

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

Институт социально-гуманитарных технологий
Направление подготовки 27.03.04 Управление в технических системах
Кафедра Автоматики и Компьютерных Систем

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Автоматизирования система управления движением автономного колесного робота УДК 621.865.8:004.31

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158А30	Гу Чунюй		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Фадеев А.С.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф.ЭБЖ	Штейнле А.В.	К.М.Н		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

И.О. зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
АиКС	Суходоев М.С.	К.Т.Н.		

Томск – 2017 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Код результата	Результат обучения (Выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
P1	Обладать естественнонаучными и математическими знаниями для решения инженерных задач в области разработки, производства и эксплуатации систем управления техническими объектами и средств
P2	Обладать знаниями о передовом отечественном и зарубежном опыте в области управления техническими объектами с использованием вычислительной техники
P3	Применять полученные знания (P1 и P2) для формулирования и решения инженерных задач при проектировании, производстве и эксплуатации современных систем управления техническими объектами и их составляющих с использованием передовых научно-технических знаний, достижений мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.
P4	Уметь выбирать и применять соответствующие методы анализа и синтеза систем управления, методы расчета средств автоматизации, уметь выбирать и использовать подходящее программное обеспечение, техническое оборудование, приборы и оснащение для автоматизации и управления техническими объектами.
P5	Уметь находить электронные и литературные источники информации для решения задач по управлению техническими объектами.
P6	Уметь планировать и проводить эксперименты, обрабатывать данные и проводить моделирование с использованием вычислительной техники, использовать их результаты для ведения инновационной инженерной деятельности в области управления техническими объектами.
P7	Демонстрировать компетенции, связанные с инженерной деятельностью в области научно-исследовательских работ, проектирования и эксплуатации систем управления и средств автоматизации на предприятиях и организациях – потенциальных работодателях, а также готовность следовать их корпоративной культуре

Универсальные компетенции

P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий.
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы с ответственностью за работу коллектива при решении инновационных инженерных задач в области автоматизации и управления техническими объектами, демонстрировать при этом готовность следовать профессиональной этике и нормам.
P10	Иметь широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду.
P11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт социально-гуманитарных технологий
Направление подготовки 27.03.04 Управление в технических системах
Кафедра Автоматики и Компьютерных Систем

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. зав. кафедрой

_____ Суходоев М.С.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
158А30	Гу Чунной

Тема работы:

Автоматизирования система управления движением автономного колесного робота

Утверждена приказом директора (дата, номер)

09.03.2017, № 786/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

02.06.2017

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

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

Аппаратная платформа Arduino Uno, контроллер Arduimoto L298P, колесная платформа, два коллекторных двигателя постоянного тока

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Исследование автоматизированных систем пространственного позиционирования движущихся объектов, разработка и сборка модели колесного робота, разработка алгоритмов и программы управления колесным роботом</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация в формате *.pptx на 15 слайдах</p>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Кузьмина Наталия Геннадьевна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Штейнле Александр Владимирович</p>

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Доцент</p>	<p>Фадеев Александр Сергеевич</p>	<p>к.т.н</p>		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>158А30</p>	<p>Гу Чунюй</p>		

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

Институт социально-гуманитарных технологий
Направление 27.03.04 Управление в технических системах
Кафедра автоматизации и компьютерных систем
Уровень образования – бакалавр
Период выполнения – весенний семестр 2016/2017 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

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

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

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

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. АИКС	Фадеев Александр Сергеевич	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

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

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

Студенту:

Группа	ФИО
158А30	Гу Чунюй

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

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

График Ганта

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158А30	Гу Чунюй		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
158A30	Гу Чунюй

Институт	ИСТГ	Кафедра	АиКС
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	27.03.04 Управление в технических системах

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>1. Колесный робот, оборудованный двумя коллекторными двигателями постоянного тока, питание которых осуществляется от литий-полимерной аккумуляторной батареи. Устройство может быть применено в системах стабилизации движения на</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; <input type="checkbox"/> действие фактора на организм человека; <input type="checkbox"/> приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); <input type="checkbox"/> предлагаемые средства защиты; <input type="checkbox"/> (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> механические опасности (источники, средства защиты); <input type="checkbox"/> термические опасности (источники, средства защиты); 	<p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> – отклонение показателей микроклимата (СанПиН 2.2.4.548–96) – повышенный уровень шума (СН 2.2.4/2.1.8.562–96) – недостаточная освещенность (СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03) – повышенный уровень электромагнитных излучений (СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96) <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> – опасный уровень напряжения электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека (ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ)

<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); 	<p>2. Источники загрязнения окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> – литий-полимерная аккумуляторная батарея – коллекторные двигатели постоянного тока – лампы осветительных приборов
<p>3 Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению 	<p>3. Вышедшие из строя комплектующие компьютеров и электроприборов, а также люминесцентные лампы утилизируются в соответствии с ГОСТ 12.2.007.13-88.</p>
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при 	<p>4 Возможно ЧС техногенного характера:</p> <ul style="list-style-type: none"> – пожар
<p>5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; <input type="checkbox"/> выбор наиболее типичной ЧС; <input type="checkbox"/> разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; 	<p>5 Организация рабочего места осуществляется в соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.</p>

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158А30	Гу Чунюй		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 57 с., содержит 15 рисунков, 7 таблиц, 12 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: колесный робот, Arduino UNO, Ardumoto Shield L298P, датчик света, коллекторные двигатели постоянного тока, движение на свет, система автоматического управления, ПИД-регулятор.

