

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт
Кафедра «Робототехника и техническая кибернетика»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ Г. Б. Масальский

подпись

инициалы, фамилия

« ____ » _____ 2018 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

15.03.06 Мехатроника и робототехника

Интеллектуальное управление мобильным роботом

Руководитель

подпись, дата

доцент, канд. техн. наук
должность, ученая степень

Н. Н. Ткачев
инициалы, фамилия

Выпускник

подпись, дата

А. И. Сустанов
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

подпись, дата

В. Н. Куликова
инициалы, фамилия

Красноярск 2018

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Кафедра: «Робототехника и техническая кибернетика»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ Масальский Г. Б.

подпись инициалы, фамилия

« _____ » _____ 20 ____ г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме дипломного проекта

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		2

Студенту Суставову Артёму Игоревичу

Группа ФЭ14-08Б Направление (специальность) 15.03.06 (Мехатроника и робототехника)

Тема выпускной квалификационной работы «Интеллектуальное управление мобильным роботом».

Утверждена приказом по университету № 2264/с от 14.02.18

Руководитель ВКР Ткачев Н.Н., канд. техн. наук., доц. каф. РИТК

Исходные данные для ВКР:

Параметры мобильного робота, контроллер Ардуино Мега 2560. Решаемая задача – транспортировка объектов. Среда программирования – Матлаб.

Перечень разделов ВКР.

Глава 1. Анализ существующих мобильных манипуляционных роботов.

Глава 2. Описание интеллектуального мобильного манипуляционного робота.

Глава 3. Описание используемых компонентов.

Глава 4. Система управления интеллектуальным мобильным манипуляционным роботом.

Глава 5. Управление мобильным роботом в среде с препятствиями.

Глава 6. Разработка программного обеспечения.

Глава 7. Техничко-экономическое обоснование проекта.

Глава 8. Безопасность и экологичность проекта.

Перечень графического материала.

Лист 1. Схема подключения всех элементов к микроконтроллеру.

Лист 2 и лист 3. Блок-схема алгоритма работы программы для управления мобильным роботом.

Лист 4. Схема портов Arduino Mega 2560.

Лист 5. Последовательность обработки изображения с камеры и построение траектории перемещения.

Руководитель ВКР _____

Ткачев Н.Н.

Задание принял к исполнению _____

Суставов А.И.

« ____ » _____ 2018 г.

										Лист
										3
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

БР – 15.03.06 ПЗ

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Интеллектуальное управление мобильным роботом» содержит 156 страниц текстового документа, 5 приложений, 44 использованных источников, 5 листов графического материала.

ИНТЕЛЛЕКТ, МОБИЛЬНЫЙ РОБОТ, МАНИПУЛЯТОР, МОБИЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС, РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗОВ, БЕСПРОВОДНАЯ СВЯЗЬ, СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ, МЕТОДЫ ПОИСКА ПУТИ, ОБРАТНАЯ ЗАДАЧА КИНЕМАТИКИ.

Цели проекта:

- провести анализ существующих мобильных платформ и разработать конструкцию и собрать мобильный робот;
- разработать систему интеллектуального управления;
- разработать алгоритмы планирования траектории в среде с препятствиями;
- разработать систему управления робота в среде с препятствиями.

В ходе дипломного проектирования был проведен анализ существующих мобильных платформ, создан мобильный манипуляционный робот, разработана программа формирования управляющих команд, получив изображение с камеры, установленной сверху, реализована программа управления роботом в среде с препятствиями. Эффективность выбранных методов была подтверждена экспериментами.

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 Анализ существующих мобильных манипуляционных роботов.....	11
1.1 Классификация кинематических моделей колёсных мобильных платформ.....	12
1.2 Существующие мобильные роботы-манипуляторы	20
2 Описание интеллектуального мобильного манипуляционного робота	27
2.1 Кинематическая модель мобильного робота	27
2.2 Манипулятор	29
2.2.1 Кинематическая схема манипулятора.....	29
2.2.2 Определение диапазонов углов поворотов звеньев.....	30
2.2.3 Проектирование схвата манипулятора.....	33
3 Описание используемых компонентов	37
3.1 Приводная система колес	37
3.2 Сервопривод MD996R.....	39
3.3 Сервопривод MG90S	41
3.4 Реверсивный драйвер двигателей L293D	43
3.5 Arduino Mega 2560	44
3.6 Линейный стабилизатор напряжения L7805.....	47
3.7 Блок питания.....	48
3.8 Оптический энкодер FC-03	49
3.9 Wi-fi модуль NodeMCU LUA R2.....	51
3.10 Акселерометр и гироскоп MPU6050	54
3.11 Выводы по разделу	56
4 Система управления интеллектуальным мобильным роботом	57
4.1 Общая схема архитектуры	57
4.2 Схема подключения питания для всех элементов.....	58
4.3 Схема управления каждым элементом	60
4.4 Принципы управления сервоприводами	61
4.5 Принципы управления моторами постоянного тока.....	63

					БР – 15.03.06 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		5

4.6	Протокол TCP/IP для обмена данными с wi-fi модулем.....	65
4.7	Интерфейс I2C для обмена данными гироскопа и микроконтроллера.....	66
4.8	Алгоритм управления мобильным роботом в автоматическом режиме	67
4.9	Ручное управление мобильным роботом	68
5	Управление мобильным роботом в среде с препятствиями	70
5.1	Постановка задачи	70
5.2	Получение снимка с камеры.....	71
5.2.1	Выделение основных цветов	72
5.2.2	Уменьшение объема матрицы и поиск начальной и конечной координаты.....	72
5.2.3	Аппроксимация препятствия прямоугольниками	74
5.2.4	Волновой алгоритм Ли	75
5.3	Управляющие команды для мобильного робота	79
5.4	Решение обратной задачи кинематики манипулятора	80
5.5	Выводы по разделу	85
6	Разработка программного обеспечения.....	86
6.1	Функция получения изображения с камеры	87
6.2	Функция подсчета количества шагов и направления мобильного робота.....	89
6.3	Функция формирования управляющих команд и передача по беспроводной связи.....	90
6.4	Функция поиска объекта для манипулирования и решение обратной задачи кинематики манипулятора.....	92
6.5	Выводы по разделу	93
7	Технико-экономическое обоснование проекта.....	94
7.1	Расчет затрат на оборудование и программное обеспечение.....	94
7.2	Расчет фонда заработной платы разработчикам.....	96
7.3	Затраты на электроэнергию	99

ВВЕДЕНИЕ

На протяжении многих лет человек всё чаще прибегает к помощи роботов в различных сферах деятельности. Сегодня роботы выполняют довольно сложную работу: их применяют на производстве, в военном деле, в медицине и просто для развлечения. Например, в среде, где не известно положение объектов (такие среды называются недетерминированными) применяют интеллектуальные мобильные роботы. Такие роботы, которые включают в себя чувствительные элементы, исполнительные механизмы, компьютеры, и которые обладают элементами искусственного интеллекта представляют весьма удобный объект для постановки, изучения и нахождения решений современных проблем мехатроники.

На сегодняшний день существует много видов мобильных роботов, которые значительно упрощают жизнь человека. Современный мир уже немыслим без каждодневной помощи роботов. Таким образом изучение роботов полезно во всех отношениях: во-первых, чтобы понять принцип и устройство работы робота, во-вторых, чтобы самостоятельно спроектировать и создать мобильного робота.

Итак, актуальность выбранной темы обусловлена необходимостью изучения классификаций мобильных роботов и, впоследствии, созданием своего интеллектуального мобильного манипуляционного робота, который используется в качестве опытной модели. Изучив его свойства и применив алгоритмы управления, можно управлять более сложным и мощным устройством.

Объект дипломной работы: изучение основ мехатроники и робототехники.

Предмет дипломной работы: создание интеллектуального мобильного манипуляционного робота.

Цель: разработка мобильного манипуляционного робота с интеллектуальным управлением.

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

Задачи дипломного проекта.

1. Провести анализ существующих мобильных платформ, разработать конструкцию и кинематическую схему мобильного робота, включающий в себя мобильную платформу и манипулятор.
2. Подобрать комплектующие и реализовать в «железе» мобильный робот.
3. Разработать алгоритмы управления мобильным роботом (движение вперед, назад; повороты; перемещение звеньев манипулятора; связь по беспроводной сети).
4. Обработать изображение с камеры и найти кратчайший путь до объекта.
5. Создать управляющие команды и отправить их по беспроводной связи на контроллер мобильного робота.
6. Решить обратную задачу робототехники.
7. Провести тест-драйвы робота и определить эффективность используемых методов.

Методологической основой для исследования послужили научные труды известных ученых-робототехников.

В качестве теоретической базы исследования были использованы публикации, посвященные технологиям работы манипуляционных роботов.

Практическая значимость данной работы заключается в том, что продукт исследования может быть применен в опасной для человека среде, а также в качестве наглядного материала при обучении студентов и школьников.

Дипломная работа состоит из: введения, 8-ми глав, заключения, списка использованных источников и четырех приложений и списка графического материала.

Во введении представлены основные параметры исследования.

В первой главе происходит ознакомление с видами мобильных роботов и приведены примеры существующих мобильных манипуляционных роботов.

Во второй и третьей главе описывается спроектированный мобильный робот и все детали, из которых он состоит.

										Лист
										9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

В четвертой главе представлена система управления роботом.

Пятая глава даёт описание алгоритма управления робота в среде с препятствиями.

В шестой главе подробно изложена структура разработанных программ, а также описаны результаты экспериментальной проверки их работы.

Седьмая глава даёт технико-экономическое обоснование дипломного проекта.

Восьмая глава посвящена вопросам безопасности и экологичности проекта.

В заключении подводятся итог всего исследования.

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

1 Анализ существующих мобильных манипуляционных роботов

В широком смысле понятие «мобильная платформа» включает в себя, прежде всего представление о некотором механическом аппарате, способном с той или иной степенью самостоятельности перемещаться в пространстве, выполняя поставленную для него цель. Мобильная платформа состоит из двух основных частей – исполнительных систем и информационно-управляющей системы с сенсорной системой. В свою очередь исполнительные системы включают манипуляционную систему в основном в виде механических манипуляторов и системы передвижения, присущей только мобильным роботам.

Способность автономно и целенаправленно перемещаться в достаточно сложных условиях неразрывно связана со способностью быстро справляться с задачами, для решения которых требуется исключительно высокий уровень интеллекта. Более того, при современном уровне развития техники, построение устройств, по своим чисто механическим возможностям сравнимых с ногами человека или животного, вызывает значительные затруднения. Все механические устройства, предназначенные для передвижения в пространстве – танки, тракторы, автомобили и другие – выполняют свои функции под непосредственным управлением человека. Не имеют принципиальных отличий от перечисленных устройств и различного рода радиоуправляемые аппараты – человек хотя и находится на расстоянии, но, тем не менее, контролирует каждый “шаг” дистанционно управляемых машин. На первый взгляд к числу автономных мобильных устройств можно было бы отнести новейшие электровозы с системами автоматического управления. Однако не следует забывать о том, что в данном случае автономность достигается за счет очень жестких ограничений, накладываемых на условия передвижения: поезд движется только по рельсам, которые ко всему прочему требуется обнести надежной оградой, так как автоматика в отличие от машиниста не может подать сигнал об опасности замешкавшемуся на пути пешеходу или животному.

										Лист
										11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

1.1 Классификация кинематических моделей колёсных мобильных платформ

Колесные мобильные платформы (КМП) составляют класс механических систем, характеризующихся кинематическими связями, которые не являются интегрируемыми и, следовательно, не могут быть исключены из уравнений движения модели. В результате стандартные алгоритмы планирования и управления движением, развитые для роботов-манипуляторов без связей не применимы к таким системам. Это обстоятельство было отмечено недавно в обширной литературе, посвященной построению планирования и управления движением КМП, в особенности специфических упрощенных кинематических моделей «робопоезда» и «робокара». Однако коммерческие КМП, имеющиеся в продаже обладают существенно более сложной конструкцией, чем простейшие модели, обычно рассматриваемые в научной литературе. Например, для трехколесных или четырехколесных коммерческих мобильных роботов, со всеми поворотными и приводными колесами, существенным является даже вопрос, предшествующий исследованиям по управляемости, — вопрос о построении математической модели такого робота [1].

Робот с омниколёсами, расположенными в вершинах корпуса. Омнимобильный робот с шведскими колёсами. Рассматриваемый робот (рисунок 1.1) имеет три омниколеса, расположенных в вершинах корпуса, имеющего форму равностороннего треугольника.

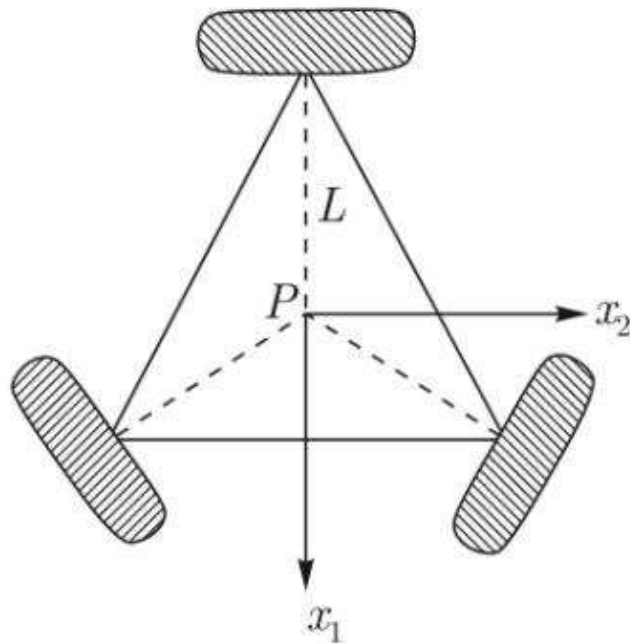


Рисунок 1.1 – Робот с омниколёсами, расположенными в вершинах корпуса

Связи, наложенные на систему, имеют вид:

$$J_1(\beta_c, \beta_{oc}) \cdot R(\theta) \cdot \dot{\varepsilon} + J_2 \cdot \dot{\varphi} = 0, \quad (1.1)$$

где ε - позиционные координаты необходимые для описания положения корпуса робота в плоскости движения;

β_c - углы ориентации центрально ориентируемых колёс;

β_{oc} - углы ориентации нецентрально ориентируемых колёс;

φ - вращательные координаты для описания вращения колёс относительно соответствующих им горизонтальных осей вращения.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

При этом J_1 и J_2 из (1.1) равны:

$$J_1 = [J_{1cw}] = \begin{bmatrix} -\frac{\sqrt{3}}{2} & \frac{1}{2} & L \\ 0 & -1 & L \\ \frac{\sqrt{3}}{2} & \frac{1}{2} & L \end{bmatrix}. \quad (1.2)$$

$$J_2 = \text{diag}(r). \quad (1.3)$$

Функция $\text{diag}(v)$ формирует квадратную матрицу X с вектором v на главной диагонали.

Омнимобильный робот с нецентрально ориентируемыми колесами. Этот робот имеет три традиционных нецентрально ориентируемых колеса, как показано на рисунке 1.2.

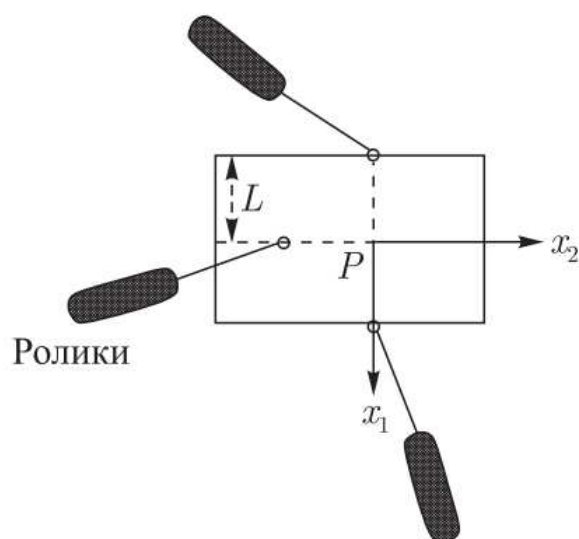


Рисунок 1.2 – Омнимобильный робот с нецентрально ориентируемыми колесами

Связи имеют вид (1.1) и (1.4):

$$C_1(\beta_c, \beta_{oc}) \cdot R(\theta) \cdot \dot{\varepsilon} + J_2 \cdot C_2 \cdot \dot{\varphi} = 0. \quad (1.4)$$

$$J_1 = [J_{1oc}(\beta_{oc})] = \begin{bmatrix} -\sin(\beta_{oc1}) & \cos(\beta_{oc1}) & L\cos(\beta_{oc1}) \\ \sin(\beta_{oc2}) & -\cos(\beta_{oc2}) & L\cos(\beta_{oc2}) \\ \sin(\beta_{oc3}) & \sin(\beta_{oc3}) & L\cos(\beta_{oc3}) \end{bmatrix}. \quad (1.5)$$

$$J_2 = \text{diag}(r). \quad (1.6)$$

$$C_1 = [C_{1oc}(\beta_{oc})] = \begin{bmatrix} \cos(\beta_{oc1}) & \sin(\beta_{oc1}) & d + L\cos(\beta_{oc1}) \\ -\cos(\beta_{oc2}) & -\sin(\beta_{oc2}) & d + L\cos(\beta_{oc2}) \\ \sin(\beta_{oc3}) & -\cos(\beta_{oc3}) & d + L\cos(\beta_{oc3}) \end{bmatrix}. \quad (1.7)$$

$$C_2 = |C_{2oc}| = \text{diag}(r). \quad (1.8)$$

Двухколёсный робот с неуправляемым третьим колесом. Данный робот имеет два традиционно фиксированных колеса, расположенных на одной оси, и одним традиционным нецентрально ориентируемым колесом (рисунок 1.3).

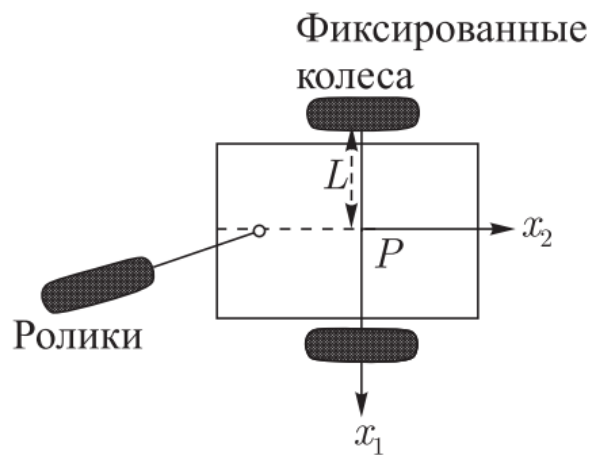


Рисунок 1.3 – Двухколёсный робот с неуправляемым третьим колесом

Связи имеют вид (1.1) и (1.4):

$$J_1 = \begin{bmatrix} J_{2f} \\ J_{2oc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & L \\ 0 & -1 & L \\ \cos(\beta_{oc3}) & \sin(\beta_{oc3}) & L\cos(\beta_{oc3}) \end{bmatrix}. \quad (1.9)$$

$$J_2 = \text{diag}(r). \quad (1.10)$$

$$C_2 = \begin{bmatrix} C_{2f} \\ C_{2oc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & L \\ 0 & -1 & L \\ \sin(\beta_{oc3}) & -\cos(\beta_{oc3}) & L\cos(\beta_{oc3}) \end{bmatrix}. \quad (1.11)$$

$$C_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ d \end{bmatrix}. \quad (1.12)$$

Робот с двумя неуправляемыми колесами. Представляет собой робота с одним традиционно центрально ориентируемым колесом и двумя нецентрально ориентируемыми колёсами (рисунок 1.4).

