное освещение»

СанПиН 2.2.1/2.2.1.1.1278-03 « гигиенические требования кестественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий»

СанПиН 2.2.4.548 – 96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»

## **5,5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

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

- короткое замыкание;
- пожара;

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.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате выполнения выпускной квалификационной работы проведены исследования манипулятора, выполненного на базе Arduino.

При выполнении ВКР решены следующие задачи:

- разработана физическая модель манипулятора «механическая рука»;
- разработана и реализована электрическая схема и система управления на базе микроконтроллера Arduino;
- разработаны алгоритмы определения расстояния до объекта и средней точки объекта;
- разработанные на основе алгоритмов программы опробованы на физической модели.

Для повышения достоверности измерений и устранения аномальных значений в массивах данных использована фильтрация.

Основным результатом следует считать хорошие результаты управления манипулятором. При этом следует отметить следующий недостаток: если объект расположен на границе измерения, алгоритм поиска средней точки не работает.

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

## CONCLUSION

As a result of the final qualification work, the researcher conducted a manipulator based on Arduino.

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

- The physical model of the manipulator "mechanical arm" is developed;
- developed and implemented an electrical circuit and control system based on the microcontroller Arduino;
- algorithms for determining the distance to the object and the middle point of the object are developed;
- programs developed on the basis of algorithms are tested on a physical model.

To increase the reliability of measurements and eliminate abnormal values in the data sets, filtration is used.

The main result should be considered good results management manipulator. It should be noted the following disadvantage: if the object is located on the measurement boundary, the algorithm for finding the midpoint does not work.

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

### **Список использованных источников:**

- [1].Кружок технического творчества"Робототехника" [Электронный ресурс] - <http://роботехника18.рф>
- [2].Материал из Википедии - Arduino [Электронный ресурс] . - <https://ru.wikipedia.org/wiki/Arduino>
- [3].Материал из Википедии - Медианный\_фильтр [Электронный ресурс] . - [https://ru.wikipedia.org/wiki/Медианный\\_фильтр](https://ru.wikipedia.org/wiki/Медианный_фильтр)

## 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**  
**Календарный план**

№ работ	Вид работ	Исполнители	$T_{ki}$ , кал.дн.	Продолжительность выполнения работ												
				Декабрь		Январь				Март				Апрель		
				13	14	6	7	8	28	18	25	28	29	31	2	5
1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель, инженер	1	▬												
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	23		▬											
3	Выбор направления исследований	Научный руководитель, инженер	1			▬										
4	Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель, инженер	1				▬									
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер	20					▬								
6	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Инженер	21						▬							
7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Инженер	7							▬						
8	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель, инженер	3								▬					
9	Определение целесообразности проведения ВКР	Научный руководитель, инженер	1									▬				