Объект исследования - колесный робот на базе аппаратной платформы Arduino UNO.

Цель работы – проектирование, создание и отладка беспилотного колесного робота, с автоматизированной системой управления движением и ориентацией на источник света.

Задачи:

- разработка алгоритма работы колесного робота и законов автоматического управления;
- разработка программы управления для микроконтроллера Arduino;
- разработка структуры, подбор компонентов, сборка робота;
- отладка работы робота.

В процессе исследования проводились выбор основных компонентов устройства, проектирование и тестирование датчика света, сборка и наладка аппаратной и программной частей колесного робота, экспериментальный подбор параметров ПИД-регулятора.

В результате исследования были рассчитаны основные зависимости и характеристики движения колесного робота, а так же был спроектирован и собран автоматизированный колесный робот, способный распознавать источник света и корректировать относительно него свое движение.

В будущем планируется модернизация колесного робота путем внедрения системы обнаружения препятствий, разработка более сложных алгоритмов прохождения трассы и реализация взаимодействия с другими колесными роботами.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ШИМ – широтно-импульсная модуляция;

USB – Universal Serial Bus или универсальная последовательная шина;

GND – Ground или заземление;

ПИД – пропорционально-интегро-дифференцирующий;

ОУ – Объект управление

ОГЛАВЛЕНИЕ

РЕФЕРАТ	9
ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ.....	10
Введение.....	13
1 Системы пространственного позиционирования и управления движущимися объектами	14
1.1 СУЩЕСТВУЮЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ	14
1.2 СПОСОБЫ УПРАВЛЕНИЯ.....	14
1.2.1 ПИД-Регулятор	14
2 Проектирование системы управления роботом	16
2.1 МИКРОКОНТРОЛЛЕР.....	16
2.2 ПЛАТФОРМА И ДВИГАТЕЛИ	17
2.3 УПРАВЛЕНИЕ ДВИГАТЕЛЯМИ	18
2.4 ДАТЧИК ОСВЕЩЕННОСТИ.....	22
2.5 СБОРКА УСТРОЙСТВА.....	23
3 Отладка системы управления колесным роботом.....	26
3.1 СБОРКА РОБОТА	26
3.2 УПРАВЛЕНИЕ КОЛЕСНЫМИ ПРИВОДАМИ.....	27
3.2.1 Управление электромоторами	28
3.2.2 Настройка регулятора	29
3.2.3 Остановка робота	31
3.2.4 Качество управления	31
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.	34
4.1 КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН РАБОТ И ОЦЕНКА ВРЕМЕНИ ИХ ВЫПОЛНЕНИЯ	34
4.2 СМЕТА ЗАТРАТ НА ПРОЕКТ	38
4.2.1 Материальные затраты	38
4.2.2 Амортизация компьютерной техники	38
4.2.3 Затраты на заработную плату	39

4.2.4	Затраты на социальные нужды.....	40
4.2.5	Прочие затраты	40
4.2.6	Накладные расходы.....	40
5	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	42
	ВВЕДЕНИЕ	42
5.1	ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	42
5.1.1	Анализ вредных факторов производственной среды	42
5.1.2	Анализ опасных факторов производственной среды.....	46
5.2	РЕГИОНАЛЬНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.....	47
5.3	ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ.....	47
5.4	ОСОБЕННОСТЬ ЗАКОНОДАТЕЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ	48
5.5	БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ.....	49
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	51
	CONCLUSION.....	52
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	53
	ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	54
	Листинг программы.....	54

ВВЕДЕНИЕ

Быстрое развитие систем и технологий автоматизации и интеллектуализации процессов и производств показало, что традиционные устоявшиеся модели управления промышленным развитием имеют большие ограничения. Часто в промышленном производстве точность, стабильность, надежность, эффективность и режимы работы не соответствуют требованиям современного производства, традиционное отсутствие интеллектуального управления, автоматизации принятия решений и других передовых технологий не может гарантировать высокое качество промышленной продукции, а повышенные затраты на контроль производства, не способствует повышению его экономической эффективности, ограничивают повышение конкурентоспособности предприятий [1].

Интеллектуальные технологии автоматизации управления постепенно интегрируются в промышленность, позволяя выводить производство на качественно новый уровень, существенно снижая издержки, повышая точность и качество.

В настоящее время, Arduino представляет собой один из самых популярных простых программируемых электронных конструкторов со встроенным микроконтроллером. Используя этот конструктор, можно создавать роботизированные устройства, проводить различные эксперименты, изучая основы теории автоматического управления и программирования.

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка системы автоматизированного пространственного позиционирования колесного робота для последующего применения в учебном процессе.

Для достижения данной цели необходимо спроектировать и собрать колесного робота, рассчитать основные зависимости его движения, выбрать регулятор, написать и отладить программу управления.

1 СИСТЕМЫ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖУЩИМИСЯ ОБЪЕКТАМИ

1.1 Существующие технические решения

В настоящее время существует несколько популярных моделей создания колесного робота на базе аппаратной платформы Arduino UNO:

- двухколесный самобалансирующийся самокат [2];
- робот, движущийся по черной линии [3];
- робот, движущийся на свет [4];
- робот, избегающий препятствие, выявляющий и отслеживающий объект [5].

Большая часть предлагаемых решений реализует примитивные функции линейного логического условного управления, не используя методов регулирования. В связи с этим движение таких роботов часто ломаное, с резкими изменениями скорости и направления движения, неоптимальное и неадаптивное.