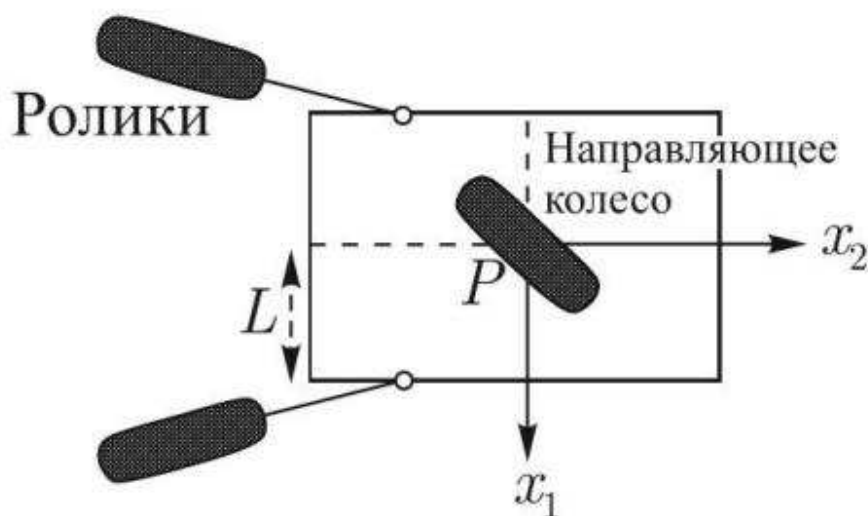


Рисунок 1.4 – Робот с двумя неуправляемыми колесами

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Уравнения связи имеют вид (1.1) и (1.4) где:

$$J_1 = \begin{bmatrix} J_{1c}(\beta_{c1}) \\ J_{1oc}(\beta_{oc2}, \beta_{oc3}) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin(\beta_{c1}) & \cos(\beta_{c1}) & l\cos(\beta_{oc1}) \\ \sin(\beta_{oc2} + \frac{\pi}{4}) & -\cos(\beta_{oc2} + \frac{\pi}{4}) & l\cos(\beta_{oc2}) \\ -\sin(\beta_{oc3} - \frac{\pi}{4}) & \sin(\beta_{oc3} - \frac{\pi}{4}) & l\cos(\beta_{oc3}) \end{bmatrix}. \quad (1.13)$$

$$J_2 = \text{diag}(r). \quad (1.14)$$

$$C_1 = \begin{bmatrix} C_{1c}(\beta_{c1}) \\ C_{1oc}(\beta_{oc2}, \beta_{oc3}) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\beta_{c1}) & \sin(\beta_{c1}) & l\sin(\beta_{oc1}) \\ -\cos(\beta_{oc2} + \frac{\pi}{4}) & -\sin(\beta_{oc2} + \frac{\pi}{4}) & d + l\sin(\beta_{oc2}) \\ \cos(\beta_{oc3} - \frac{\pi}{4}) & \sin(\beta_{oc3} - \frac{\pi}{4}) & d + l\cos(\beta_{oc3}) \end{bmatrix} \quad (1.15)$$

$$C_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ \text{diag}(d) \end{bmatrix}. \quad (1.16)$$

Модель типа трёхколесного детского велосипеда. Данная модель является роботом с двумя традиционно фиксированными колёсами на одной оси и одним традиционно центрально ориентируемым колесом (рисунок 1.5).

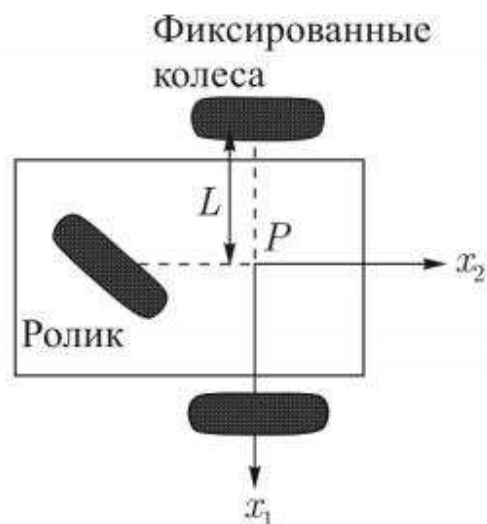


Рисунок 1.5 – Модель типа трёхколесного детского велосипеда

Уравнения связи имеют вид (1.1) и (1.4):

$$J_1 = \begin{bmatrix} J_{2f} \\ J_{2oc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & L \\ 0 & -1 & L \\ \cos(\beta_{oc3}) & \sin(\beta_{oc3}) & L\cos(\beta_{oc3}) \end{bmatrix}. \quad (1.16)$$

$$J_2 = \text{diag}(r). \quad (1.17)$$

$$C_1 = \begin{bmatrix} C_{1f} \\ C_{1oc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ \sin(\beta_{oc3}) & -\cos(\beta_{oc3}) & d + L\cos(\beta_{oc3}) \end{bmatrix}. \quad (1.18)$$

$$C_2 = 0. \quad (1.19)$$

Робот с четырьмя ведущими колесами.

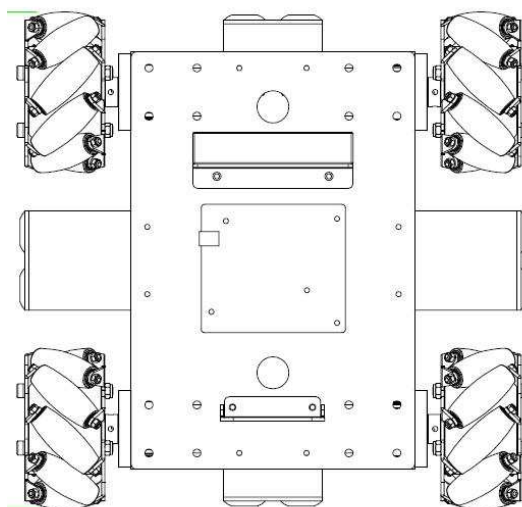


Рисунок 1.6 – Модель робота с четырьмя ведущими колесами

Связи, наложенные на систему:

$$\left. \begin{aligned} \dot{X} &= v1 \cdot \cos(f1) \\ \dot{Y} &= v2 \cdot \sin(f1) \\ \dot{f1} &= \omega \end{aligned} \right\} \quad (1.20)$$

Соотношения (1.20) представляют собой систему нелинейных дифференциальных уравнений 3-го порядка относительно фазового вектора с компонентами $(X, Y, f1)$. Скаляры $v1$ и $v2$, заданные тем или иным образом (как функции времени или функции фазовых координат), определяют движение платформы. Таким образом, соотношения (1.20) можно рассматривать как кинематическую модель мобильного робота.

Мобильный робот Sojourner использовался во время миссии Pathfinder для изучения Марса летом 1997 года.



Рисунок 1.10 – Первый управляемый ходовой робот

Plustech разработал первый управляемый ходовой робот. Он предназначен для перемещения древесины из леса. Координация ног автоматизирована, но навигация по-прежнему выполняется оператором-человеком.

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22



Рисунок 1.11 – Мобильный манипулятор XL-MICO, производства Robotnik Automation

Применимость манипулятора XL-MICO:

- исследования;
- осмотр;
- медицина;
- логистика;
- пульт дистанционного мониторинга;
- доступ к жестким средам.



Рисунок 1.12 – Мобильные роботы Сервосила "Инженер"

Робот предназначен для работы на улице, вне помещений. Робот полностью герметичен, способен работать под дождем, в снегу и в пыли. В зависимости от установленных полезных нагрузок, робот способен работать и при расширенном диапазоне температур. Мобильный робот способен забираться по лестницам в лестничных пролетах многоэтажных домов.

Мобильный робот оснащен робототехническим манипулятором для захвата объектов. Манипулятор позволяет использовать робота для работы с потенциально опасными предметами, не подвергая риску человеческие жизни. На "пальцах" манипулятора имеются места крепления дополнительного инструмента, который может потребоваться в особых ситуациях. Это позволяет адаптировать робота под конкретные ситуации и применения.



Рисунок 1.13 – Мобильный манипулятор RB-1

Передвижной манипулятор. RB-1 автономный и конфигурируемый робот, производства Robotnik Automation & Kinova Robotics, Spain & Canada

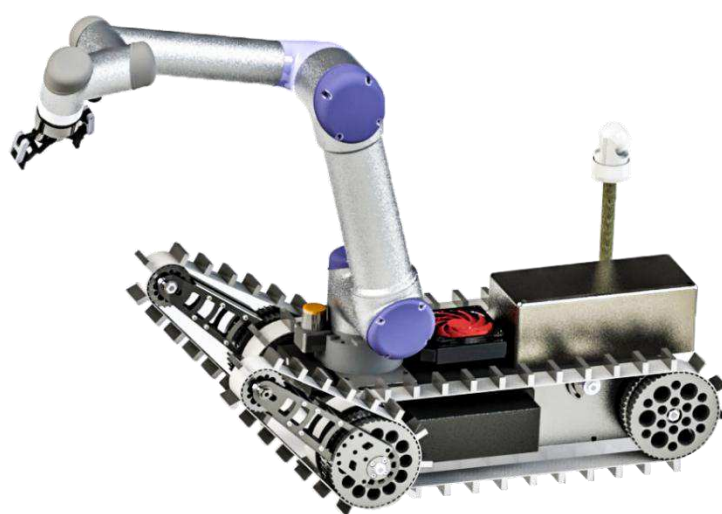


Рисунок 1.14 – Мобильный робот с манипулятором производства Robotnik Automation & Barrett Technologies

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР – 15.03.06 ПЗ

Лист

25

Характеристики:

- грузоподъемность платформы: 20 кг / рычаг 5 кг;
- скорость: 2,5 м / с;
- время работы: 3,5 ч;
- батареи: 48v LiPO;
- диапазон температур: - 10° к +50°С;
- максимальный угол подъема: 80 %.

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

2 Описание интеллектуального мобильного манипуляционного робота

Мобильный манипуляционный робот относится к классу универсальных роботов. Представляет собой малогабаритное дистанционно управляемое средство, оснащенное необходимым набором датчиков, для планирования траектории и распознавании объектов, которые необходимо захватить и переместить.

2.1 Кинематическая модель мобильного робота

Мобильный робот представляет собой четырехколесную тележку со всеми ведущими колесами.

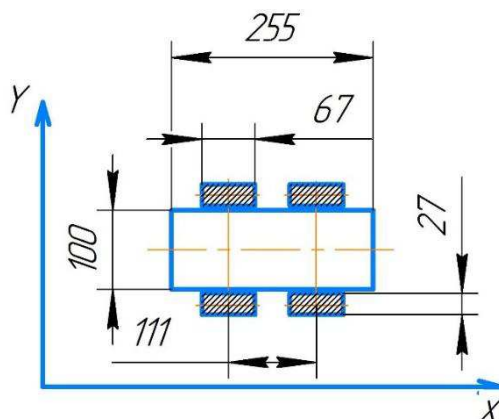


Рисунок 2.1 – Геометрические характеристики четырехколесной тележки

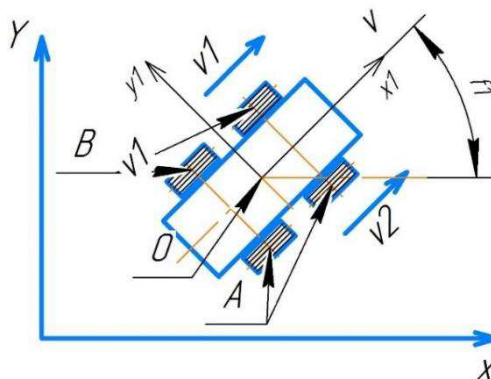


Рисунок 2.2 – Конструктивная схема четырехколесной тележки

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

Модель робота представлена в виде системы из 5 твердых тел: В – два колеса левой части, А – два колеса правой части, О – это крышка из черного оргстекла (она имеет два уровня).

В качестве переменных состояния колесного робота рассматриваются следующие величины: x_1, y_1 — координаты базовой точки робота; f_1 — угол поворота центральной линии платформы; v_1 — модуль вектора скорости робота левых колес; v_2 — модуль вектора скорости робота правых колес, v — модуль вектора скорости.

Кинематическая модель робота описывается следующей системой уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \dot{X} &= v \cdot \cos(f_1) \\ \dot{Y} &= v \cdot \sin(f_1) \\ f_1 &= \omega \end{aligned} \right\} \quad (2.1)$$

где ω - скорость вращения платформы вокруг вертикальной оси.

Управление скоростями движения:

- для прямолинейного движения колеса правой и левой части должны вращаться с одинаковыми скоростями;
- для того, чтобы робот развернулся на месте, необходимо установить скорости одинаковыми по модулю, но направленными противоположно;
- другие комбинации скоростей приводят к движению по дуге.

2.2 Манипулятор

Манипулятор - совокупность пространственного рычажного механизма и системы приводов, осуществляющая под управлением программируемого автоматического устройства или человека-оператора действия (манипуляции), аналогичные действиям руки человека.

2.2.1 Кинематическая схема манипулятора

Перед разработкой компьютерной модели манипулятора необходимо составить его структурную кинематическую схему. На схеме указаны 1ое и 2ое звенья, которые поворачиваются на углы q_1 и q_2 , основание, вокруг которого манипулятор поворачивается на угол q_0 , и схват, а также проставлены длины всех частей манипулятора.

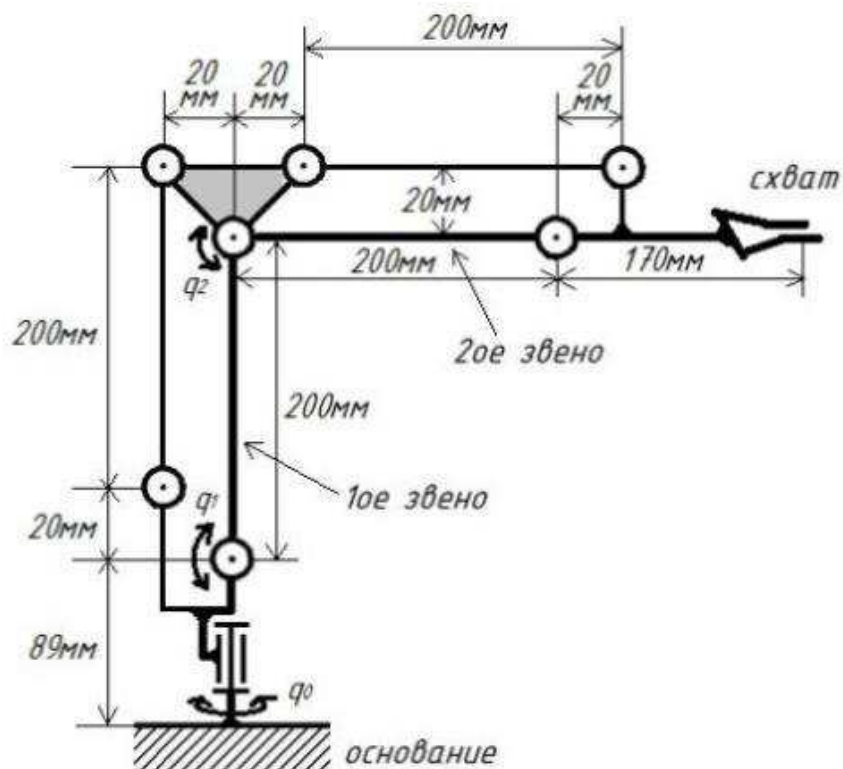


Рисунок 2.3 – Кинематическая схема манипулятора

В этой кинематической схеме используются некоторые дополнительные звенья и элементы, которые образуют параллельный механизм, который позволяет схвату манипулятора оставаться всегда параллельно основанию независимо от того, на какие углы q_1 и q_2 повернуться звенья манипулятора.

На рисунке 1.4 показан принцип работы параллельного механизма, на котором видно, что при изменении углов поворота звеньев, схват робота сохраняет параллельное положение относительно основание. Данное свойство для захвата, перемещения и установление предмета в новое положение, при этом сохраниться его вертикальное положение. Так же отпадает необходимость ставить z_e управляемое звено.

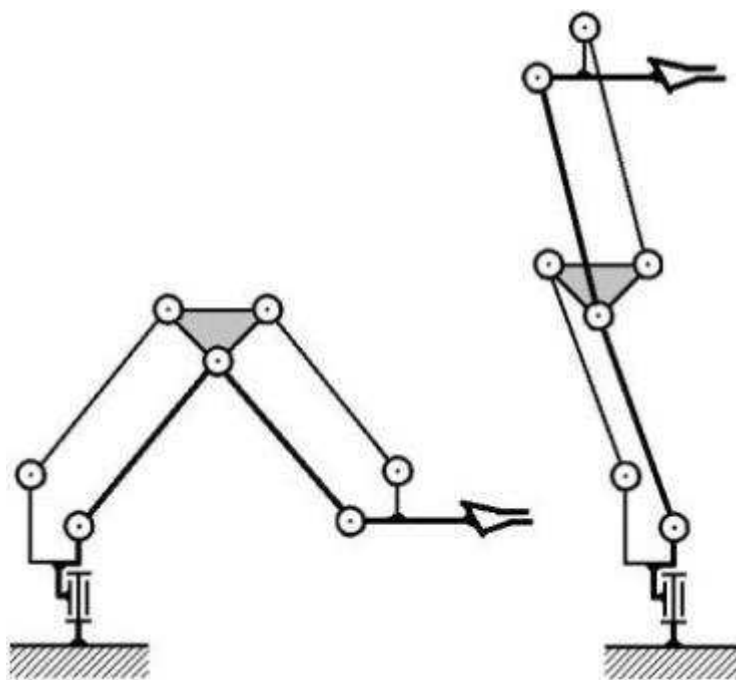


Рисунок 2.4 – Принцип работы параллельного механизма

2.3.2. Определение диапазонов углов поворотов звеньев

Построив 3D модель манипулятора с учётом всех длин звеньев и размеров деталей, можно определить диапазоны углов поворотов звеньев

робота относительно начального положения. Эти диапазоны будут учитываться при определении рабочей зоны динамической модели манипулятора.

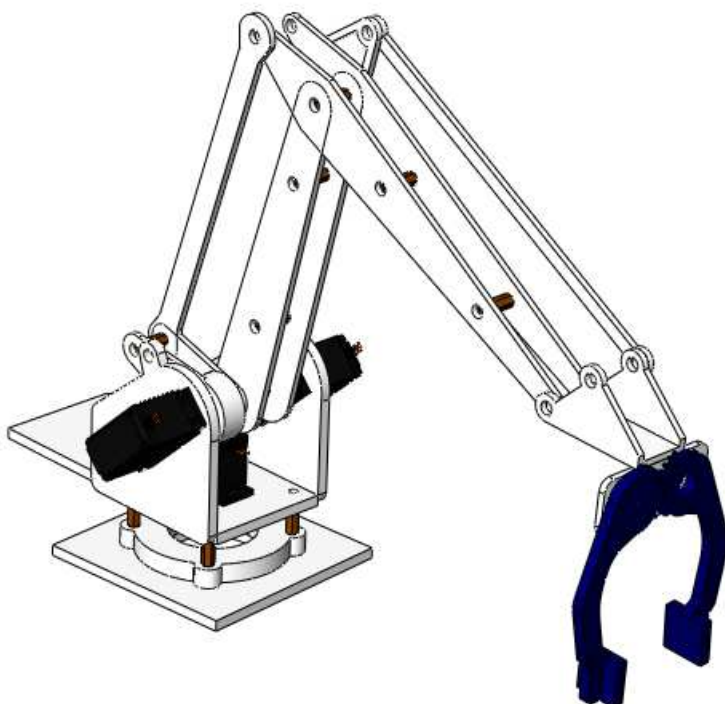


Рисунок 2.5 – 3D модель робота

Угол поворота основания q_0 .

За поворот основания отвечает сервопривод MG996R, вращающийся на подшипнике, диапазон его поворота составляет 180^0 . В конструкции робота нет препятствий, ограничивающих этот диапазон, следовательно, робот будет поворачивать на $\pm 90^0$ относительно начального положения.

Угол поворота 2го звена q_2 .

За поворот второго звена отвечает сервопривод MG996R, установленный в основании робота, и передающий угол поворота через рычаги. Диапазон поворота: от 90 до 180 градусов (значение углов сервопривода).

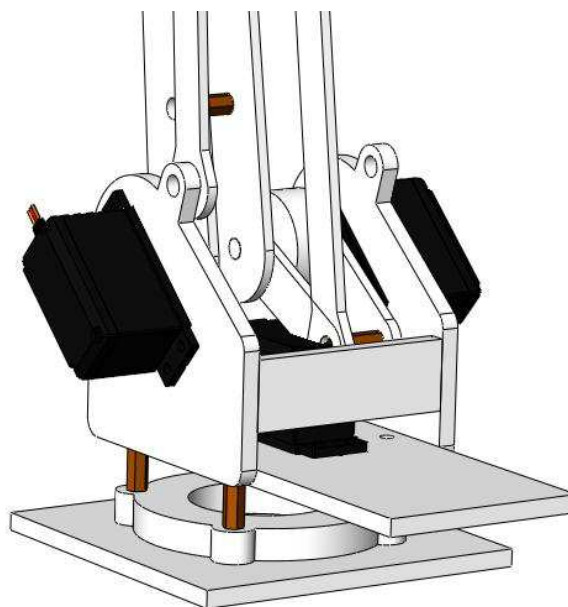


Рисунок 2.8 – Положение сервопривода для управления звена 2

2.3.3 Проектирование схвата манипулятора

Схват — это механическое захватное устройство, аналог кисти руки человека. 3D модель схвата будет выполнена из пластика на 3D-принтере.