1.2 Способы управления

1.2.1 ПИД-Регулятор

ПИД-Регулятор самый популярный регулятор, применяемый в задачах регулирования и управления системами низкого порядка, к числу которых относится и задача колесного робота.

Математическое описание ПИД-регулятора:

$$u(t) = P + I + D = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

- $u(t)$ — выходная величина регулятора;
- P — пропорциональная составляющая;
- I — интегральная составляющая;
- D — дифференциальная составляющая;
- $e(t)$ — текущая ошибка (входная величина регулятора);

- K_p — пропорциональный коэффициент;
- K_i — интегральный коэффициент;
- K_d — дифференциальный коэффициент [6].

2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОМ

2.1 Микроконтроллер

Arduino – электронная платформа быстрого прототипирования, представляющая широкий набор удобных и гибких, легких в использовании технологий разработки с открытым исходным кодом. Благодаря её низкой стоимости, она используется в качестве образовательной платформы и в качестве вычислительной основы для простых задач автоматизированной обработки. Внешний вид аппаратной платформы представлен на Рисунке 1

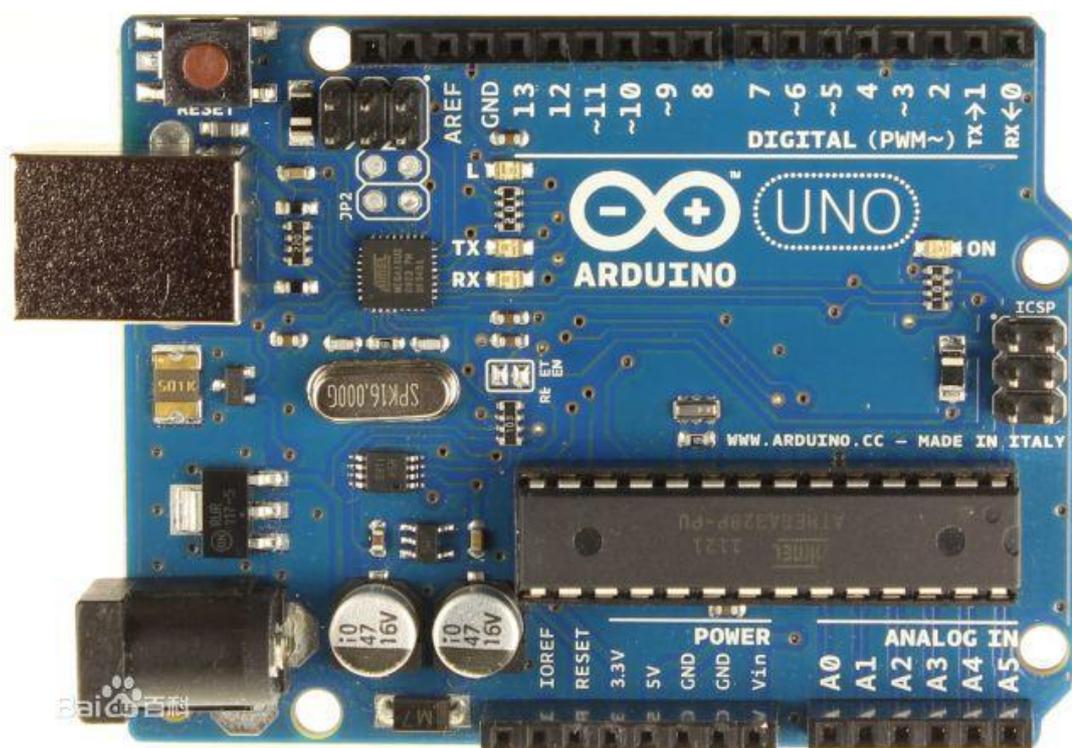


Рисунок 1 - Внешний вид платформы Arduino UNO

Arduino UNO выполнен на микроконтроллере ATmega328. У него:

- 14 цифровых портов входа-выхода (6 из них поддерживают режим ШИМ модуляции);
- 6 аналоговых входов;
- частота тактирования 16 МГц;
- USB порт;
- разъем питания;

- разъем внутрисхемного программирования;
- кнопка сброса.

Язык программирования основан на языках С и С++. Связь с компьютером осуществляется посредством USB через виртуальный COM порт [7].

2.2 Платформа и двигатели

В качестве платформы была выбрана двухколесная платформа с дополнительным стабилизирующим колесом в задней части робота. Два передних колеса управляются независимо друг от друга прямыми приводами различных электродвигателей, вследствие чего платформа за счет разных вариантов вращения, колес может двигаться, поворачивать и вращаться с разной скоростью и в разных направлениях.

В качестве двигателей используются коллекторные двигатели постоянного тока. Такие двигатели достаточно распространены и дешевы. Они используются в задачах, которые не требуют большой мощности. Коллекторный двигатель постоянного тока имеет высокий момент на низкой скорости, что позволяет управлять точно и быстро процессом движения колесного робота. Недостаток заключается в том, что с течением времени двигатель теряет мощность, из-за своих конструктивных особенностей за счет размагничивания и стирания электрических щеток. Но в данной работе, можно игнорировать этот недостаток.

Устройство коллекторного двигателя постоянного тока представлено на Рисунок 2

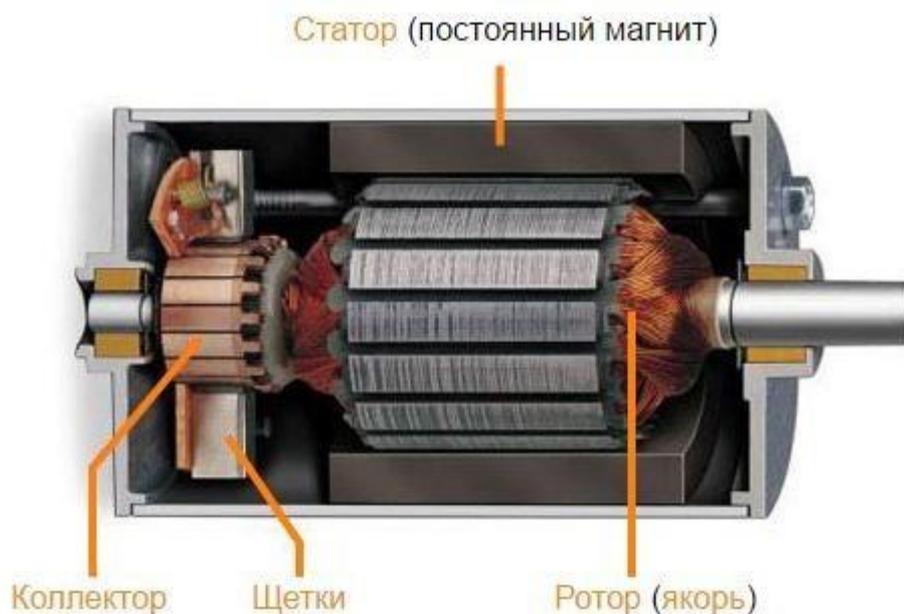


Рисунок 2 - Устройство коллекторного двигателя постоянного тока

Двигатель состоит из следующих частей:

- ротор (якорь) – вращающаяся часть двигателя;
- статор (индуктор) – неподвижная часть двигателя;
- щетки – часть электрической цепи, по которой электрический ток передается к якорю от источника питания;
- коллектор – часть двигателя, соприкасающаяся со щетками [8].

Принцип действия коллекторного двигателя постоянного тока основан на следующем: ротор (якорь) помещается между двумя полюсами магнита, что позволяет начать вращаться ротору. Ток от источника питания поступает на щетки, которые соприкасаются с коллектором, от которого ток передается к ротору. Щетки производят непрерывное переключение тока в роторе через каждые пол-оборота, что обеспечивает непрерывное вращение ротора в одном направлении. Направление вращения определяется направлением тока в роторе [9].

2.3 Управление двигателями

Нельзя управлять двигателями непосредственно выводами

микроконтроллера, размещенного на платформе Arduino, потому что выходной ток выводов

платформы Arduino слишком мал. Для управления коллекторными двигателями постоянного тока был использован контроллер Ardumoto Shield L298P. Его внешний вид приставлен на Рисунок 3.

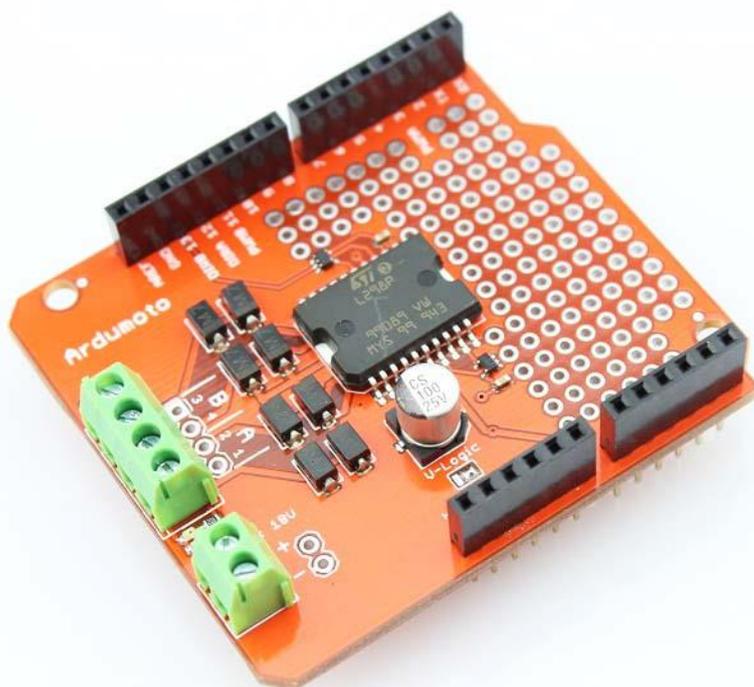


Рисунок 3 - Внешний вид контроллера Ardumoto Shield L298P

В контроллере используется двухканальный Н-мост L298P, который способен управлять двумя коллекторными двигателями постоянного тока независимо друг от друга при входном напряжении 5-18 В и максимальном токе 2 А на канал. Контроллер способен изменять скорость и направление вращения двигателей.

Контроллер Ardumoto Shield L298P устанавливается сверху на платформу Arduino UNO, ножки контроллера подключаются к соответствующим выводам Arduino. Внешние выводы контроллера Ardumoto Shield L298P дублируют выводы Arduino UNO. Ardumoto Shield использует четыре выхода Arduino: выходы 3, 11, 12 и 13. Каждый мотор использует два выхода - один для задания

направления, другой - для управления скоростью.