Межосевое расстояние (a_ω)— расстояние между осями зубчатых колёс.

Межосевое расстояние выбирается в связи с конструкцией робота и равно 28.8мм.

В зубчатой передаче контактирующие элементы двух профилей выполняются по эвольвентам окружности и образуют, так называемое эвольвентное зацепление.

Основными элементами зубчатого колеса являются зубья, каждый зуб состоит из головки зуба и ножки: зубья находятся на ободке колеса и вместе с

									Лист
									33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР – 15.03.06 ПЗ				

ободом составляют зубчатый венец: более тонкая часть колеса – диск соединяет ступицу с ободом.

Параметры зубчатого колеса:

- диаметр вершин зуба: 30,85 мм;
- диаметр впадин зуба: 26,66 мм;
- количество зубьев: 29;
- модуль: 1.

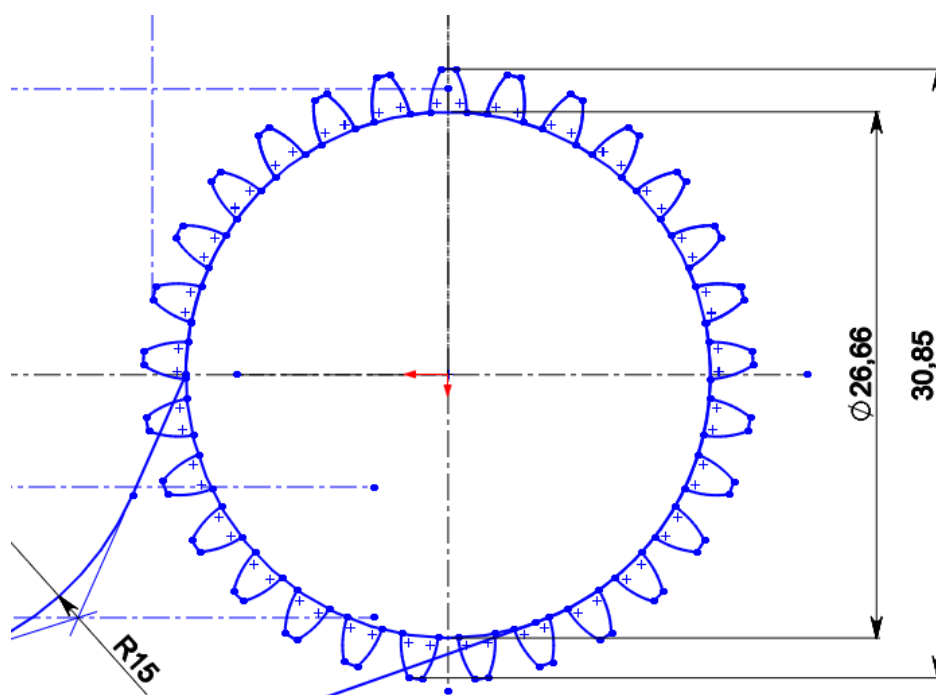


Рисунок 2.9 – Геометрические характеристики зубчатого колеса

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР – 15.03.06 ПЗ

Лист

34

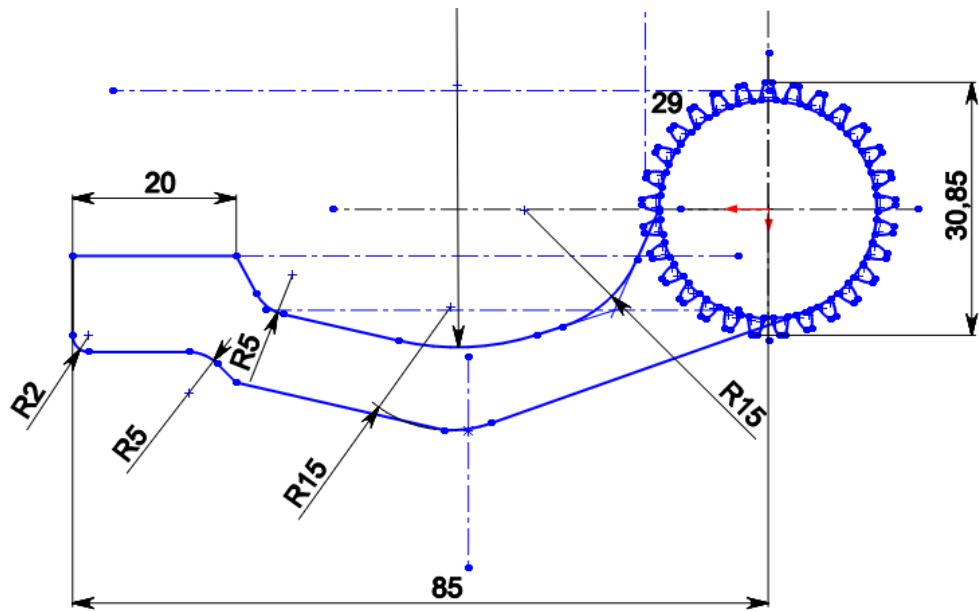


Рисунок 2.10 – Геометрические характеристики схвата

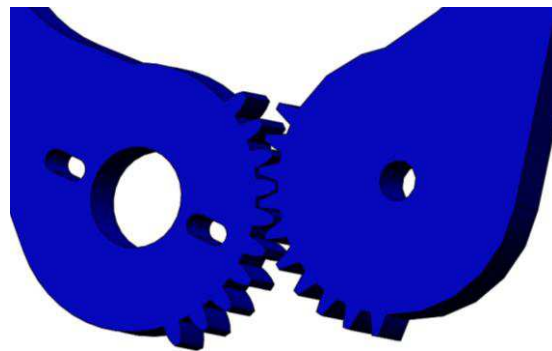
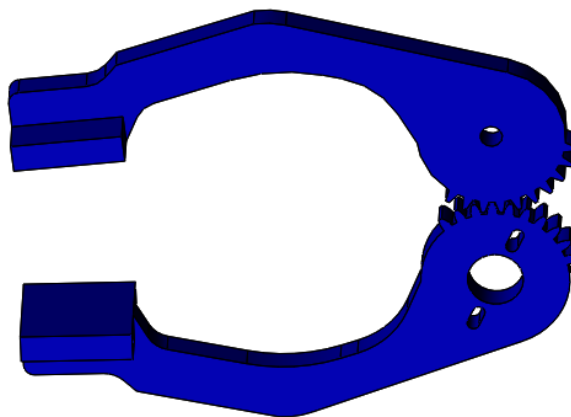


Рисунок 2.11 – Зубчатое зацепление, 3D модель



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Рисунок 2.12 – Схват для манипулятора

Для печати используем PLA-пластик.

PLA-пластик (полилактид, ПЛА) - является биоразлагаемым, биосовместимым, термопластичным алифатическим полиэфиром, структурная единица которого - молочная кислота [6].

Работа PLA-пластиком на 3D-принтере ведется посредством технологии моделирования методом послойного наплавления (FDM-Fused Deposition Modeling). Нить расплавляется, после чего доставляется по специальной насадке на поверхность для работы и осаживается. В результате построения модели расплавленным пластиком создается полностью готовый к применению объект.

Таблица 2.1 – Характеристики PLA-пластика

Величина	Значение
Температура плавления	173-178°C
Температура размягчения	50°C
Твердость (по Роквеллу)	R70-R90
Относительное удлинение при разрыве	3,8%
Температура стеклования	60-65°C
Плотность	1,23-1,25 г/см ³
Точность печати	± 0,1%

3 Описание используемых компонентов

Чтобы собрать интеллектуальный мобильный манипуляционный робот понадобятся компоненты, описанные ниже.

3.1 Приводная система колёс

Для управления движением мобильного робота используются 4 мотор-редуктора. Управление моторами осуществляется независимо друг от друга.



Рисунок 3.1 – Мотор-редуктор DC-6v

Микро-электродвигатель постоянного тока установлен в пластмассовый корпус, в котором находится понижающий скорость вращения редуктор из пластмассовых шестеренок и увеличивающий усилие на валу механизма. На вал мотор-редуктора насаживается колесо с резиновой покрышкой. Вал выходит с двух сторон корпуса редуктора. Колесо может устанавливаться с любой стороны корпуса. На вторую часть вала мотор-редуктора устанавливают диск с отверстиями, позволяющий работать оптическому датчику контроля параметров вращения вала [7].

Таблица 3.1 – Характеристика мотора постоянного тока для платформы

Характеристики	Значение
Рабочее напряжение	3-12В
Рекомендуемое напряжение	6-8В
Передаточное число редуктора (без нагрузки при 3В)	1:48
Номинальный потребляемый ток	70мА
Максимальный ток (при 6В)	250мА
Скорость вращения (при 6В)	90 об/мин
Крутящий момент	2 кг·см
Шум	65 dB

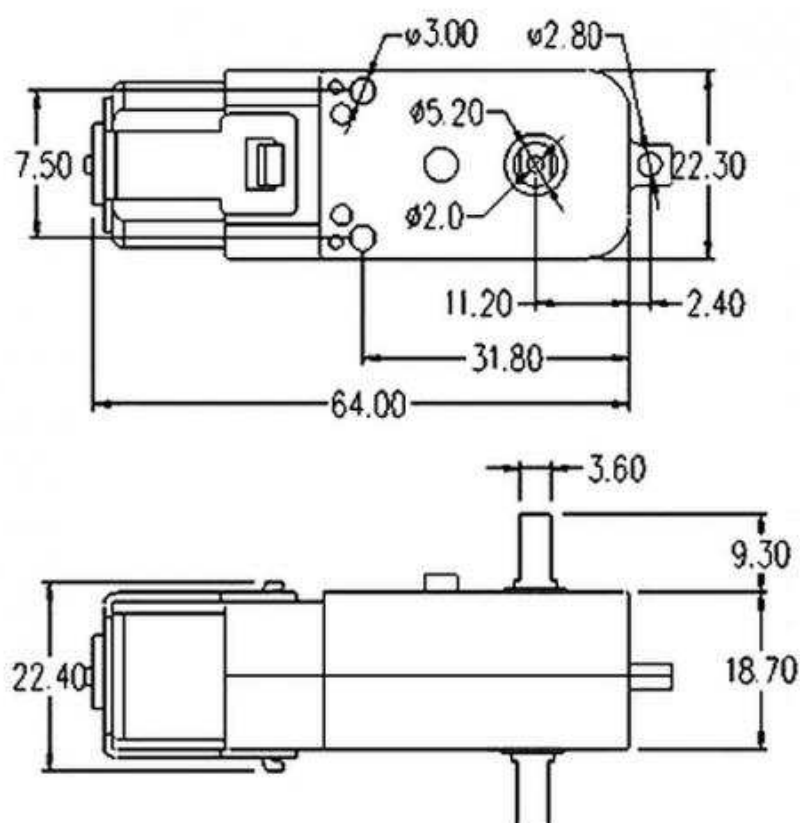
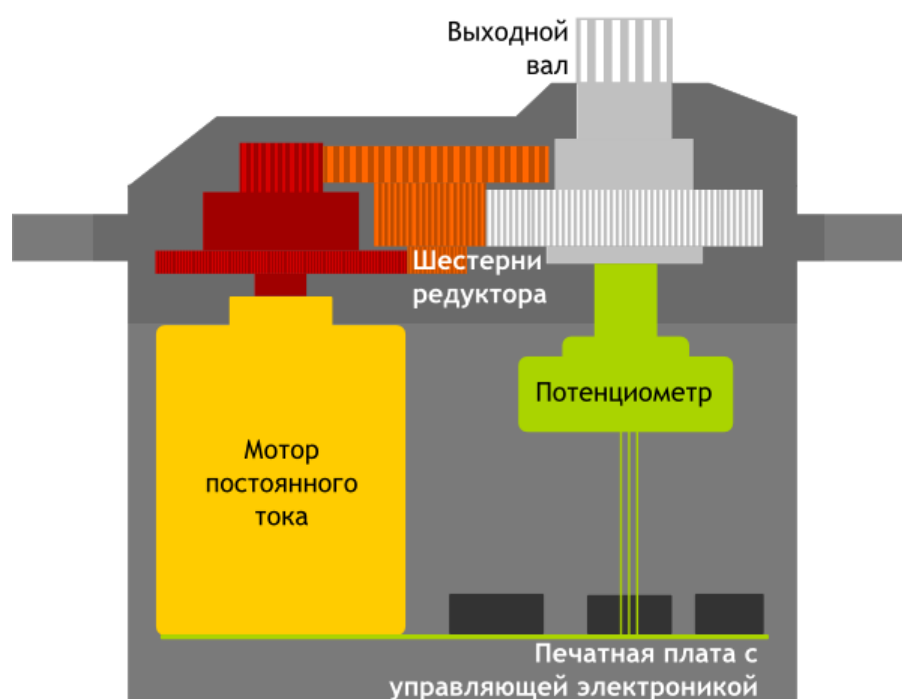


Рисунок 3.2 – Размеры мотор-редуктора DC-6v

3.2 Сервопривод MG996R

Привод – электромотор с редуктором. Чтобы преобразовать электричество в механический поворот, необходим электромотор. Однако зачастую скорость вращения мотора бывает слишком большой для практического использования. Для понижения скорости используется редуктор: механизм из шестерней, передающий и преобразующий крутящий момент.

Включая и выключая электромотор, можно вращать выходной вал – конечную шестерню сервопривода, к которой можно прикрепить нечто, чем мы хотим управлять. Однако, для того чтобы положение контролировалось устройством, необходим датчик обратной связи – энкодер, который будет преобразовывать угол поворота обратно в электрический сигнал. Для этого часто используется потенциометр. При повороте бегунка потенциометра происходит изменение его сопротивления, пропорциональное углу поворота. Таким образом, с его помощью можно установить текущее положение механизма.



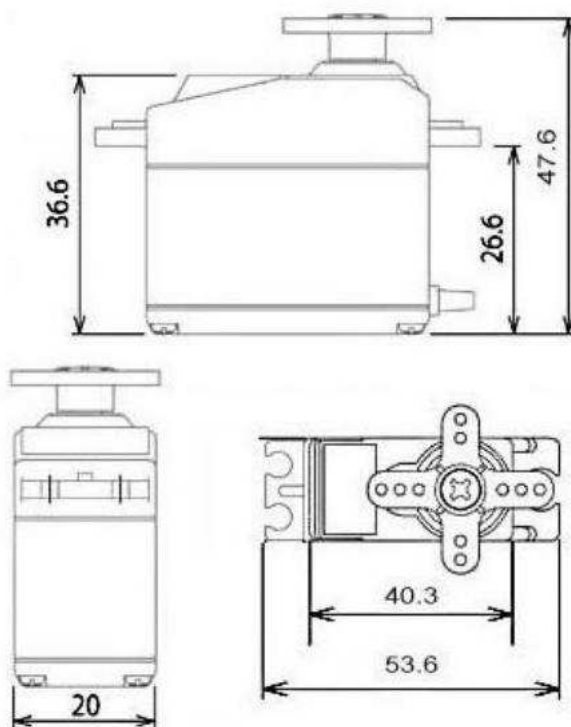
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Рисунок 3.3 – Устройство сервопривода

Кроме электромотора, редуктора и потенциометра в сервоприводе имеется электронная начинка, которая отвечает за приём внешнего параметра, считывание значений с потенциометра, их сравнение и включение/выключение мотора. Она-то и отвечает за поддержание отрицательной обратной связи.



Рисунок 3.4 - Сервопривод MG996R



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР – 15.03.06 ПЗ

Лист

40

Рисунок 3.5 – Размеры сервопривода MG996R

Таблица 3.2 – Характеристики сервопривода MG996R

Характеристики	Значение
Рабочее напряжение	4.8-7.2В
Материал редуктора	Металлический
Масса	55 гр.
Номинальный потребляемый ток	500 – 900 мА
Пусковой ток	До 2.5А
Скорость вращения (при 6В)	60°/0.14с
Крутящий момент (при 4.8В)	9.4 кг·см
Крутящий момент (при 6В)	11 кг·см

3.3 Сервопривод MG90S



Рисунок 3.6 - Сервопривод MG90S

3.4 Реверсивный драйвер двигателей L293D

Микросхема включает в себя сразу два драйвера для управления слаботочными моторами.

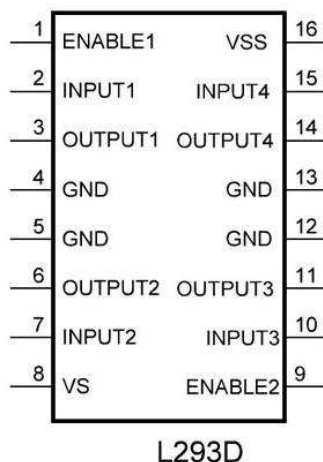


Рисунок 3.8 – Микросхема L293D

Несомненным плюсом данной микросхемы является отдельное питание логической части микросхемы, напряжение питания которой лежит в пределах 4.5-5 вольт (VSS), и силовой части питания двигателей (VS).

Используя данную микросхему, мы можем управлять двигателями с довольно широким диапазоном питающего напряжения от 4.5 до 36 вольт, но при этом, L293D может выдать всего лишь 600mA продолжительного тока нагрузки на каждый канал. Пиковый (максимальный) ток может кратковременно подскочить до 1.2А. Так же из положительных сторон данной микросхемы следует отметить её непривередливость к напряжению входных сигналов, подаваемых на выводы INPUT. Логический "0" распознается микросхемой, когда входное напряжение <1.5Вольт. Логическая "1" появляется при входном напряжении, лежащем в пределах от 2.3 до 7Вольт.

Диапазон рабочих температур от -40°C до $+150^{\circ}\text{C}$.

3.5 Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 — флагманская платформа для разработки на базе микроконтроллера ATmega2560.

На плате предусмотрено всё необходимое для удобной работы с микроконтроллером: 54 цифровых входа/выхода (из которых 15 могут использоваться в качестве ШИМ-выходов), 16 аналоговых входов, 4 UART (аппаратных приемопередатчика для реализации последовательных интерфейсов), кварцевый резонатор на 16 МГц, разъем USB, разъем питания, разъем ICSP для внутрисхемного программирования и кнопка сброса.

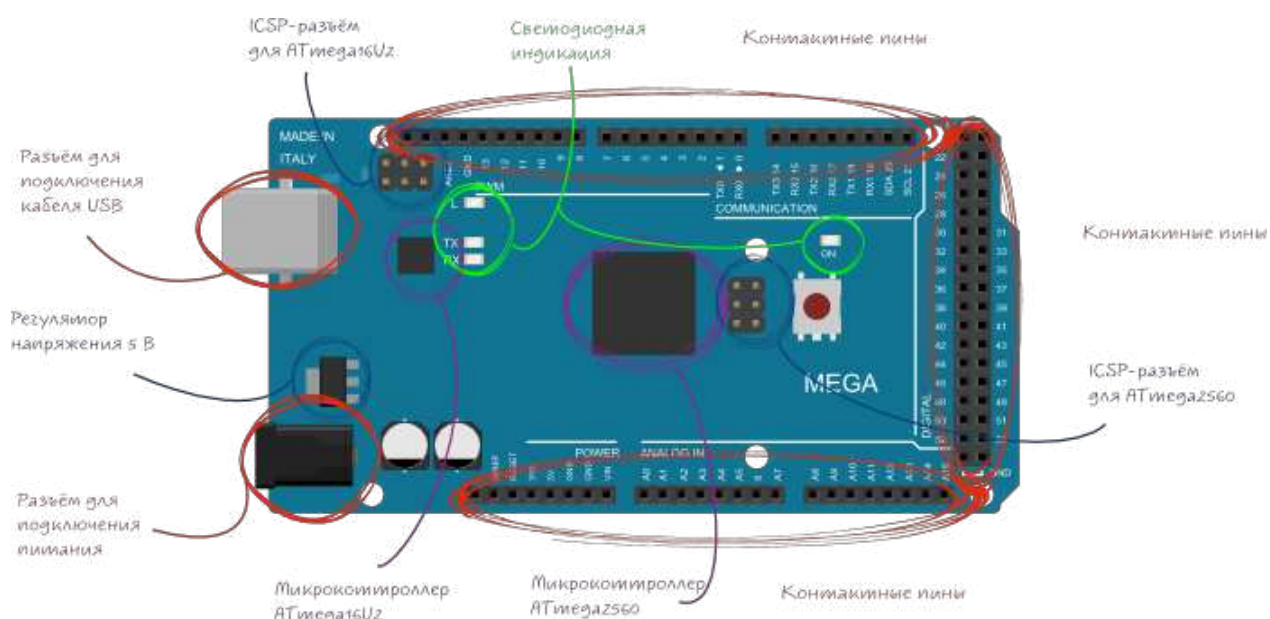


Рисунок 3.9 – Элементы платы

Сердцем платформы Arduino Mega 2560 является 8-битный микроконтроллер семейства AVR — ATmega2560. Он предоставляет 256 КБ флеш-памяти для хранения прошивки, 8 КБ оперативной памяти SRAM и 4 КБ энергонезависимой памяти EEPROM для хранения данных, описанных в [10].

					Лист
					44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

Порты ввода/вывода:

- цифровые входы/выходы: пины 0–53;
- логический уровень единицы — 5 В, нуля — 0 В;
- ШИМ: пины 2–13 и 44–46;
- АЦП: пины А0–А16;
- TWI/I²C: пины 20(SDA) и 21(SCL);
- SPI: пины 50(MISO), 51(MOSI), 52(SCK) и 53(SS);
- UART: Serial: пины 0(RX) и 1(TX); Serial1: пины 19(RX) и 18(TX).

Эти выводы используются для получения (RX) и передачи (TX) данных по последовательному интерфейсу. Выводы 0(RX) и 1(TX) соединены с соответствующими выводами микросхемы ATmega16U2, выполняющей роль преобразователя USB-UART.

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

MEGA PINOUT

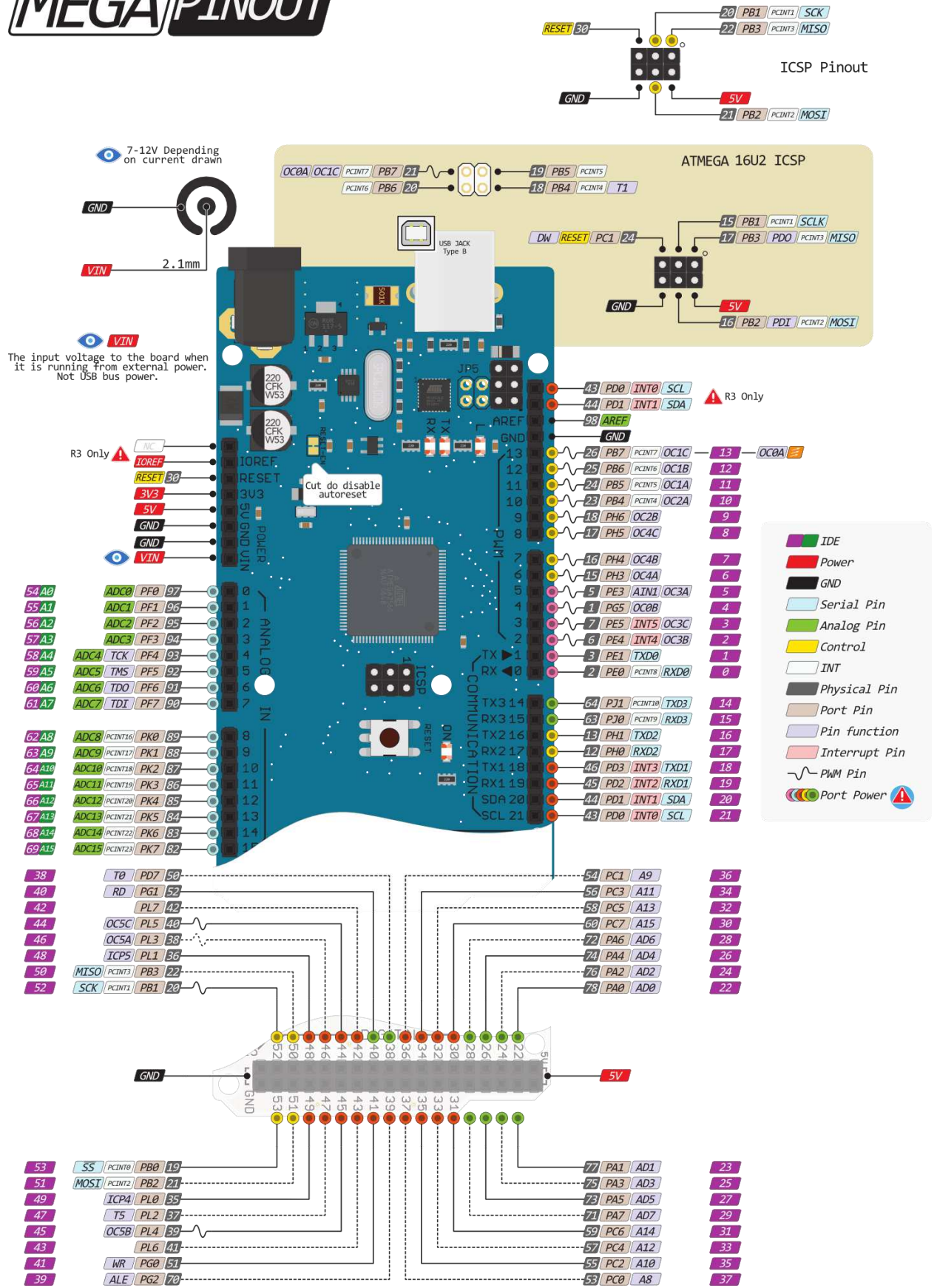


Рисунок 3.10 – Распиновка платы

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

БР – 15.03.06 ПЗ

Лист

46

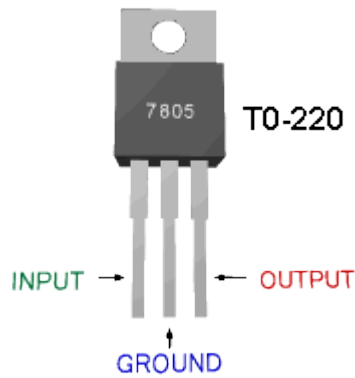


Рисунок 3.11 – Линейный стабилизатор напряжения L7805

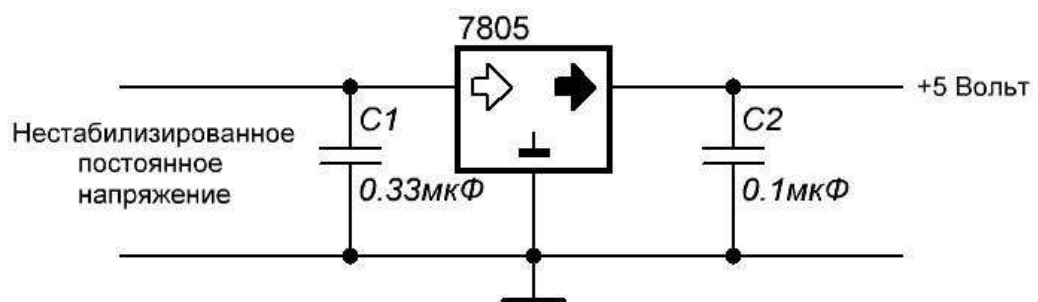


Рисунок 3.12 – Схема подключения стабилизатора

3.7 Блок питания

Для питания мобильного робота на начальном этапе используем блок питания «AC/DC adapter 12V 5A».

Таблица 3.5 – Характеристики блока питания

Характеристики	Значение
Входное напряжение	AC 100-240 В
Выходное напряжение	DC 12 В
Выходной ток	5 А
Рабочая температура	0 ~ 40 С
Встроенная защита от перенапряжения, сверхтока и короткого замыкания	

3.8 Оптический энкодер FC-03

Воспринимающий элемент модуля – оптическая пара ITR9608. В одном выступе корпуса расположен инфракрасный светодиод, направленный на фототранзистор находящийся в другом выступе. Если в щель между выступами внести непрозрачную пластину, то ИК излучение от светодиода перекрывается и фототранзистор закрывается. Такой компонент иногда называют фотопрерывателем, но он только фиксирует прерывание светового потока. Как показано на схеме с эмиттера транзистора сигнал поступает в схему прибора.

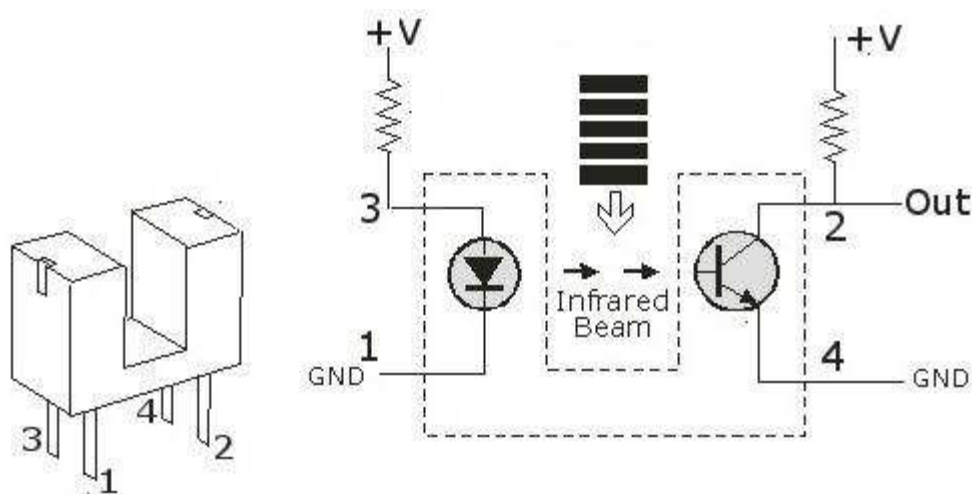


Рисунок 3.14 – Схема работы датчика скорости вращения

Свет преграждает пластина, закрепленная на подвижной части контролируемого механизма. С помощью датчика определяют перемещение в крайние положения двигающейся плоскости, когда связанный с ней элемент конструкции входит в датчик. Измеряют параметры вращения различных механических деталей. Так происходит преобразование механических параметров в электрические величины и далее в программные значения.

Датчик скорости вращения FC-03 используется для измерения частоты вращения. Определить с его помощью направление вращения нельзя. На валу двигателя или шестерни редуктора устанавливается диск с отверстиями. Оптопара модуля имеет прорезь шириной 5 мм. При вращении диска, как

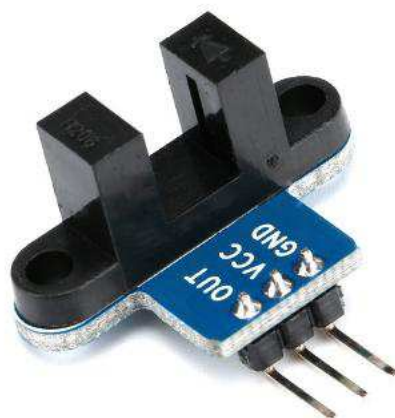


Рисунок 3.16 – Оптический датчик скорости

Контакты промаркированы на плате:

- VCC – питание;
- GND – общий провод, отрицательный полюс питания;
- DO – выход импульсного сигнала.

3.9 Wi-fi модуль NodeMCU LUA R2

NodeMcu – платформа на основе ESP8266 для создания различных устройств IoT. Модуль умеет отправлять и получать информацию в локальную сеть либо в интернет при помощи Wi-Fi. Недорогой модуль часто используется для создания систем умного дома или роботов Arduino, управляемых на расстоянии.

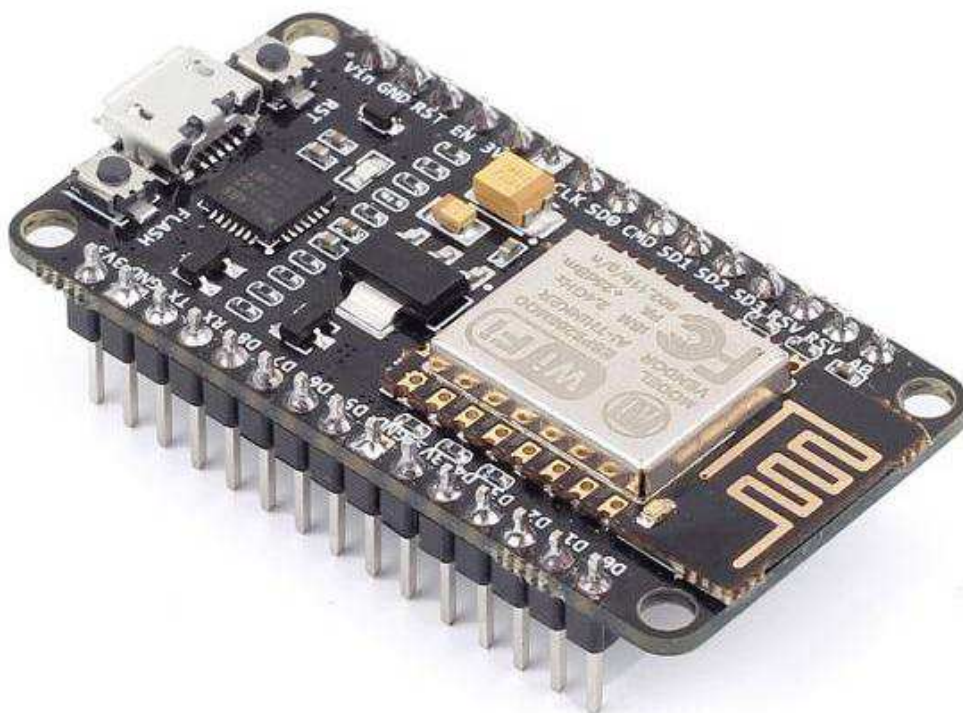


Рисунок 3.17 – Внешний вид модуля

Технические характеристики модуля:

- поддерживает Wi-Fi протокол 802.11 b/g/n;
- поддерживаемые режимы Wi-Fi – точка доступа, клиент;
- входное напряжение 3,7В – 20 В;
- рабочее напряжение 3В-3,6В;
- максимальный ток 220мА;
- встроенный стек TCP/IP;
- диапазон рабочих температур от -40С до 125С;
- 80 МГц, 32-битный процессор;
- время пробуждения и отправки пакетов 22мс;
- встроенные TR переключатель и PLL;
- наличие усилителей мощности, регуляторов, систем управления питанием.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

3.10. Акселерометр и гироскоп MPU6050

Гироскоп представляет собой устройство, реагирующее на изменение углов ориентации контролируемого тела. В классическом представлении это какой-то инерционный предмет, который быстро вращается на подвесах. Как результат, вращающийся предмет всегда будет сохранять свое направление, а по положению подвесов можно определить угол отклонения.

Акселерометр - это устройство, которое измеряет проекцию кажущегося ускорения, то есть разницы между истинным ускорением объекта и гравитационным ускорением. На простом примере такая система представляет собой некоторую массу, закрепленную на подвесе, обладающим упругостью (пружина для хорошего примера). Так вот если такую систему повернуть под каким-то углом, или бросить, или предать линейное ускорение, то упругий подвес отреагирует на движение под действием массы и отклонится и вот по этому отклонению определяется ускорение. Таким образом, гироскоп реагирует на изменение в пространстве независимо от направления движения, с помощью акселерометра же может измерять линейные ускорения предмета, а также и искусственно рассчитываемое расположение предмета в пространстве. Каждое устройство имеет свои достоинства и недостатки.

Микросхема MPU6050 содержит на борту как акселерометр, так и гироскоп, а помимо этого еще и температурный сенсор. MPU6050 является главным элементом модуля GY-531. Помимо этой микросхемы на плате модуля расположена необходимая обвязка MPU6050, в том числе подтягивающие резисторы интерфейса I²C, а также стабилизатор напряжения на 3,3 вольта с малым падением напряжения (при питании уже в 3,3 вольта на выходе стабилизатора будет 3 ровно вольта) с фильтрующими конденсаторами. Ну и бонусом на плате распаян SMD светодиод с ограничивающим резистором как индикатор питающего напряжения. Размер платы модуля GY-521 10 x 20 мм.

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

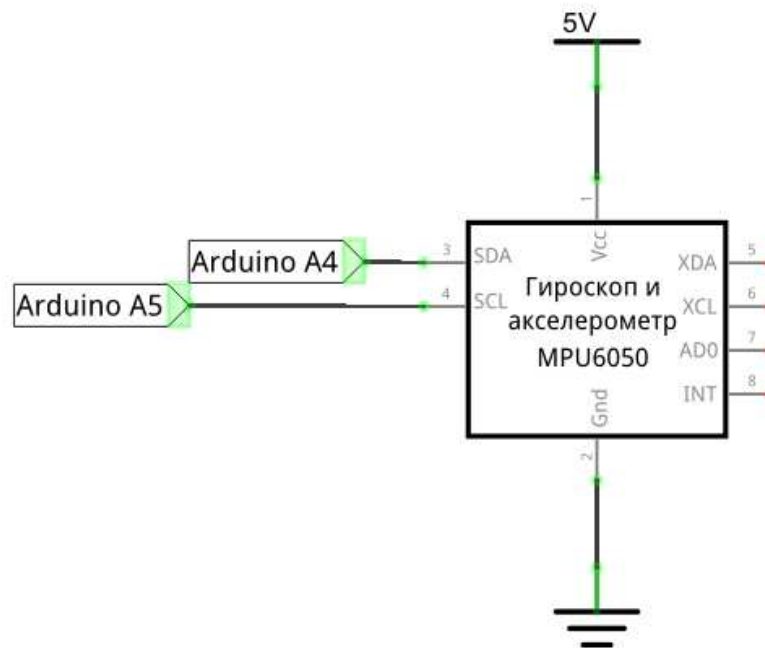


Рисунок 3.20 – Схема подключения к Ардуино

Характеристики MPU6050:

- напряжения питания 2,375 - 3,46 вольт;
- потребляемый ток до 4 мА;
- интерфейс передачи данных - I2C;
- максимальная скорость I2C - 400 кГц;
- вход для других датчиков I2C;
- внутренний генератор на 8 МГц (вне модуля возможность подключить внешний кварцевый резонатор на 32,768 кГц или 19,2 МГц).

Функции MPU6050:

- трех осевой MEMS гироскоп с 16 битным АЦП;
- трех осевой MEMS акселерометр с 16 битным АЦП;
- digital Motion Processor (DMP);
- slave I²C для подключения к микроконтроллеру;

- master I²C для подключения к микросхеме дополнительного датчика;
- регистры данных датчиков;
- FIFO;
- прерывания;
- температурный сенсор;
- самопроверка гироскопа и акселерометра;
- регистр идентификации устройства.

3.11 Выводы по разделу

В разделе были описаны все элементы, которые использовались при изготовлении интеллектуального мобильного робота. На рис.3.21 изображен собранный мобильный робот.