Таблица 1 – Назначение входов и выходов Ardumoto

Arduino Выход	Ardumoto Shield Метка	Заметки
3	PWM A	Отвечает за контроль скорости вращения двигателя A, 0=СТОП 255=СКОРОСТЬ МАКСИМУМ
11	PWM B	Отвечает за контроль скорости вращения двигателя B, 0=СТОП 255=СКОРОСТЬ МАКСИМУМ
12	DIR A	Отвечает за контроль направления вращения двигателя A, (e.g. HIGH/LOW => CW/CCW).
13	DIR B	Отвечает за контроль направления вращения двигателя B, (e.g. HIGH/LOW => CW/CCW).

Не смотря на то, что Ardumoto Shield прикреплен к Arduino и выходы 3, 11, 12 и 13 доступны для подключения других устройств, эти контакты не должны быть связаны ни с чем другим [10].

На плате контроллера располагаются клеммные колодки для подключения внешнего питания и двигателей. Рядом с клеммными колодками подключения двигателей находятся по паре светодиодов, которые служат индикаторами скорости и направления вращения двигателей.

В качестве источника автономного питания использован литий-полимерный аккумулятор с выходным напряжением 11.7 В. Аннотированный вид контроллера, показывающий задействованные выводы и компоненты, приставлен на

Рисунок 4.

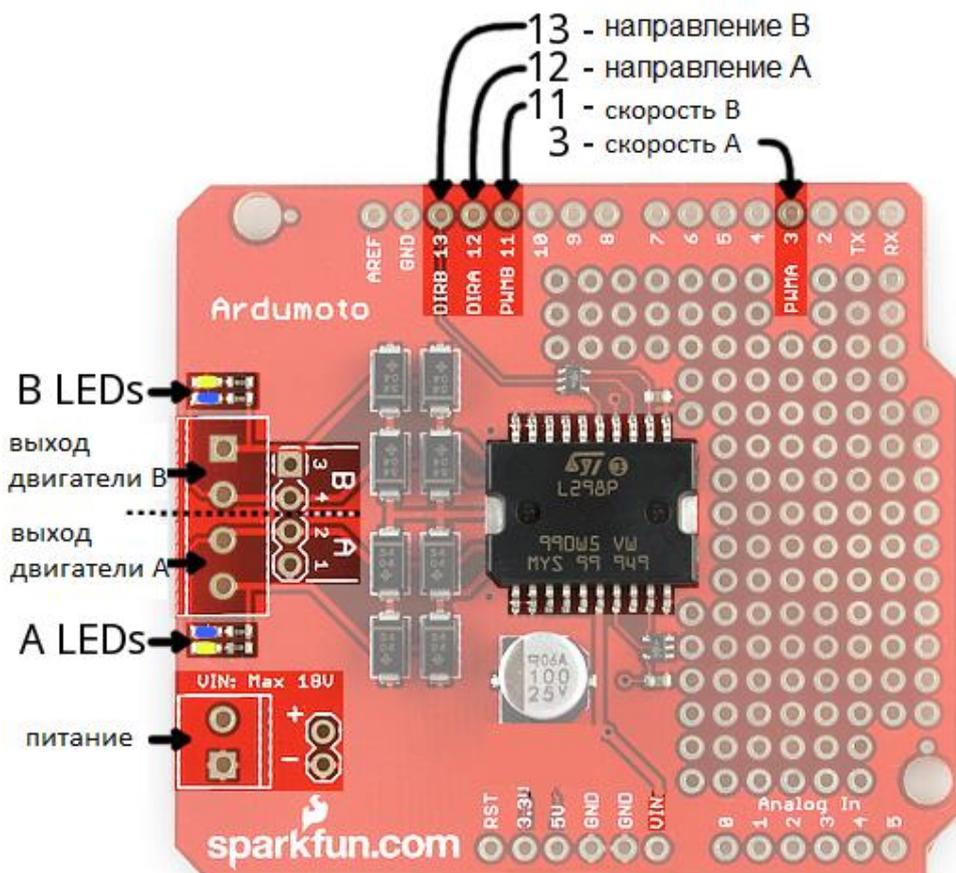


Рисунок 4 –Контроллер Ardumoto Регулятор серии LM2596

Для уменьшения напряжения был выбран регулятор серии LM2596. LM2596 понижает входное (до 40 В) напряжение — выходное регулируется в широком диапазоне и стабилизируется, максимально допустимый ток не должен превышать 3 А. Модули стабилизации LM2596 относительно дешевы, их стоимость колеблется около 40 рублей в Китае.

Характеристики микросхемы:

- Входное напряжение — от 2.4 до 40 вольт (до 60 вольт в версии HV);
- Выходное напряжение — фиксированное либо регулируемое (от 1.2 до 37 вольт);
- Выходной ток — до 3 ампер (при хорошем охлаждении — до 4.5А);
- Частота преобразования — 150 кГц;
- Корпус — ТО220-5 (монтаж в отверстия) либо D2ПАК-5 (поверхностный монтаж);

- КПД — 70-75% на низких напряжениях, до 95% на высоких [11].