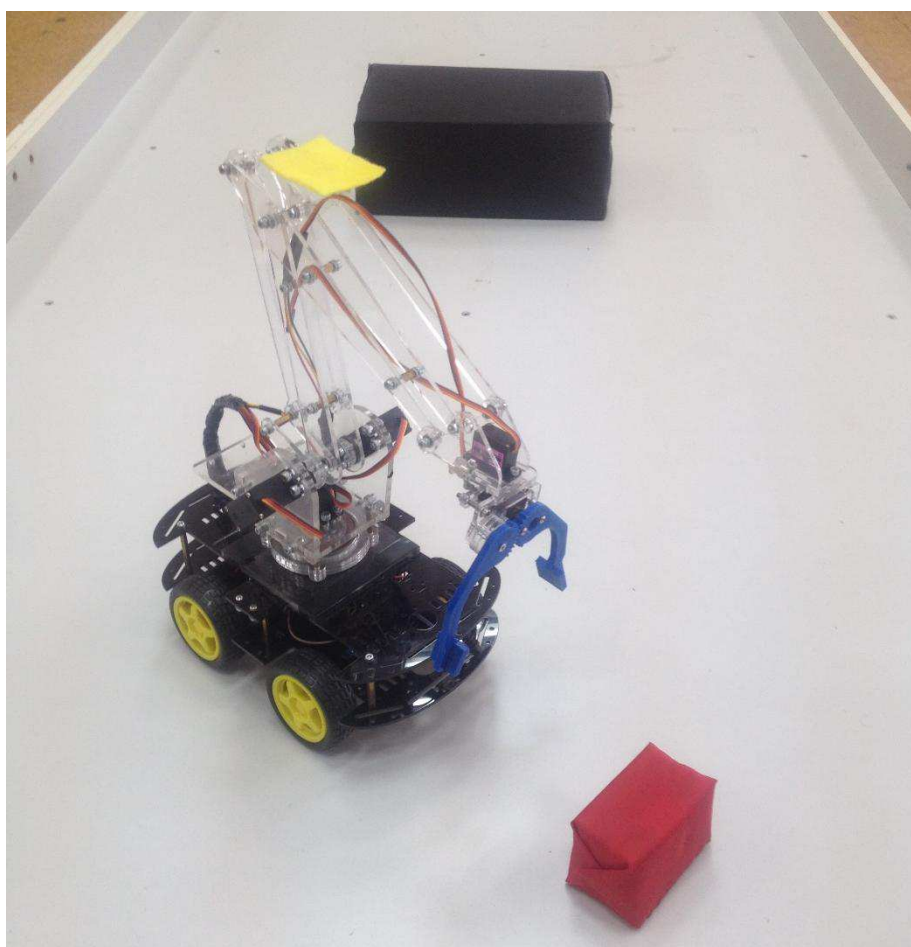


Рисунок 3.21 – Мобильный манипуляционный робот

4 Система управления интеллектуальным мобильным манипуляционным роботом

В данном проекте разработана интеллектуальная СУ, способная формировать программу действий робота в соответствии с поставленными общими целями и задачами в условиях неопределенности параметров выполняемой работы и окружающей обстановки, т.е. решать интеллектуальные задачи посредством получения, запоминания и целенаправленного преобразования информации в процессе обучения и выполнения действий, а также адаптации к изменяющимся условиям внешней среды.

4.1 Общая схема архитектуры

Система управления роботом предназначена для обеспечения совместной работы всех подсистем и компонентов робота с целью перемещения рабочего органа в заданную точку или выполнения движений по заданной траектории. Робот как объект управления представляет собой сложную систему, состоящую из многозвенной механической конструкции, микропроцессорного устройства управления, информационно-измерительных устройств. Задача управления роботом заключается в формировании управляющих воздействий для исполнительных приводов каждой степени подвижности. При управлении роботами и РТК различают исполнительный, тактический, стратегический уровни управления.

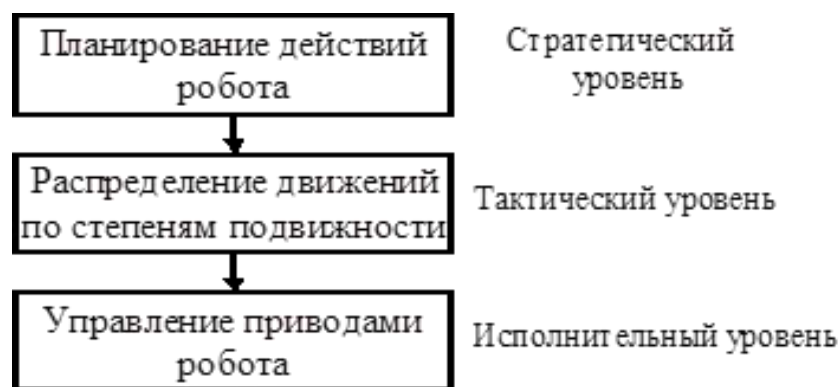


Рисунок 4.1 – Уровни управления

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

Исполнительный уровень реализует управление приводами по отдельным степеням подвижности и определяет динамические и точностные свойства манипуляционной системы.

Тактический уровень обеспечивает планирование элементарных движений рабочих органов, их разделение на согласованные перемещения следящих приводов каждой из степеней подвижности и формирования управляющих воздействий для исполнительного органа. Тактический и исполнительный уровни управления должны обладать набором алгоритмов, позволяющим выполнять работу элементарные движения.

Стратегический уровень управления определяет последовательность командных движений рабочего органа в соответствии с целью управления и осуществляет коррекцию программы управления с учетом информации о внешней среде.

4.2 Схема подключения питания для всех элементов

Для питания основных элементов мобильного робота используется блок питания на 12 вольт. Это противоречит определению мобильного робота, он должен быть не привязан к проводам, а быть полностью автономным. Но в связи с бюджетом проекта, на этапе разработки было принято решение использовать блок питания.

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

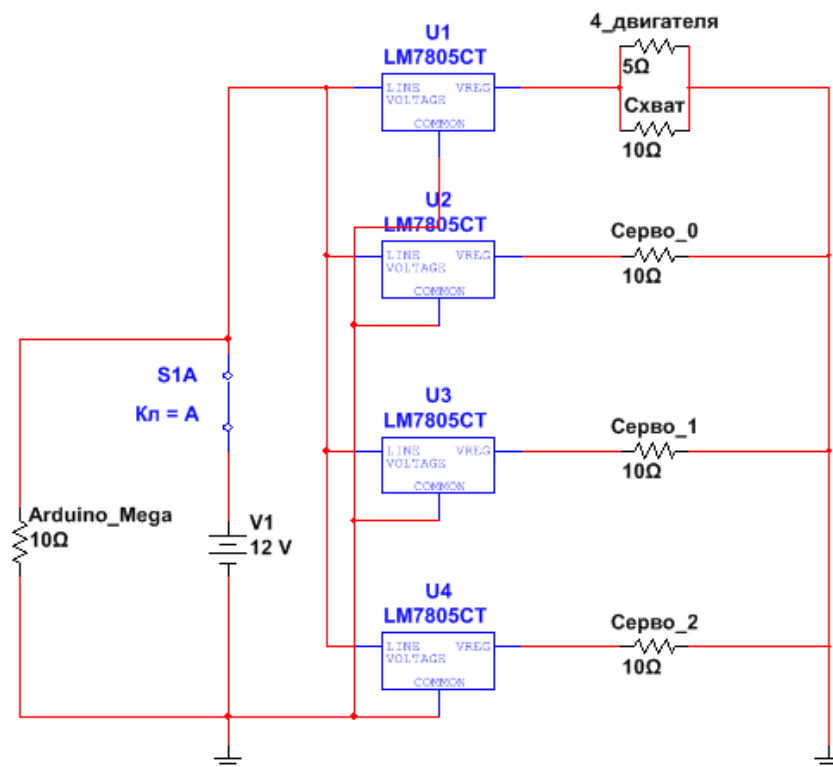


Рисунок 4.2 – Схема питания элементов мобильного робота

Штекер от блока питания подключен в гнездо 2,1 мм, далее установлена кнопка, отвечающая за подачу питания на стабилизаторы. На схеме установлены 4 стабилизатора напряжения L7805 на 5 вольт.

Расчет потребления тока для всех элементов (для расчета принимаем средние значения потребления тока):

- приводная система: 4 мотор-мотор редуктора с средним потреблением тока 150мА, следовательно, понадобится 600мА;
- сервопривод MG996R: в работе 3 таких элемента, со средним потреблением 700мА, следовательно, понадобится 2.1А;
- сервопривод MG90S: предназначен для схвата со средним потреблением тока 400мА.

Если установить один стабилизатор, тока не хватает для нормального функционирования всех элементов (1.5 А – максимальная сила тока, которую выдает стабилизатор), поэтому целесообразно установить параллельно 4 стабилизатора, и распределить нагрузку равномерно.

На каждый стабилизатор дополнительно установлен радиатор, для увеличения выходных характеристик и защите от перегрева и выхода из строя элементов.

4.3 Схема управления каждым элементом

На рис. 4.3 показано только подключение управляющего сигнала, а питание реализовано в разделе выше. Сервоприводы подключены к входам 10,11,12,13, которые позволяют выводить 8-битные аналоговые значения в виде ШИМ-сигнала.

Мотор-редукторы разделены на правую ось и левую. Два мотора подключаются к одной стороне канала драйвера L293D, и два с другой стороны. Выходы с микросхемы это: IN1, IN2, IN3, IN4, EN1, EN2.

Для беспроводной передачи данных используется wi-fi модуль, подключенный к TX3, RX3.

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

генератор импульсов производит свой импульс, длительность которого определяется через потенциометр. Другая часть схемы сравнивает длительность двух импульсов. Если длительность разная, включается электромотор. Направление вращения определяется тем, какой из импульсов короче. Если длины импульсов равны, электромотор останавливается.

Чаще всего в хобби-сервах импульсы производятся с частотой 50 Гц. Это значит, что импульс испускается и принимается раз в 20 мс. Обычно при этом длительность импульса в 1520 мкс означает, что сервопривод должен занять среднее положение. Увеличение или уменьшение длины импульса заставит сервопривод повернуться по часовой или против часовой стрелки соответственно. При этом существуют верхняя и нижняя границы длительности импульса. В библиотеке Servo для Arduino по умолчанию выставлены следующие значения длин импульса: 544 мкс — для 0° и 2400 мкс — для 180°.

Также стоит отметить, что это всего лишь общепринятые длины. Даже в рамках одной и той же модели сервопривода может существовать погрешность, допускаемая при производстве, которая приводит к тому, что рабочий диапазон длин импульсов немного отличается. Для точной работы каждый конкретный сервопривод должен быть откалиброван: путём экспериментов необходимо подобрать корректный диапазон, характерный именно для него.

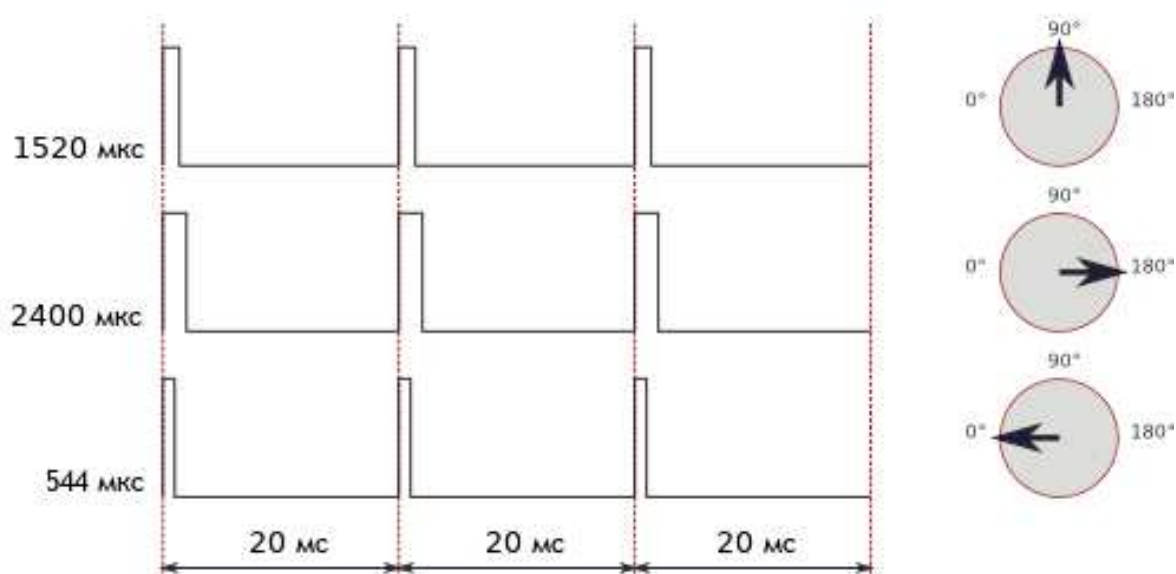


Рисунок 4.4 – Управление сервоприводом. Формы управляющих сигналов

4.5 Принципы управления моторами постоянного тока

Управление двигателем постоянного тока проще всего организовать с помощью ШИМ - регулятора. ШИМ - это широтно-импульсная модуляция, в английском языке это называется PWM — Pulse Width Modulation.

Широтно-импульсно модулированный сигнал – это импульсный сигнал постоянной частоты, но переменной скважности (соотношение длительности импульса и периода его следования). Из-за того, что большинство физических процессов в природе имеют инерцию, то резкие перепады напряжения от 1 к 0 будут сглаживаться, принимая некоторое среднее значение. С помощью задания скважности можно менять среднее напряжение на выходе ШИМ.

Если скважность равняется 100%, то всё время на цифровом выходе Arduino будет напряжение логическая "1" или 5 вольт. Если задать скважность 50%, то половину времени на выходе будет логическая "1", а половину – логический "0", и среднее напряжение будет равняться 2,5 вольтам. Ну и так далее.

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

необходимо выбирать одну из двух. Из вышесказанного следует, что для поворота нам надо подать логическую единицу на вывод INPUT1, а на INPUT2 подать логический ноль. Для смены направления поменять местами INPUT1 "0", INPUT2 "1".

При подаче одинаковых логов мотор вращаться не будет, следовательно, вращение можно остановить либо подачей логического нуля на вывод ENABLE1, при любой конфигурации IN1 и IN2, либо одинаковыми логиками на IN1 и IN2, не изменяя конфигурации вывода EN1 (данный вариант мы и рассмотрим ниже).

4.6 Протокол TCP/IP для обмена данными с wi-fi модулем

Управляющие команды, составленные в среде матлаб необходимо отправить на сервер, установленный на wi-fi модуле. Передача данных осуществляется по протоколу TCP/IP.

TCP — Transfer Control Protocol. Протокол управления передачей. Он служит для обеспечения и установление надежного соединения между двумя устройствами и надежную передачу данных. При этом протокол TCP контролирует оптимальный размер передаваемого пакета данных, осуществляя новую посылку при сбое передачи.

IP — Internet Protocol. Интернет протокол или адресный протокол — основа всей архитектуры передачи данных. Протокол IP служит для доставки сетевого пакета данных по нужному адресу. При этом информация разбивается на пакеты, которые независимо передвигаются по сети до нужного адресата.

Схема передачи данных по протоколу TCP-IP.

1. Протокол TCP разбивает весь объем данных на пакеты и нумерует их, упаковывая в TCP-конверты, что позволяет восстановить порядок получения

частей информации. При помещении данных в такой конверт происходит вычисление контрольной суммы, которая записывается потом в ТСР-заголовок.

2. Далее посредством протокола IP все пакеты передаются непосредственно получателю.

3. Затем с помощью протокола ТСР происходит проверка того, все ли пакеты получены. Если во время приема вычисленная заново контрольная сумма не совпадает с указанной на конверте, это свидетельствует о том, что часть информации была утеряна или искажена при передаче, протокол ТСР-IP заново запрашивает пересылку этого пакета. Также требуется подтверждение прихода данных от получателя.

4. После подтверждения получения всех пакетов протокол ТСР упорядочивает их соответствующим образом и собирает заново в единое целое. Протоколом ТСР используются повторные передачи данных, периоды ожидания (или таймауты), что обеспечивает надежность доставки информации. Пакеты могут передаваться в двух направлениях одновременно.

4.7 Интерфейс I²C для обмена данными гироскопа и микроконтроллера

I²C (ИС, англ. Inter-Integrated Circuit) — последовательная асимметричная шина для связи между интегральными схемами внутри электронных приборов. Использует две двунаправленные линии связи (SDA и SCL), применяется для соединения низкоскоростных периферийных компонентов с процессорами и микроконтроллерами.

Данные передаются по двум проводам — проводу данных и проводу тактов. Есть ведущий (master) и ведомый (slave), такты генерирует master, ведомый лишь «поддакивает» при приёме байта. Всего на одной двухпроводной шине может быть до 127 устройств.

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

Этот алгоритм можно разделить на 2 этапа: управление приводной системой колес для перемещения робота в заданную точку, управление сервоприводами для перемещения рабочего органа в заданную точку.

4.9 Ручное управление мобильным роботом

Ручное управление необходимо каждому роботизированному устройству. В этом разделе описан принцип действия ручного управления.

Запустив файл `armonited1.m` откроется окно, в котором есть кнопка «Подключение к серверу». Нажав эту кнопку, программа подключается к серверу мобильного робота, и открывается изображение с камеры на весь экран. По видео можно отслеживать перемещение робота и выполнять различные команды.

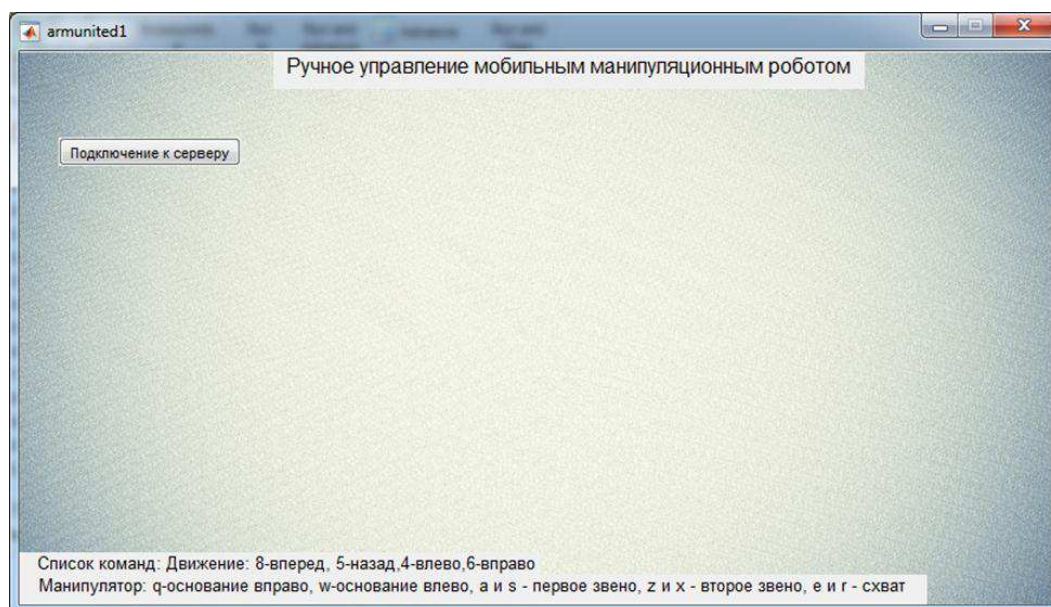


Рисунок 4.7 – Стартовое окно ручного управления



Рисунок 4.8 – Окно при нажатии кнопки «Подключение к серверу»

Данные по беспроводной сети отправляются роботу, и он моментально исполняет команды.

Команды:

- движение вперед;
- движение назад;
- поворот направо;
- поворот налево;
- перемещение основания манипулятора влево;
- перемещение основания манипулятора вправо;
- перемещение звена 1 вниз;
- перемещение звена 1 вверх;
- перемещение звена 2 вниз;
- перемещение звена 2 вверх;
- зажим схватом;
- разжим схватом.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

5 Управление мобильным роботом в среде с препятствиями

Комплекс команд может использоваться для перемещения робота в сложных средах. Для этого робот чередует выполнение программ различных направлений – движение прямо, повороты и т. п. В данном разделе описана последовательность действий для получения списка движений робота в среде с препятствиями, следование которому приведёт робота к заданному месторасположению.

Обработка изображений производится в библиотеке Matlab – Image Processing Toolbox. Пакет инструментов предоставляет обширный набор эталонных алгоритмов и графических инструментов для обработки, анализа, визуализации изображений и разработки алгоритмов. Он позволяет осуществлять улучшение качества изображения, устранение размытости изображения, выделение особенностей, шумоподавление, сегментацию изображения, геометрические трансформации, совмещение изображений. Многие функции набора поддерживают многопоточное выполнение современных многоядерных и многопроцессорных компьютеров.

5.1 Постановка задачи

Задача управления мобильным роботом в среде с препятствиями формулируется следующим образом: составить список команд управления роботом, который обеспечивает его перемещение к заданной цели при наличии цифрового изображения рабочей зоны робота при её виде сверху (пример показан на рисунке 5.1) и значения масштаба изображения.

Решение задачи состоит из следующих этапов:

- 1) получение снимка с камеры;
- 2) выделение основных цветов на фоне белого пола;
- 3) уменьшение объема матрицы и поиск начальной и конечной координаты и препятствий;

						БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			70

- 4) аппроксимация препятствия прямоугольниками;
- 5) заполнение матрицы с помощью волнового алгоритма Ли;
- 6) поиск кратчайшего пути;
- 7) решение обратной задачи кинематики;
- 8) формирование списка управляющих команд управления роботом.