Схема понижающего преобразователя напряжения на основе LM2596:

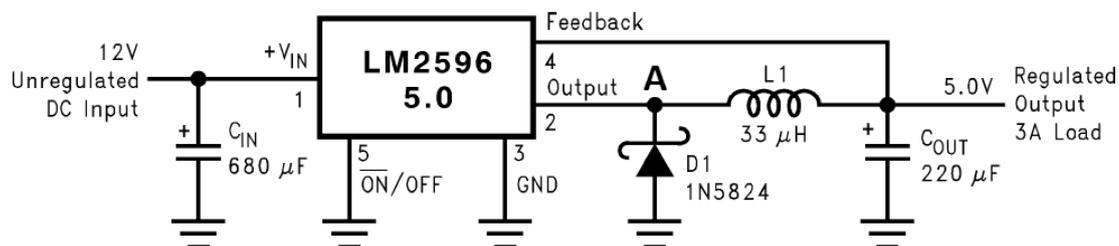


Рисунок 5 - Схема понижающего преобразователя напряжения

Внешний вид преобразователя представлен на Рисунок 6.



Рисунок 6 - Внешний вид регулятора серии LM2596

2.4 Датчик освещенности

Для пространственного позиционирования колесного робота относительно источника света был выбран фоторезистор MLG5516B. Фоторезисторы являются одними из самых дешевых и популярных датчиков, способных определять уровень освещенности в пространстве.

Еще одна важная область применения датчика освещенности — обнаружение роботом какого-либо препятствия, когда он, например, двигается на свет [12].

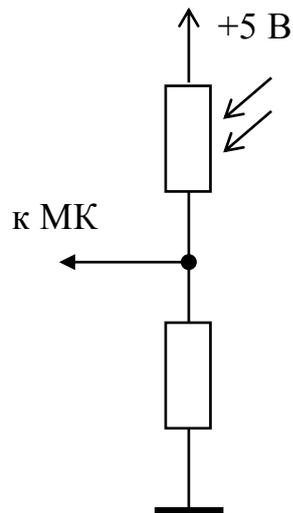


Рисунок 7 схема включения фоторезистора

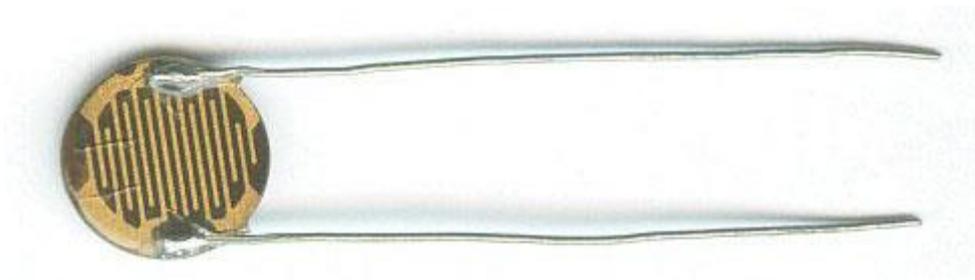


Рисунок 8 – Внешней вид фоторезистора

2.5 Сборка устройства

Таким образом, для аппаратной реализации автоматизированной системы пространственного позиционирования колесного робота,двигающегося на свет, было решено использовать следующие компоненты:

- аппаратная платформа Arduino UNO;
- 2 коллекторных двигателя постоянного тока;
- контроллер Ardumoto Shield L298P;
- литий-полимерная аккумуляторная батарея с выходным напряжением 11.7 В и током 1.8 А;
- Регулятор напряжения серии LM2596
- 3 фоторезистора
- 7 нагрузочных резисторов номиналом 1 кОм;

- 4 сигнализирующих светодиода;
- платформа со стабилизирующим колесом для крепления двигателей и электроники.

Схема подключения устройства представлена на Рисунок 9

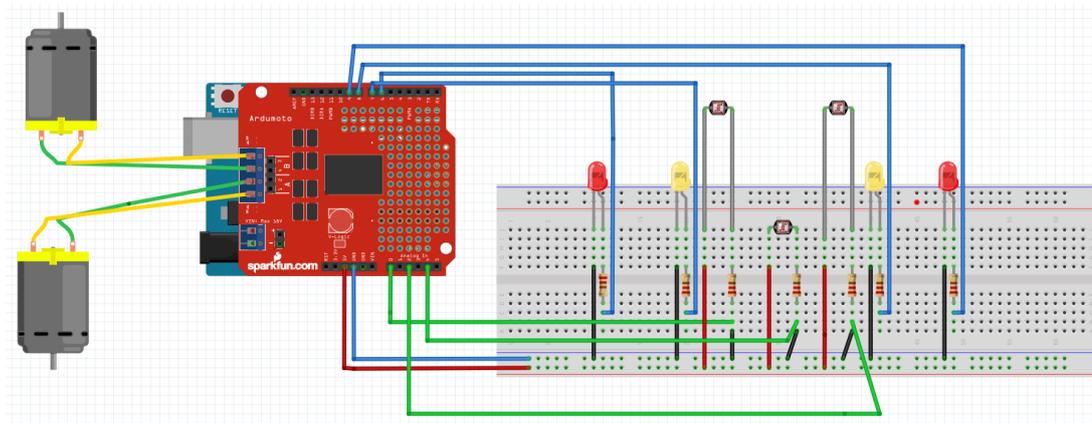


Рисунок 9 - Схема подключения устройства

Так же была составленная принципиальная схема устройства, представленная на рисунке (Рисунок 8). Так как контроллер Ardumoto устанавливается поверх Arduino UNO и все выводы аппаратной платформы совпадают с выводами контролера, то для обеспечения простоты и наглядности на схеме опущено изображение Arduino UNO.