5.2 Получение снимка с камеры

На расстоянии 3.5 м от пола установлена веб-камера Sven IC-975 HD. Камера подключена к ПК через USB 2.0 и передает данные в пакет матлаб для использования веб-камер.

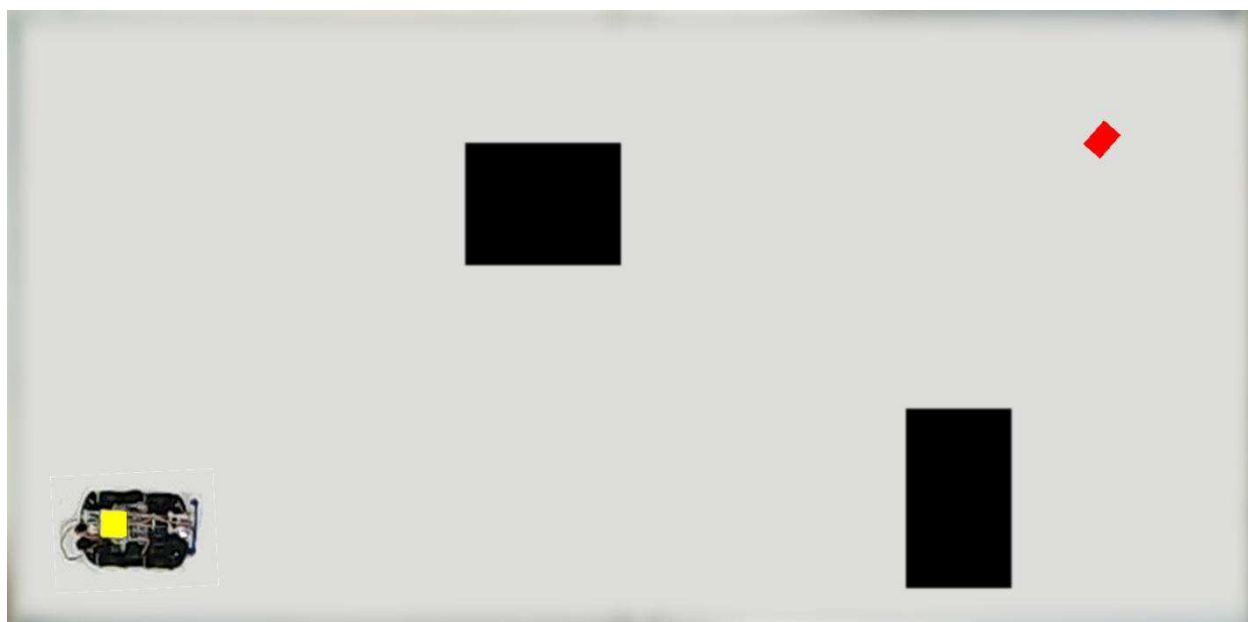


Рисунок 5.1 – Рабочая зона робота

5.2.1 Выделение основных цветов

Как можно увидеть на рисунке 5.1 есть четыре основных цвета: желтый, черный, красный и цвет покрытия пола.

Сейчас изображение равно матрице $700 \times 1420 \times 3$. Каждая ячейка состоит из трех значений от 0 до 255. Это аддитивная цветовая модель RGB. Применим функцию `rgb2ind`, которая создает палитровое изображение X из полноцветного RGB, составляя палитру `map` из всех уникальных цветов, представленных в исходном изображении.



Рисунок 5.2 – Индекс конечной точки

После применения этой функции составляем матрицу из элементов: 0,1,2,-1. 0 – это свободная проходимая ячейка; 2 – это начальное положение робота; 1 – положение объекта для манипулирования.

5.2.2 Уменьшение объема матрицы и поиск начальной и конечной координаты и препятствий.

Сейчас изображение равно матрице 700×1420 . Но это большой объем информации, можно уменьшить изображение в 10 раз, разбив на прямоугольники.

Применяя функцию «`mat2cell`», задав нужные параметры, получаем матрицу 70×142 .

Поиск координат происходит по поиску индекса цвета в матрице.

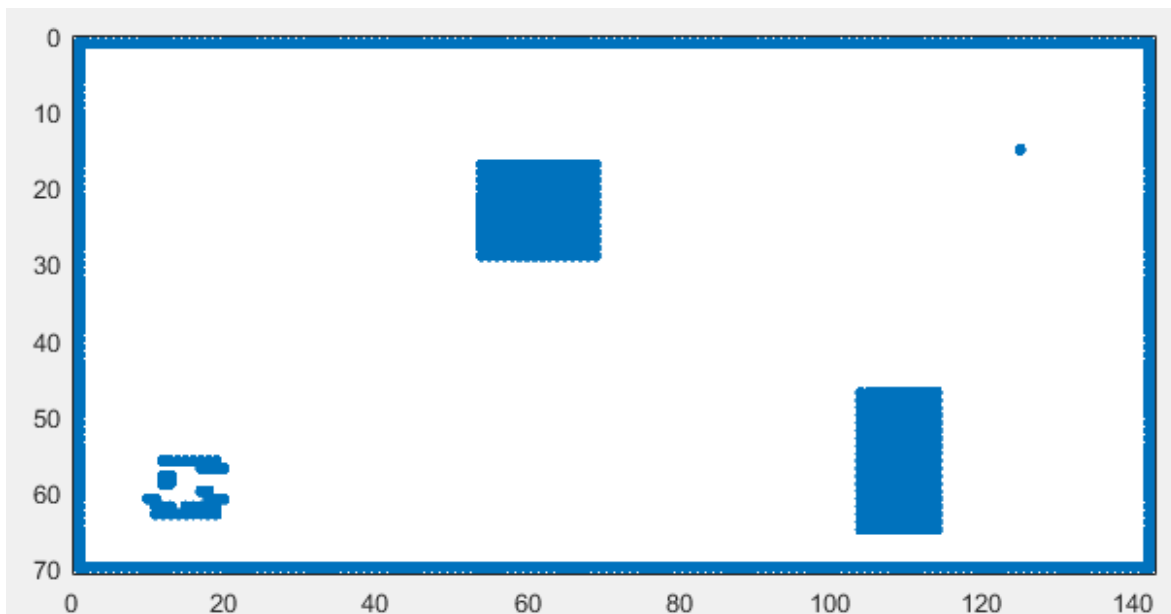


Рисунок 5.3 – Матрица после преобразований

Как видно из рисунка 5.3 начальное положение робота определяется еще и другими значениями, так как мобильный робот имеет окрас черного цвета. Программа решает, что начальное положение окружено препятствиями, и пути нет. Поэтому нужно все элементы вокруг приравнять к индексу покрытия.

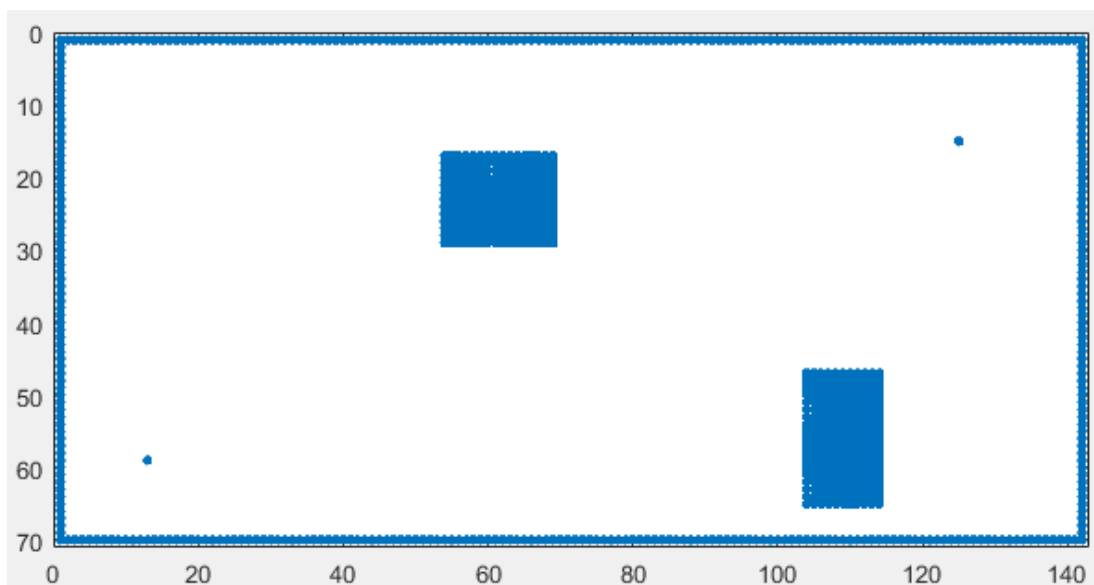


Рисунок 5.4 – Готовая матрица с начальной и конечной координатой в среде с препятствиями

5.2.3 Аппроксимация препятствия прямоугольниками

Этот этап необходим для того, чтобы был запас хода у робота вблизи препятствий. Робот начинает поворот только когда встретился с препятствием, но на практике было выявлено, что пространства не хватает для поворота, и если робот будет понимать, что препятствие находится немного ближе, то он заранее начнет выполнять поворот.

Алгоритм работы:

- 1) перебираем массив изображения A по строкам и столбцам. При $A(i,j) = -1$ запоминаем индекс первого элемента;
- 2) по шагу спускаемся вниз и считаем количество $A(i,j) = -1$ пока $A(i,j)$ не станет равно 0;
- 3) по шагу двигаемся вправо и считаем количество $A(i,j) = -1$ пока $A(i,j)$ не станет равно 0;
- 4) запоминаем индексы начальной точки и конечной точки по диагонали в «nash1» и «kon1»;
- 5) создаем цикл увеличивая размеры препятствий;
- 6) если больше нет препятствий, то продолжается выполнение программы, если есть, переход к (1), но цикл начинается с «nash1» и «kon1».

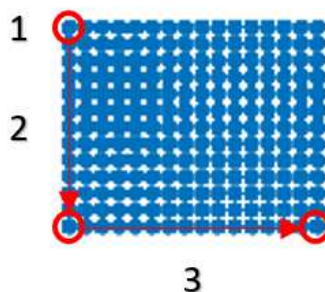


Рисунок 5.5 – Алгоритм увеличения препятствия

9. Если $A((indstart(1)-h)-i, indstart(2)+j) = 0$, то этой ячейке присваиваем $i+j+h$. Где h – это переменная из цикла от 1 до вертикального размера поля. (шаг вправо и вверх).
10. Если $A((indstart(1)+h)-i, indstart(2)+j) = 0$, то этой ячейке присваиваем $i+j+h$. (шаг вправо и вниз).
11. Если ячейка равна -1, то выходим из цикла по h , и продолжаем распространение далее.

На рисунке 5.7 можно наглядно увидеть этапы распространения волны. Где 1 – шаг вправо и сразу идут 2 и 3 – вверх и вниз волны. Аналогично это работает и в другую сторону от стартовой точки.

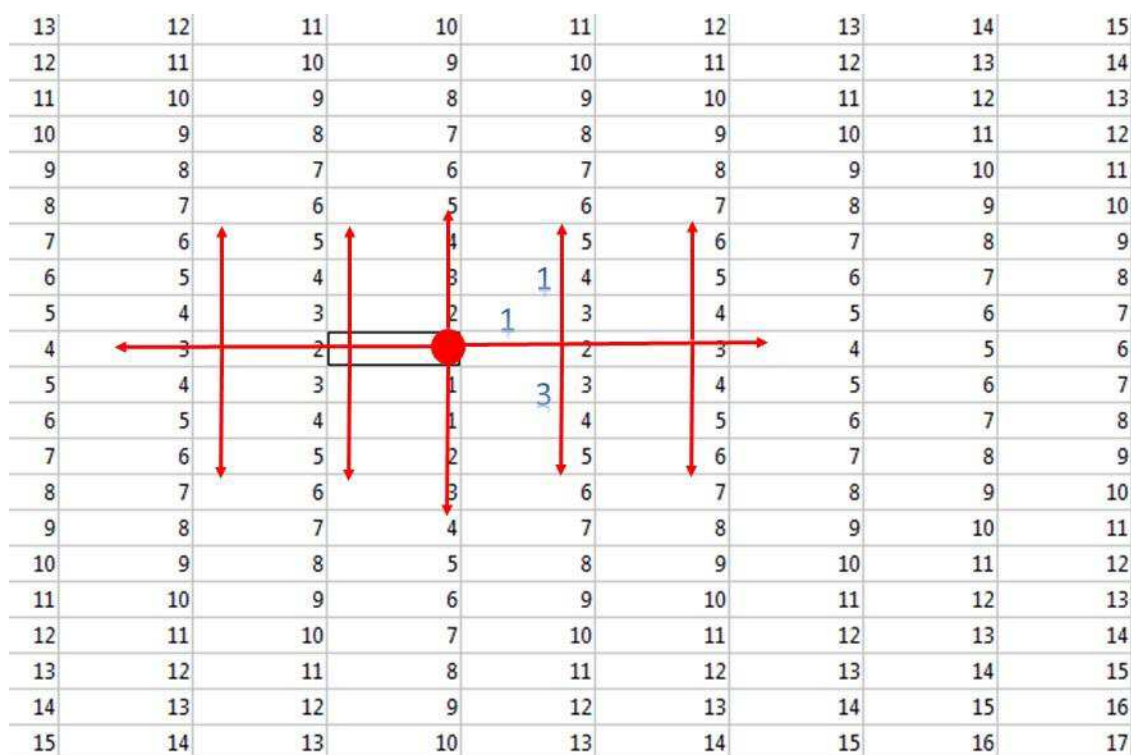


Рисунок 5.7 – Массив А при распространении волны

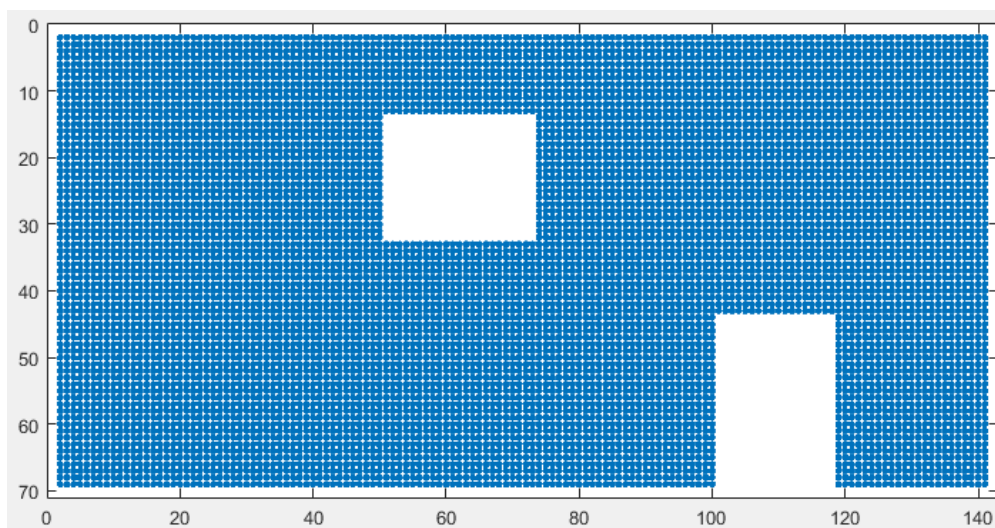


Рисунок 5.8 – Этап, когда волна полностью заполнила массив, огибая препятствия

Алгоритм поиска пути в массиве А. Построение трассы ведется от конечной к начальной координате.

1. Присваиваем переменным X и Y значения координат стартовой позиции.
2. В окрестности позиции A(X,Y) ищем элемент с наименьшим значением. Т.е просматриваем значения с 4-х сторон. (a,b,c,d).
3. Записываем значения в массив D=[a b c d].
4. Находим наименьшее значение.
5. Если ячейка равна 0 или -1, то присваиваем ей значение 999, чтобы это число не оказалось наименьшим.
6. Делаем шаг в сторону наименьшего значения, и сохраняем координаты ячеек в массив. Так же для наглядности присваиваем этой ячейке 0.
7. Если число итераций больше 800, то происходит выход из подпрограммы, так как путь проложить оказалось невозможно.

Алгоритм.

1. Имея матрицу с индексами перемещений определяем направление движения (вверх, вниз, вправо, влево). Если текущий индекс ячейки равен следующему, то записываем значение в новую матрицу way:
 - А) Индекс 8 – если движение вверх;
 - Б) индекс 5 – если движение вниз;
 - В) индекс 4 – если движение влево;
 - Г) индекс 6 – если движение вправо.
2. Находим точки поворотов перебирая все значения матрицы way. Если элемент текущий не равен следующему, то, следовательно, произошел поворот. Вычитаем из текущего значение следующие в точке прерывания последовательности и получаем одно из 4-х значений, и делаем вывод в какую сторону произошел поворот.
3. Записываем значения для управляющих команд в матрицу В. Например: [153 4 67 6 52 4 27]. Это говорит о том, что движение прямо 153 ячейки, поворот налево, движение прямо 67 ячеек, и так далее.
4. Так как количество ячеек не равно расстоянию на полу, находим коэффициент для импульсов энкодера практическим путем, методом проб и ошибок. $K = 1.1$.

5.4 Решение обратной задачи кинематики манипулятора

Практический интерес имеет обратная задача кинематики (ОЗК), которая заключается в определении требуемых обобщенных координат q по заданному желаемому положению схвата. Очевидно, что эта задача не имеет однозначного решения, поскольку может существовать бесконечное множество комбинаций обобщенных координат q , обеспечивающих заданное положение схвата. Существуют различные методы решения обратной задачи кинематики, к числу которых относятся методы обратных преобразований, винтовой алгебры,

						БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			80

двойственных матриц, двойственных кватернионов, итераций геометрический подход.

Решение ОЗК происходит в пакете Matlab – Robotics Toobox при помощи функции *ikine*, основанной на представлении Денавита – Хартенберга.

Для описания вращательных и поступательных связей между соседними звеньями Денавит и Хартенберг предложили матричный метод последовательного построения систем координат, связанных с каждым звеном кинематической цепи. Смысл представления Денавита–Хартенберга (ДХ-представление) состоит в формировании однородной матрицы преобразования, имеющей размерность 4×4 и описывающей положение системы координат каждого звена относительно системы координат предыдущего звена. Это дает возможность последовательно преобразовать координаты схвата манипулятора из системы отсчета, связанной с последним звеном, в базовую систему отсчета, являющейся инерциальной системой координат для рассматриваемой динамической системы.

Каждая система координат формируется на основе следующих трех правил:

- 1) ось z_{i-1} направлена вдоль оси i -го сочленения;
- 2) ось x_i перпендикулярна оси z_{i-1} и направлена от нее;
- 3) ось y_i дополняет оси x_i, z_i до правой декартовой системы координат.

ДХ-представление твердых звеньев зависит от четырех геометрических параметров, соответствующих каждому звену. Эти четыре параметра полностью описывают любое вращательное или поступательное движение и определяются в соответствии с рис. 5.4 следующим образом:

Θ_i – присоединенный угол, на который надо повернуть ось x_{i-1} вокруг оси z_{i-1} , чтобы она стала сонаправлена с осью x_i (знак определяется в соответствии с правилом правой руки);

									Лист
									81
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

d_i - расстояние между пересечением оси z_{i-1} с осью x_i и началом $(i-1)$ -й системы координат, отсчитываемое вдоль оси z_{i-1} ;

a_i - линейное смещение – расстояние между пересечением оси z_{i-1} с осью x_i и началом i -й системы координат, отсчитываемое вдоль оси x_i , т. е. кратчайшее расстояние между осями z_{i-1} и z_i ;

α_i - угловое смещение - угол, на который надо повернуть ось z_{i-1} вокруг оси x_i , чтобы она стала сонаправленной с осью z_i (знак определяется в соответствии с правилом правой руки).

Для вращательных сочленений параметры d_i , a_i и α_i являются характеристиками сочленения, постоянными для данного типа робота. В то же время θ_i является переменной величиной, изменяющейся при движении (вращении) i -го звена относительно $(i-1)$ -го.