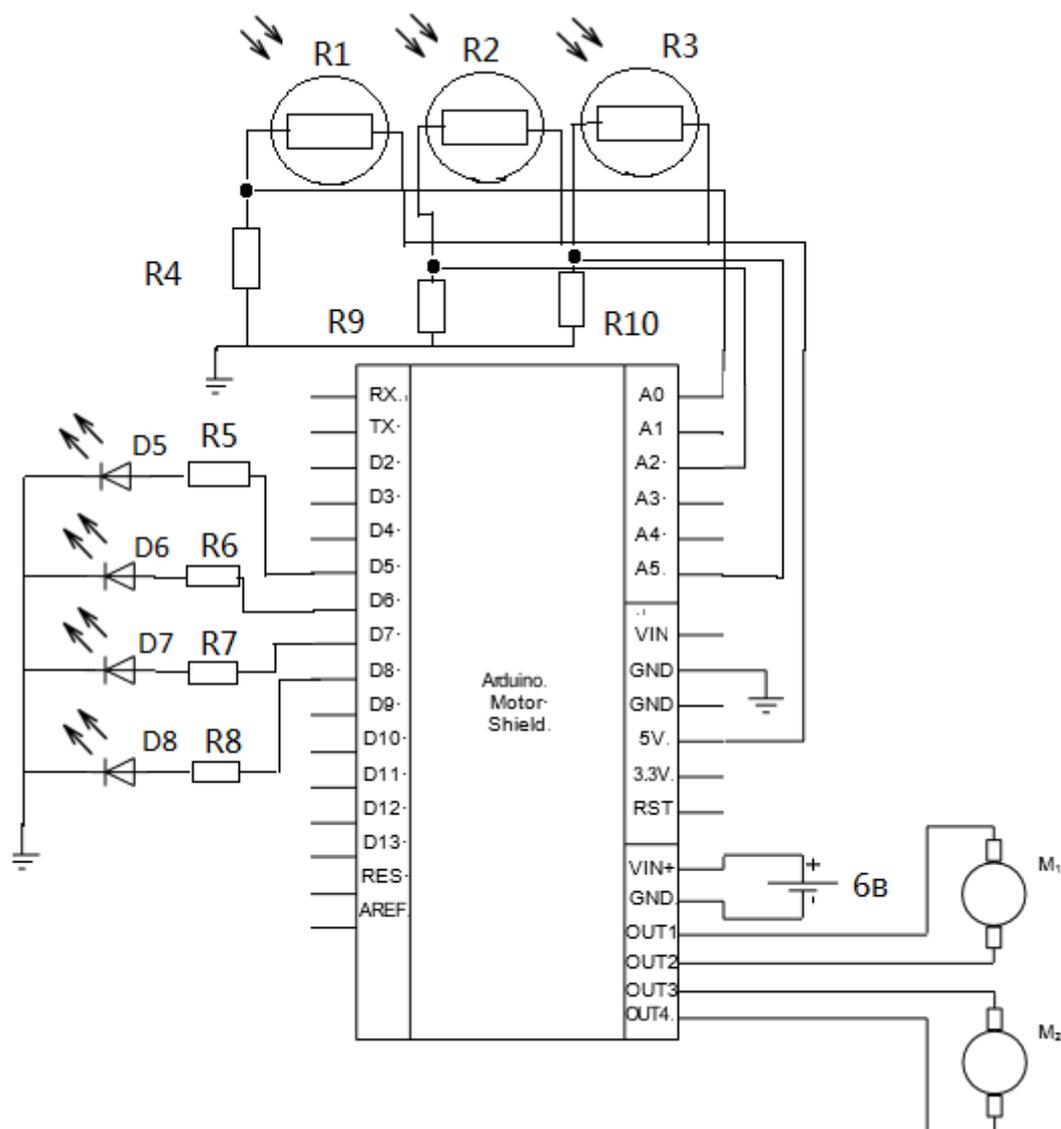


Рисунок 10 - принципиальная схема устройства

Сила света, попадающего на фоторезисторы, изменяет напряжение на средней точке между постоянным резистором и фоторезистором. Это напряжение измеряется в Arduino, используя аналоговые входы. Управляющее воздействие на электродвигатели формируется при помощи ПИД-регулятора.

Светодиодная индикация работает следующим образом: когда робот движется, два желтых светодиода всегда горят, красные светодиоды указывают на текущее направление движения робота. Когда интенсивность света достигает порогового значения промежуточного фоторезистора, колесный робот останавливается. Этот режим предусмотрен для предотвращения наезда робота на источник света.

3 ОТЛАДКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОЛЕСНЫМ РОБОТОМ

3.1 Сборка робота

Процесс сборки колесного робота состоял из следующих этапов:

- фиксация электромоторов с редукторами на несущей раме;
- размещение и закрепление проводов электромоторов;
- размещение плат Arduino и Ardumoto;
- размещение аккумуляторной батареи и переключателя питания;
- размещение фоторезисторов и дополнительных компонентов.

Не смотря на большое количество крепежных отверстий в несущей раме, большинство мест крепления элементов не подходил к аппаратной платформе. Для закрепления плат микроконтроллеров, аккумуляторной батареи, переключателя питания и фоторезисторов были просверлены специальные крепежные технологические отверстия.

В итоге был собран колесный робот, внешний вид которого представлен на Рисунок 11 - Внешний вид реализованного устройстваи Рисунок 10.