После построения ДХ-координат для всех звеньев можно построить однородные матрицы преобразования, связывающие i -ю и $(i-1)$ -ю системы координат:

$${}^{i-1}\mathbf{A}_i = \mathbf{T}_{z,d} \mathbf{T}_{z,\theta} \mathbf{T}_{x,\alpha} \mathbf{T}_{x,a} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos Q_i & -\sin Q_i & 0 & 0 \\ \sin Q_i & \cos Q_i & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & a_i \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \quad (5.1)$$

$$\times \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha_i & -\sin \alpha_i & 0 \\ 0 & \sin \alpha_i & \cos \alpha_i & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos Q_i & -\cos \alpha_i \sin Q_i & \sin \alpha_i \sin Q_i & a_i \cos Q_i \\ \sin Q_i & \cos \alpha_i \cos Q_i & -\sin \alpha_i \cos Q_i & a_i \sin Q_i \\ 0 & \sin \alpha_i & \cos \alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Преобразуя (5.1), найдем, что матрица, обратная к ${}^{i-1}A_i$, имеет вид:

$$[{}^{i-1}A_i]^{-1} = {}^iA_{i-1} = \begin{bmatrix} \cos \theta_i & \sin \theta_i & 0 & -a_i \\ -\cos \alpha_i \sin \theta_i & \cos \alpha_i \cos \theta_i & \sin \alpha_i & -d_i \sin \alpha_i \\ \sin \alpha_i \sin \theta_i & -\sin \alpha_i \cos \theta_i & \cos \alpha_i & -d_i \cos \alpha_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (5.2)$$

где α_i , a_i , d_i - константы, а θ_i - присоединенная переменная, если рассматриваемое сочленение – вращательное.

Используя матрицу ${}^{i-1}A_i$, можно связать однородные координаты \mathbf{p}_i точки \mathbf{p} относительно i -й системы координат (точка \mathbf{p} покоится в i -й системе координат) с односторонними координатами этой точки относительно $(i-1)$ -й системы отсчета, связанной с $(i-1)$ -м звеном. Эта связь устанавливается равенством:

$$\mathbf{p}_{i-1} = A_i \mathbf{p}_i^{i-1}, \quad (5.3)$$

где $\mathbf{p}_{i-1} = (x_{i-1}, y_{i-1}, z_{i-1}, 1)^T$ и $\mathbf{p}_i = (x_i, y_i, z_i, 1)^T$.

В `Robotics toolbox` создаем виртуальную модель, пропорциональную реальному объекту:

`L(1) = Link('d',0, 'a',4, 'alpha',-pi/2);`

`L(2) = Link('d',0, 'a',16, 'alpha',0);`

`L(3) = Link('d',0, 'a',20, 'alpha',0);`

`L(4) = Link('d',0, 'a',4, 'alpha',0);`

`L(5) = Link('d',0, 'a',0, 'alpha',0).`

Задаем начальное положение звеньев:

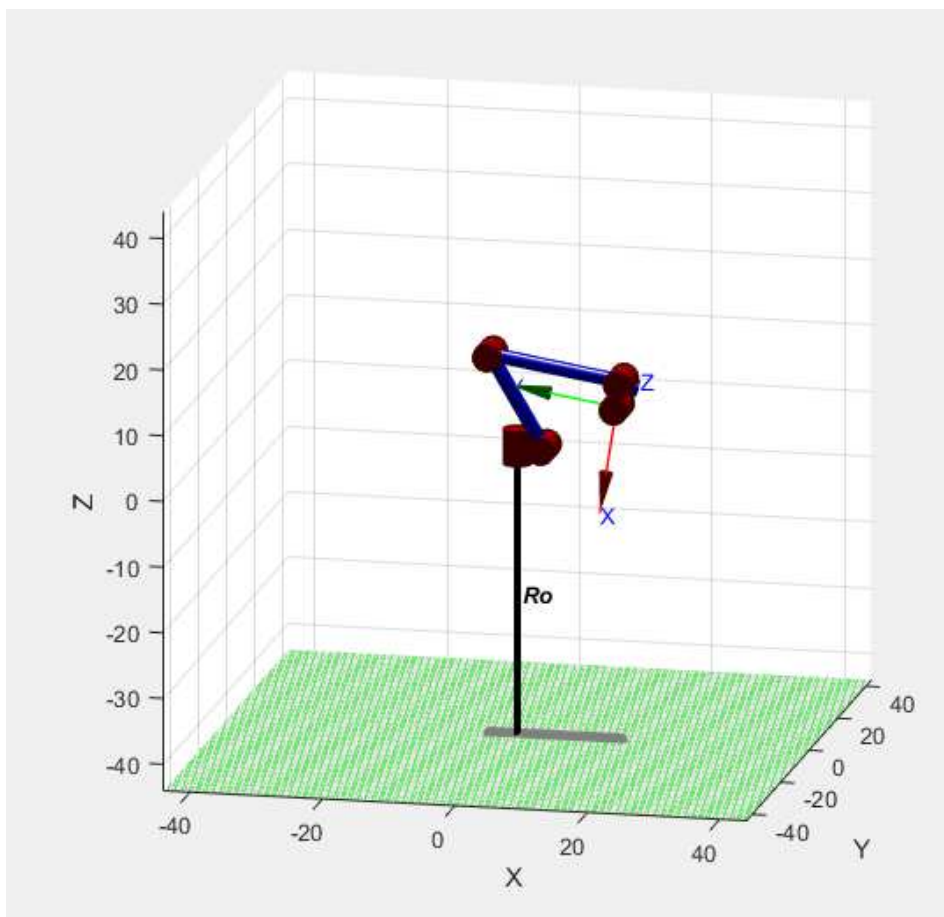


Рисунок 5.11 – Начальное положение звеньев

Используя функцию `ikine` найдем новое положение звеньев, зная координаты положения объекта.

Необходимо переместить схват в точку [21 – 11 -12].

6.1 Функция получения изображения с камеры

Программа захвата изображений с камеры находится в файле **myfun.m**. При запуске ей не нужно считывать файлы, потому что с этой функции начинается вся программа для управления роботом.

Чтобы использовать Image Acquisition Toolbox для захвата изображений, нужно реализовать шаги, описанные в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Шаги для захвата изображений

Шаг 1	Инсталляция и конфигурация устройств захвата изображений
Шаг 2	Получение информации, которая однозначно идентифицирует устройства захвата изображений в Image Acquisition Toolbox
Шаг 3	Создание исходных объектов видеопоследовательности
Шаг 4	Предварительный просмотр видеопоследовательности (необязательно)
Шаг 5	Формирование свойств объектов захваченного изображения (необязательно)
Шаг 6	Захват данных изображения
Шаг 7	Очистка данных

Далее рассмотрим каждый шаг более детально.

Шаг 1. Инсталляция устройства захвата изображений.

Для инсталляции устройства захвата изображений следует пользоваться инструкцией установки, которая содержит следующие типичные шаги:

- установка платы захвата изображений в компьютер;

- установка необходимых программных драйверов для данного устройства. Они поставляются вместе с устройством захвата изображений.
- подсоединение камеры к плате захвата изображений.
- проверка работы камеры, ее характеристик, запуск соответствующего программного обеспечения и просмотр полученной видеопоследовательности.

Типичные для Windows устройства захвата изображений, такие как web-камеры или портативные камеры не требуют установки платы захвата изображений. Эти устройства подключаются прямо к компьютеру через USB или FireWire-порт.

Шаг 2. Получение информации об устройствах захвата изображений.

На этом шаге необходимо выбрать камеру из доступных и по необходимости настроить ее характеристики.

Шаг 3. Создание исходных объектов видеопоследовательности.

На этом шаге создадим исходные объекты видеопоследовательности, которые используются приложением для представления связи между MATLAB и устройством захвата изображения. Используя свойства исходных объектов видеопоследовательности, можно контролировать много аспектов процесса захвата изображений.

Шаг 4. Предварительный просмотр видеопоследовательности (необязательно).

После создания исходных объектов видеопоследовательности, система MATLAB имеет доступ к устройствам захвата изображений и может подготавливать захваченные данные. Однако, сначала можно провести предварительный просмотр исходных объектов видеопоследовательности и убедиться в приемлемости результата. Например, можно изменить расположение камеры, изменить освещение, откорректировать фокус или сделать другие изменения в установках захвата изображения.

Шаг 5. Формирование свойств объектов захваченного изображения (необязательно).

После создания исходных объектов видеопоследовательности и предварительного просмотра потокового видео, существует возможность модификации характеристик изображения или других аспектов процесса захвата. Этого можно достичь, изменяя свойства объектов захвата изображений. В этом разделе приведено:

- описание типов объектов захвата изображений, которые используются в приложении;
- описание того, каким образом просматривать все характеристики этих объектов и их текущие значения;
- описание того, как устанавливать значения свойств объектов.

Шаг 6. Захват данных изображения.

После создания исходных объектов видеопоследовательности и формирования их свойств можно приступить к захвату данных. Типовые этапы захвата изображений следующие:

- 1) запуск видеопоследовательности;
- 2) запуск захвата;
- 3) передача данных в рабочее пространство MATLAB.

6.2 Функция подсчета количества шагов и направления мобильного робота

При поиске пути, программа запоминала индекс каждой пройденной ячейки в массивы S – значение строки и Sh – значение столбца. Далее представлен алгоритм подсчета количества шагов в матрице и направления.

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		89

Алгоритм.

1. Задаем цикл от 1 до длины массива $S-1$.
2. Если $Sh(i)$ равно $Sh(i+1)$ и $S(i)$ меньше $S(i+1)$, значит происходит движение вверх по матрице и i -ому элементу массива way присваиваем значение 8.
3. Если $Sh(i)$ равно $Sh(i+1)$ и $S(i)$ больше $S(i+1)$, значит происходит движение вниз по матрице и i -ому элементу массива way присваиваем значение 5.
4. Если $S(i)$ равно $S(i+1)$ и $Sh(i)$ меньше $Sh(i+1)$, значит происходит движение влево по матрице и i -ому элементу массива way присваиваем значение 4.
5. Если $S(i)$ равно $S(i+1)$ и $Sh(i)$ больше $Sh(i+1)$, значит происходит движение вправо по матрице и i -ому элементу массива way присваиваем значение 6.

Таким способом мы получили массив way с индексами, показывающими в какую сторону по матрице нужно двигаться роботу, чтобы достичь цели.

Количество шагов определяется длиной массива way .

6.3 Функция формирования управляющих команд и передача по беспроводной связи

После подсчета количества шагов необходимо найти точки поворотов для робота в реальном мире, а не в матрице, потому что робот не имеет команды «движение влево», он должен получить команду «поворот налево» и «движение прямо n -импульсов». Для реализации этой задачи ниже представлен алгоритм.

1. Задаем цикл от 1 до длины массива $way-1$.

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		90

2. Если $(way(i) \neq way(i+1))$ и $((way(i+1)) - (way(i)))$ равно -1 или -2 или 4), то это поворот направо и задаем индекс 6 в точке i . (Например: значение матрицы way следующие «6666655555» это говорит о том, что робот двигался вправо, затем поменял свое движение и продолжил движение вниз. Если из цифры 5 вычтем 6, получаем -1, что говорит о повороте направо.

3. Если $(way(i) \neq way(i+1))$ и $((way(i+1)) - (way(i)))$ равно 2 или -4 или 1), то это поворот налево и задаем индекс 4 в точке i .

Перейдем к составлению массива в котором содержится информация о количестве импульсов и поворотах.

Массив с данными выглядит следующим образом: $[n \ p \ n \ p \dots]$,

где n – число импульсов, умноженное на коэффициент 1.1, p – поворот направо или налево.

Теперь у нас есть управляющие команды, но может произойти такое, что число ненужных поворотов или движения будет неэффективным, т.е. число импульсов меньше 11 (на практике это 2 см). Отбрасываем эти значения и получаем массив $S1$ с готовыми к отправлению управляющими командами.

Алгоритм передачи данных на сервер.

1. Создание цикла по i от 1 до количества элементов в массиве $S1$.
2. Использование функции rem – для действительных чисел функция $rem(i,2)$ вычисляет остаток от деления i на 2. На выходе получается массив hd , состоящий из 0 и 1.
3. Создание TCP объекта и установление номера порта сервера $t=tcip('192.168.4.1', 80, 'NetworkRole', 'client')$.
4. Активация соединения с портом.
5. Если $hd(i)$ равно 1, то идет проверка: если количество импульсов больше 100, то «o» присваиваем значение «1». Далее создается команда для передачи в порт. $(f=[8 \ o \ ((s1(i))-(o*100))])$.

										Лист
										91
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

6. Перевод из типа данных `integer` в `char`.
7. Передача данных серверу.
8. Если $hd(i)$ равно 0, то ($f=[s1(i) \ 0 \ 30]$). На этом шаге происходит передача сигнала о направлении поворота.
9. Перевод из типа данных `integer` в `char`.
10. Передача данных серверу.
11. Пауза.
12. Остановка сервера и отсоединение TCP объекта от сервера.

6.4 Функция поиска объекта для манипулирования и решение обратной задачи кинематики манипулятора

После того, как робот выполнил управляющие команды, он прибыл в точку, находящуюся рядом с объектом для манипулирования. Далее необходимо вычислить координаты x, y, z для решения обратной задачи кинематики манипулятора.

Алгоритм поиска координат объекта для манипулирования.

1. Из массива `way` выделяем последний элемент **Hg** и определяем с какой стороны робот подъехал к объекту.
2. Вызываем функцию **myfun.m** для повторного снимка. Узнаем координаты робота – **indend**, и координаты объекта – **end0**.
3. Для поиска координат объекта относительно робота используем функцию **manip.m**.
4. Если Hg равняется 6 или 4:
 - $x = end0(2) - indend(2) + 5$;
 - если $end0(1) > indend(1)$, то $y = end0(1) - indend(1) + 5$;
 - если $indend(1) > end0(1)$, то $y = end0(1) - indend(1) - 5$;
 - если $(-10 < (indend(1) - end0(1)) < 10)$, то $y = 0$;

– $z = -10$, это связано с конструкцией робота.

5. Если Hg равняется 8 или 5:

– $x = \text{indend}(1) - \text{end0}(1) + 5$;

– если $\text{end0}(2) > \text{indend}(2)$, то $y = \text{end0}(2) - \text{indend}(2) + 5$;

– если $\text{indend}(2) > \text{end0}(2)$, то $y = \text{end0}(2) - \text{indend}(2) - 5$;

– если $(-10 < (\text{indend}(1) - \text{end0}(1)) < 10)$, то $y = 0$;

– $z = -10$, это связано с конструкцией робота.

6. Если $x < 20$, то необходимо отъехать назад 15 импульсов.

7. Если $y < 20$, то необходимо выполнить поворот налево и проехать вперед 11 импульсов.

8. Если $y > 20$, то необходимо выполнить поворот направо и проехать вперед 11 импульсов.

Далее решается обратная задача кинематики манипулятора, описанная в главе 5.4.

6.5 Выводы по разделу

Программы, основанные на алгоритмах, определенных в разделах 4,5, показали соответствие алгоритмов поставленным задачам, однако экспериментальные исследования указали на необходимость учёта ошибки позиционирования при поиске координаты объекта для манипулирования. Необходимы дополнительные датчики, так как изображение с камеры не может дать четкого и точного изображения (погрешность зависит от угла между перпендикуляром от камеры и полом, и расположения робота в данный момент времени).

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		94

7 Технико-экономическое обоснование проекта

В соответствии с техническим заданием на дипломное проектирование для исследовательских работ было приобретено необходимое оборудование и программное обеспечение. В данном разделе производится расчёт сметы затрат, связанных с их приобретением и обслуживанием.

Смета затрат – это выражение в денежной форме затрат предприятия на разработку и выполнение хозяйственно-договорной работы. Смета затрат будет складываться из затрат на:

- а) основное оборудование и программное обеспечение;
- б) заработную плату;
- в) амортизацию оборудования;
- г) аренду помещения.

Далее представлен расчет всех составляющих сметы затрат.

7.1 Расчет затрат на основное оборудование и программное обеспечение

Стоимость затрат на приобретение компонентов и программного обеспечения вычислим по формуле:

$$S_z = S_{об} + S_{прог}, \quad (7.1)$$

где $S_{об}$ – стоимость затрат на приобретение компонентов;

$S_{прог}$ – затраты на приобретение программного обеспечения.

Затраты на приобретение программного обеспечения приведены в таблице 7.1, затраты на приобретение оборудования – в таблице 7.2.

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		95

Окончание таблицы 7.2.

Диск с прорезями для оптического энкодера и энкодер	2	125	250
Блок питания 12 вольт	1	300	300
Веб-камера Sven IC-975 HD	1	1350	1350
Персональный компьютер HP Pavilion g-6 /6.0Gb/500Gb/1024Mb	1	15000	15000
Общая стоимость	23055		

Общая стоимость затрат на приобретение компонентов и программного обеспечения равна:

$$S_3 = 23055 + 189719 = 212774 \text{ руб.} \quad (7.2)$$

7.2 Расчет фонда заработной платы разработчикам

В период разработки установки оклад ведущего инженера $S_{\text{окл.инж}}$ составил 5455 рублей в месяц.

Определим дневную заработную плату ведущего инженера:

$$S_{\text{зн.дн.инж}} = S_{\text{окл.инж}} / N, \quad (7.3)$$

где $N = 21$ – число рабочих дней в месяце. Тогда

$$S_{\text{зн.дн.инж}} = 5455 / 21 = 259,76 \text{ руб.} \quad (7.4)$$

Определим основную заработную плату руководителя дипломного проекта:

$$S_{\text{осн.инж}} = S_{\text{зн.дн.инж}} \cdot n, \quad (7.5)$$

где $n = 84$ – число рабочих дней за четыре месяца работы. Тогда

$$S_{\text{осн.инж}} = 259,76 \cdot 84 = 21819,84 \text{ руб.} \quad (7.6)$$

Дополнительная заработная плата:

$$S_{\text{доп.инж}} = S_{\text{осн.инж}} \cdot k_{\text{дз}}, \quad (7.7)$$

где $k_{\text{дз}} = 0,2$ – коэффициент дополнительной заработной платы. Тогда

$$S_{\text{доп.инж}} = 21819,84 \cdot 0,2 = 4363,96 \text{ руб.} \quad (7.8)$$

Размер надбавки к заработной плате с учетом районного коэффициента:

$$S_{\text{рк.инж}} = (S_{\text{осн.инж}} + S_{\text{доп.инж}}) \cdot k_{\text{рк}}, \quad (7.9)$$

где $k_{\text{рк}} = 0,3$ – районный коэффициент для Красноярска. Тогда

$$S_{\text{рк.инж}} = (21819,84 + 4363,96) \cdot 0,3 = 7855,14 \text{ руб.} \quad (7.10)$$

Размер надбавки к заработной плате с учетом северного коэффициента:

$$S_{\text{ск.инж}} = (S_{\text{осн.инж}} + S_{\text{доп.инж}}) \cdot k_{\text{ск}}, \quad (7.11)$$

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
						98
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где $k_{ск} = 0,3$ – северный коэффициент для Красноярска. Тогда

$$S_{рк.инж} = (21819,84 + 4363,96) \cdot 0,3 = 7855,14 \text{ руб.} \quad (7.12)$$

Полностью фонд заработной платы всех работников без отчислений на социальные нужды:

$$\Phi_{от.общ} = (S_{осн.инж} + S_{доп.инж} + S_{рк.инж} + S_{ск.инж}) \cdot Ч_p, \quad (7.13)$$

где $Ч_p$ – количество работников. Тогда

$$\Phi_{от.общ} = 21819,84 + 4363,96 + 7855,14 + 7855,14 = 41894,08 \text{ руб.} \quad (7.14)$$

После определения общего размера заработной платы произведем расчет отчислений на социальные нужды. Они берутся от фонда оплаты труда (суммы основной и дополнительной заработной платы) в размере 30,2% из них:

- единый социальный налог – 30%;
- тариф на обязательное медицинское страхование и профессиональные заболевания – 0,2%.

Таким образом,

$$S_{соц} = R_{соц} \cdot (S_{осн.инж} + S_{доп.инж}), \quad (7.15)$$

где $R_{соц} = k_{есн} + k_{омс}$,

$k_{есн} = 0,3$ – единый социальный налог;

$k_{омс} = 0,002$ – отчисления в фонд обязательного медицинского страхования. Тогда

$$S_{соц} = (0,3 + 0,002) \cdot (21819,84 + 4363,96) = 7907,5 \text{ руб.} \quad (7.16)$$

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
						99
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Всего фонд оплаты труда с отчислениями на социальные нужды:

$$\Phi_{отс} = \Phi_{от.общ} + S_{соц}; \quad (7.17)$$

$$\Phi_{отс} = 41894,08 + 7907,5 = 49801,58 \text{ руб.} \quad (7.18)$$

6.3 Затраты на электроэнергию

Исходные данные для расчета стоимости электроэнергии:

- мощность, потребляемая ПК с монитором – 200 Вт;
- мощность, потребляемая лампой дневного света – 18 Вт;
- тариф на электроэнергию – 2.26 руб./кВт · ч.
- количество ламп в помещении – 92 шт.

Расходы на электроэнергию в день:

$$S_{эл.д.} = (P_{ПК} + P_{л} \cdot n) \cdot N_{ч} \cdot T_{эл.} \cdot N_{д} \quad (7.19)$$

где $P_{ПК}$ – мощность, потребляемая ПК с монитором;

$P_{л}$ – мощность, потребляемая лампой дневного света; n – количество ламп дневного света;

$T_{эл.}$ - тариф на электроэнергию;

$N_{ч}$ – количество рабочих дней;

$N_{д}$ - часов рабочий день.

$$S_{эл.д.} = (0,2 + 0,018 \cdot 92) \cdot 8 \cdot 2,26 \cdot 84 = 2818 \text{ рублей} \quad (7.20)$$

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		100

7.4 Затраты на амортизацию оборудования

Для расчёта затрат на амортизацию оборудования необходимо определить время эксплуатации каждого из элементов оборудования. Для работ по настройке и программированию робота, а также для составления дополнительного программного обеспечения использовался персональный компьютер.

Таким образом, суммарные затраты на амортизацию определяются по формуле

$$Z_A = Z_{AK}, \quad (7.21)$$

где Z_{AK} – затраты на амортизацию компьютера.

Определим затраты на амортизацию компьютера по формуле:

$$Z_{AK} = \frac{C_K \cdot n_m}{n_l \cdot 12}, \quad (7.22)$$

где $C_K = 15000$ руб. – первоначальная стоимость оборудования;

$n_m = 4$ месяца – время использования;

$n_l = 5$ – срок службы. Тогда

$$Z_A = Z_{AK} = \frac{15000 \cdot 4}{5 \cdot 12} = 1000 \text{ руб.} \quad (7.23)$$

7.5 Расходы на аренду помещения

Расходы на аренду помещения за время разработки системы составили:

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		101



Рисунок 7.1 – Диаграмма затрат

7.7 Выводы по разделу

В данном разделе определена смета затрат на дипломное проектирование для исследовательских работ. Как видно из таблицы 7.3, большая часть затрат обусловлена закупкой оборудования и программного обеспечения.

8 Безопасность и экологичность проекта

Целью данного раздела является оценка безопасности и экологичности дипломного проекта.

Большая часть мер безопасности реализована на проектном этапе. На этом уровне проектирования в конструкцию оборудования закладываются более пяти десятков различных требований безопасности в соответствии с положениями более двух десятков стандартов системы стандартов безопасности труда (ССБТ) и других нормативных документов.

Безопасность оборудования в соответствии с требованиями ГОСТ 12.0.001, ГОСТ 12.0.003, ГОСТ 12.1.019 и ГОСТ 12.2.003 обеспечивается:

- выбором принципов действия, конструктивных схем, безопасных элементов конструкции и т. п.;
- применением в конструкции безопасных материалов и веществ;
- применением в конструкции средств механизации, автоматизации и дистанционного управления;
- выполнением эргономических и эстетических требований;
- выбором безопасных органов управления;
- применением в конструкции средств защиты;
- соблюдением требований безопасности при эксплуатации, монтажных работах, транспортировании и хранении;
- размещением оборудования на площадке;
- выбором электрооборудования и конструкции оборудования с учетом пожарной безопасности;
- включением требований безопасности в техническую документацию по монтажу, эксплуатации, ремонту, транспортированию и хранению;
- контролем за соблюдением требований безопасности, правил эксплуатации и трудового законодательства по охране труда работающими.

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		104

В данном проекте разработаны меры по обеспечению безопасной эксплуатации оборудования в течение всего срока службы.

Оборудование мобильного робота при эксплуатации и в условиях, установленных эксплуатационной и ремонтной документацией по требованиям ГОСТ 2.601 и ГОСТ 2.602, не должно создавать опасности в чрезвычайных ситуациях в результате воздействия влажности, высокой температуры, солнечной радиации, механических колебаний, высоких и низких давлений, агрессивных веществ, ветровых нагрузок, обледенения и других негативных факторов, которые имеют место при чрезвычайных ситуациях.

8.1 Безопасность элементов мобильного робота

Мобильный робот включает в себя:

- корпусные и крепежные элементы;
- сервоприводы и двигатели постоянного тока;
- контроллер;
- кабели;
- датчики;
- приемники и передатчики беспроводного сигнала.

Все элементы мобильного робота не представляют высокой пожарной (ГОСТ 12.1.004) и взрывоопасности (ГОСТ 12.1.010).

Корпусные и крепежные элементы.

Мобильный манипуляционный робот содержит корпусные элементы, выполненные из пластика, а также крепежные изделия (винты, гайки).

В соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.019, корпусные и крепежные элементы рассматриваемого мобильного робота не представляют высокой

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		105

электрической опасности, так как корпусные изделия не проводят ток и, а крепежные элементы не контактируют с токоведущими частями роботов.

Сервоприводы.

Сервоприводы мобильного робота обеспечивают движение звеньев манипулятора.

Сервоприводы обеспечивают безопасность работающих при вводе в эксплуатацию и эксплуатации при соблюдении требований, предусмотренных эксплуатационной документацией. Соответствие требованиям безопасности ГОСТ 12.1.019 и ГОСТ 12.1.038 также обеспечивается следующими свойствами сервоприводов:

- сервоприводы имеют пластиковые корпуса, исключающих контакт работающего с их внутренними частями при нормальном режиме работы;
- максимальное значение напряжения в электрических цепях сервоприводов – 5 В, что, не превышает предельного значения напряжения прикосновения постоянного тока при нормальном режиме электроустановки – 8 В;
- элементы конструкции сервоприводов не имеют острых углов, кромок, заусенцев и поверхностей с неровностями, представляющих опасность травмирования работающих;
- конструкция сервопривода исключает самопроизвольное ослабление или разъединение креплений сборочных единиц и деталей за счёт их надёжного крепления.

Контроллер.

Контроллер получает электрическую энергию от блока питания, которой снабжают сервоприводы, датчики и приёмники беспроводного сигнала, а также осуществляют управление и обмен информацией с ними.

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		106

Контроллер обеспечивает безопасность работающих при вводе в эксплуатацию и эксплуатации при соблюдении требований, предусмотренных эксплуатационной документацией. Соответствие требованиям безопасности ГОСТ 12.1.019 и ГОСТ 12.1.038 также обеспечивается следующими свойствами контроллеров:

- контроллер имеет пластиковые корпуса, исключающих контакт работающего с их внутренними частями при нормальном режиме работы;
- максимальное значение напряжения в электрических цепях контроллера – 12 В, что в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.038 не превышает предельно допустимого напряжения прикосновения продолжительностью в 1 с и более при аварийном режиме работы электроустановки;
- элементы конструкции контроллера не имеют острых углов, кромок, заусенцев и поверхностей с неровностями, представляющих опасность травмирования работающих;
- конструкция контроллера исключает самопроизвольное ослабление или разъединение креплений сборочных единиц и деталей за счёт их надёжного крепления.

Кабели.

В комплектах имеются двух-, и трёх-жильные кабели питания и связи. Электрическая безопасность при обращении с кабелями обеспечивается следующими их свойствами:

- наличие рабочей изоляции;
- максимальное значение напряжения между жилами кабелей, кроме кабелей питания, составляет 5 В, что, согласно требованиям ГОСТ 12.1.038, не превышает предельного значения напряжения прикосновения постоянного тока при нормальном режиме электроустановки – 8 В;

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		107

- напряжение между жилами кабелей питания мобильного робота составляет 12 В, что в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.038 не превышает предельно допустимого напряжения прикосновения продолжительностью в 1 с и более при аварийном режиме работы электроустановки;
- концы проводов снабжены соединителями, исключающих возможность самопроизвольного короткого замыкания.

Датчики, приемники и передатчики беспроводного сигнала.

Все датчики, а также приёмники и передатчики беспроводного сигнала используют постоянный ток с напряжением не более 5 В, что, согласно требованиям ГОСТ 12.1.038, не превышает предельного значения напряжения прикосновения постоянного тока при нормальном режиме электроустановки – 8 В.

8.2 Безопасность исходных материалов

Безопасность мобильного робота обеспечивается использованием в конструкции преимущественно безопасных материалов и веществ. Согласно требованиям ГОСТ 12.3.002:

- материалы мобильного робота не оказывают вредного действия на работающих. При использовании материалов, которые могут оказывать вредное воздействие, предусмотрены соответствующие средства защиты работающих;
- использование новых веществ и материалов разрешено только после утверждения в установленном порядке соответствующих гигиенических нормативов.

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
						108
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 8.1 – Материалы, входящие в состав элементов мобильного робота

Наименование материала	Класс опасности
Инженерный пластик (корпусные элементы, редукторы сервоприводов, корпуса датчиков и контроллера)	4
Сталь (крепежные изделия)	4
Медь (кабели питания и связи)	4
Стеклотекстолит, фольга, полупроводниковые материалы и др. (печатные платы и электронные схемы бортовых контроллеров, сервоприводов и датчиков)	4

Все вещества и материалы прошли гигиеническую проверку и поверку на пожароопасность. Материалы конструкции оборудования (таблица 8.1) не оказывают опасного и вредного воздействия на организм человека и не создают пожаровзрывоопасные ситуации при выполнении предусмотренных условий эксплуатации.

8.3 Безопасность органов управления

Конструкции органов управления роботом обеспечивает оптимальные условия труда и была выполнена в соответствии с требованиями ГОСТ 12.2.064, ГОСТ 12.2.061, ГОСТ 12.2.003:

- органы управления имеют средства экстренного (аварийного) выключения;
- расстояние между органами управления исключает возможность изменения положения органа управления при манипуляции со смежным органом управления.

8.4 Безопасность средств защиты, входящих в конструкцию

Средства защиты обеспечивают безопасность при эксплуатации мобильного робота и сконструированы с учетом требований ГОСТ 12.2.003, ГОСТ 12.2.049, ГОСТ 12.2.061:

– средства защиты выполняют свое назначение непрерывно в процессе функционирования элементов мобильного робота или при возникновении опасной ситуации;

– конструкция и расположение средств защиты не ограничивает технологические возможности оборудования, и обеспечивают удобство эксплуатации и технического обслуживания.

8.5 Безопасность при монтажных и ремонтных работах

Безопасность при монтажных и ремонтных работах обеспечивается средствами защиты, инструментами и приспособлениями, которые удовлетворяют требованиям соответствующих государственных стандартов.

Средства защиты, инструменты и приспособления подвергаются осмотру и испытаниям.

К обслуживанию изделия допускаются лица, прошедшие специальный инструктаж и изучившие данное техническое описание и инструкцию по эксплуатации.

При монтаже и эксплуатации должны соблюдаться:

– правила устройства электроустановок;
– правила технической безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей.

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		110

8.6 Безопасность при транспортировке и хранении

Масса мобильного робота не превышает 3 кг, поэтому ему не нужны грузоподъемные средства в процессе монтажа, транспортировки, хранения и ремонта.

Единственное условие хранения – это соблюдение температурного режима (от -10 до +40 °С) и относительной влажности 40-60%.

Робот транспортируются в коробке, строго в вертикальном положении.

8.7 Безопасность при размещении

Согласно требованиям, ГОСТ 12.3.002, СНиП 31-01-03:

– лабораторные (рабочие, монтажные) площадки, на которых выполняются работы, соответствуют требованиям действующих строительных норм и правил, а также правил, утвержденных органами государственного надзора;

– организация рабочих мест отвечает требованиям безопасности с учетом эргономических требований, устанавливаемых в государственных стандартах на конкретные производственные процессы, производственное оборудование и рабочие места.

8.8 Требования безопасности к профессиональному отбору

К обслуживанию мобильного робота допускаются лица:

- прошедшие инструктаж, обучение и проверку знаний по охране труда;
- не имеющие медицинских противопоказаний.

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		111

8.9 Пожарная безопасность

Пожарная безопасность оборудования должна быть обеспечена в соответствии с требованиями настоящих стандартов, ГОСТ 12.1.004, ГОСТ 12.1.018, ПУЭ, ПТЭ, и ПТБ, СНиП 3.05.06, СНиП 3.05.07. С учётом этих показателей выбран тип исполнения, вид взрывозащиты электрооборудования и степень его защиты от пыли и влаги.

Для обеспечения пожарной безопасности объекта, где предполагается работа с мобильным роботом, необходимо использовать мероприятия пожарной профилактики:

- организационные (инструктаж персонала, разработка плана эвакуации и т.д.);
- технические (устройство не горючих перегородок);
- режимные (курение в специальных местах);
- эксплуатационные (профилактические осмотры).

8.10 Контроль выполнения требований безопасности

Контроль над выполнением требований безопасности при эксплуатации мобильного робота возлагается на должностные лица в соответствии с правовыми и нормативными документами по созданию безопасности и нормальных условий труда.

8.11 Безопасность при чрезвычайных ситуациях

При возникновении ЧС необходимо:

- 1) отключить электропитание в лаборатории;
- 2) выполнить предписание должностных инструкций;
- 3) покинуть здание и поступить в распоряжение начальника ГО и ЧС.

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		112

8.12 Экологическая безопасность мобильного робота

Одним из экологических показателей является экологическая безопасность исходных материалов и веществ, входящих в конструкцию оборудования. При изготовлении и эксплуатации мобильного робота выполнены все нормативные природоохранные требования. В конструкции применены преимущественно безопасные и экологичные в соответствии со стандартами ССБТ и охраны окружающей среды, сертифицированные материалы и вещества, прошедшие гигиеническую проверку и проверку на пожароопасность.

8.13 Выводы по разделу

В проекте разработан комплекс организационных, технических и других мероприятий, направленных на обеспечение безопасности труда. Внедрение в лабораторию мобильного манипуляционного робота и мероприятий с соблюдением требований ГОСТ, СНиП позволит считать данный проект относительно безопасным и экологичным.

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		113

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе дипломного проекта был спроектирован и собран мобильный манипуляционный робот. Была построена 3D модель манипулятора, с учётом всех длин и размеров деталей, для определения её конструктивных ограничений, а именно диапазонов углов поворотов звеньев.

Все датчики подключены к микроконтроллеру, связанному беспроводной связью с ПК, напряжение подается от блока питания на спроектированную плату, мощности достаточно для нормального функционирования всех устройств и датчиков.

Получая изображение с камеры программа, написанная на языке программирования Матлаб, распознает образы, находит координаты робота, объекта для манипулирования и препятствий. Далее составляются управляющие команды для управления роботом и передаются по беспроводной связи на мобильный робот. Робот, получив команды, начинает последовательно их исполнять. Подъехав к объекту происходит повторный снимок, так же распознавание координат и далее манипулятор, перемещая свои звенья пытается взять объект.

Эксперименты подтвердили адекватность и эффективность выбранных методов. Поставленные цели и задачи были выполнены, но есть погрешность в решении обратной задачи кинематики манипулятора (не каждый раз схват точно берет объект).

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		114

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Промышленные роботы и манипуляторы [электронный ресурс].
Режим доступа:
http://cncnc.ru/documentation/theory_of_mechanismus_and_machines/lect_19.htm
2. Ronald C. Arkin. Intelligent Robotics and Autonomous Agents. Nourbakhsh, 2004. – 321с.
3. Mobile Manipulator XL-MICO [электронный ресурс]. Режим доступа:
<https://www.robotnik.eu/manipulators-2/xl-mico>.
4. Robotnik RB-1 – мобильный робот-манипулятор [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.robogeek.ru/promyshlennye-roboty/robotnik-rb-1-mobilnyi-robot-manipulyator>.
5. PLA-пластик для 3D-печати [электронный ресурс]. Режим доступа:
http://3dtoday.ru/wiki/PLA_plastic.
6. Мотор-редуктор с колесами [электронный ресурс]. Режим доступа:
https://arduino-kit.ru/catalog/id/motor-reduktor-s-kolesami_komplekt-4-sht.
7. Принцип действия сервопривода [электронный ресурс]. Режим доступа:
http://studbooks.net/2005051/informatika/printsip_deystviya_servoprivoda.
8. Драйвер двигателей L293D подключение к Arduino [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://zelectro.cc/L293D>.
9. Arduino Mega 2560 на базе микроконтроллера ATmega2560 [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://arduinoplus.ru/arduino-mega-2560>.
10. L7805CV линейный регулятор напряжения [электронный ресурс].
Режим доступа: <http://alielectronics.net/2016/04/15/l7805cv>.
11. Датчик скорости вращения [электронный ресурс]. Режим доступа:
<https://arduino-kit.ru/catalog/id/datchik-skorosti-vrascheniya>.
12. Начало работы с ESP8266 NodeMcu v3 Lua с WiFi [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://arduinomaster.ru/platy-arduino/esp8266-nodemcu-v3-lua>.

13. Акселерометр и гироскоп MPU6050 [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://cxem.net/mc/mc324.php>.

14. Макаров И.М., Лохин В.М. Интеллектуальные системы автоматического управления. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. — 576 с.

15. Протоколы TCP/IP простым языком [электронный ресурс] – режим доступа: <https://webonto.ru/protokolyi-tcp-ip-prostyim-yazyikom>.

16. MATLAB.Exponenta [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru>.

17. Градецкий В.Г., Вешников В.Б., Калиниченко С.В. Управляемое движение мобильных роботов по произвольно ориентированным в пространстве поверхностям. – М.: Наука, 2001. – 359 с.

18. Шахинпур М. Курс робототехники. – М.: «Мир», 1990. - 520 с.

19. Бурдаков,И. В. Мирошник,Р. Э. Стельмаков. Системы управления движением колесных роботов. – М.: Наука, 2001. – 22\ с.

20. Юревич Е. И. Основы робототехники. - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005. - 416с.

21. Кампион Г., Бастен Ж. Структурные свойства и классификация кинематических и динамических моделей колесных мобильных роботов. Нелинейная динамика. - 2011. - т. 7, № 4. - с. 733-769.

22. Фу К., Гонсалес Р., Ли К. Робототехника: пер с англ. – М: Мир, 1989.-624с.

23. Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB. — М.: Тех-носфера, 2006. – 616 с.

24. Безопасность и экологичность проекта: метод. указания / сост.: Т. В. Игнатенко. – Красноярск: ИПК СФУ, 2009. – 40 с.

25. Федеральный закон № 123 от 22.07.2008 г. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.

26. ГОСТ 12.0.001 ССБТ. Основные положения.

27. ГОСТ 12.0.003 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы классификации.

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		116

28. ГОСТ 12.0.004 ССБТ. Организация обучения безопасности труда. Общие положения.

29. ГОСТ 12.1.004 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования

30. ГОСТ 12.1.007 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

31. ГОСТ 12.1.010 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования.

32. ГОСТ 12.1.018 ССБТ. Пожаровзрывобезопасность статического электричества. Общие требования.

33. ГОСТ 12.1.019 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

34. ГОСТ 12.1.040 Система стандартов безопасности труда. Лазерная безопасность. Общие положения.

35. ГОСТ 12.2.003 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

36. ГОСТ 12.2.049 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.

37. ГОСТ 12.2.061 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам.

38. ГОСТ 12.2.064 ССБТ. Органы управления производственным оборудованием. Общие требования безопасности.

39. ГОСТ 12.3.002 ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности.

40. ГОСТ 2.601 ЕСКД. Эксплуатационные документы.

41. ГОСТ 2.602 ЕСКД. Ремонтные документы.


42. СНиП 3.05.06 Электротехнические устройства.

43. СНиП 3.05.07 Системы автоматизации.

44. СТО СТО 4.2-07-2014С стандарт организации «Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности» - К.: СФУ, 2014 – 60 с.

						Лист
						117
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
Кафедра «Робототехника и техническая кибернетика»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
 Г.Б. Масальский
«13» «06» 2018 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

15.03.06. Мехатроника и робототехника

Интеллектуальное управление мобильным роботом

Руководитель



13.06.18

подпись, дата

доц., к.т.н.

Н.Н. Ткачев

Студент



13.06.18

подпись, дата

А.И. Суставов

Нормоконтролер



13.06.18

подпись, дата

В.Н. Куликова

Красноярск 2018