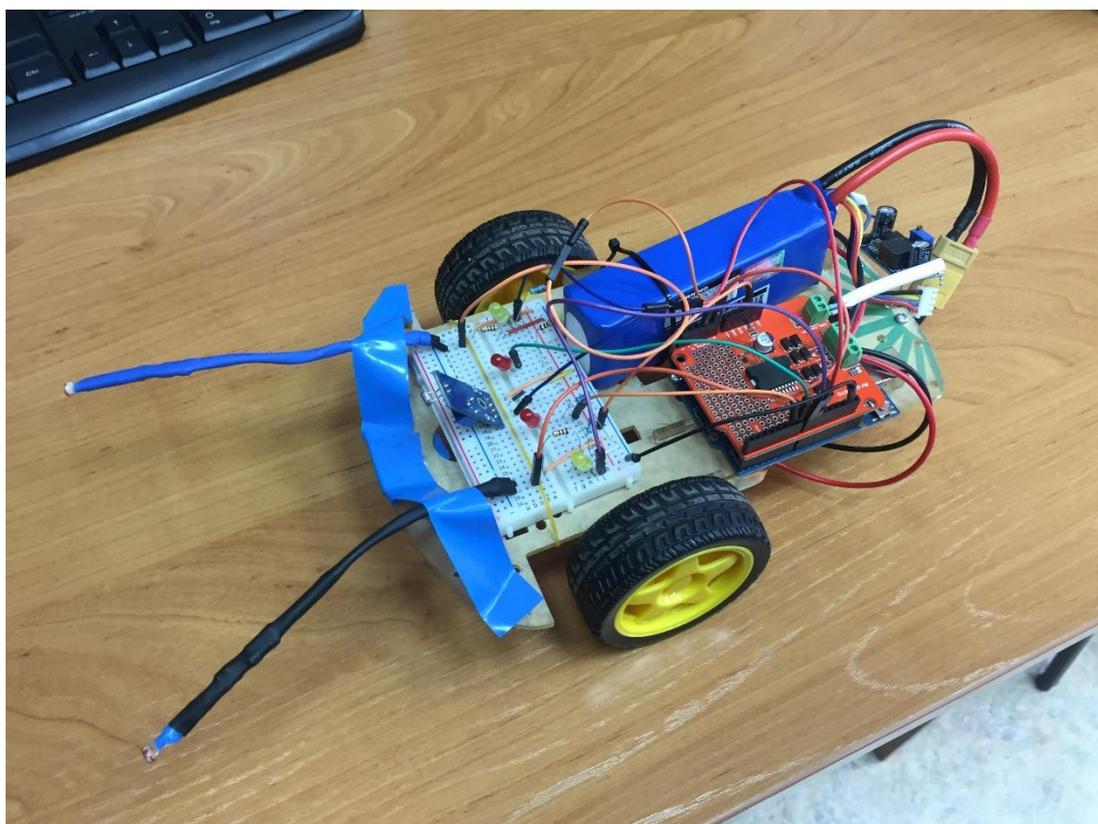


Рисунок 11 - Внешний вид реализованного устройства

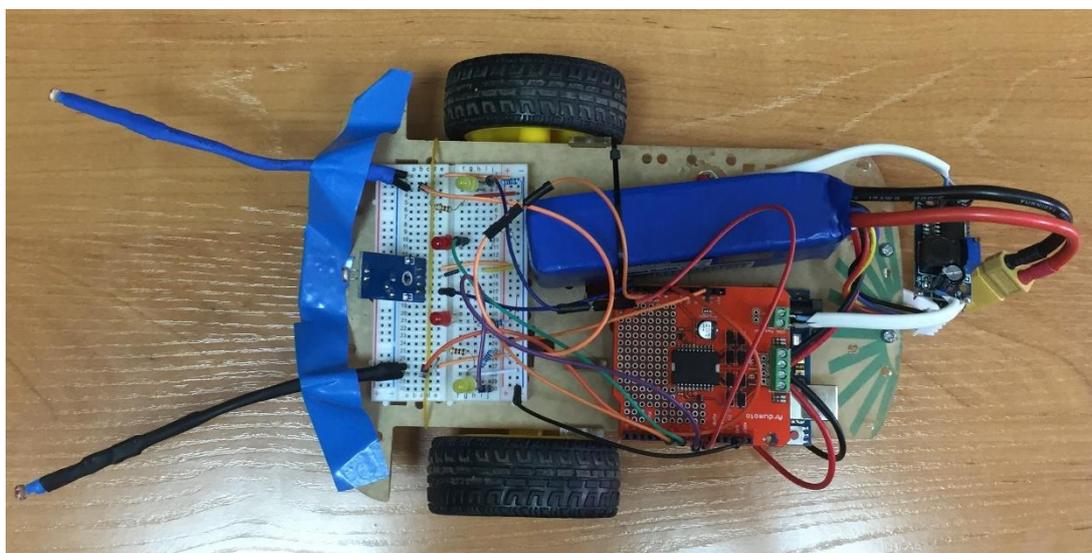


Рисунок 12 - Внешний вид устройства сверху

3.2 Управление колесными приводами

После сборки работа, возникла задача синхронного управления электродвигателями колес. До этого момента был получен опыт раздельного управления моторами и светодиодами, а также, было получено значение

освещенности с фоторезисторов. Сейчас возникла необходимость собрать все компоненты в единое устройство.

3.2.1 Управление электромоторами

Поскольку основной задачей управления является движение колёсного робота до источника света (лампы), то самым простым методом являлось линейное логическое (релейное) управление вращением колес: когда колёсный робот отъезжал слишком далеко от источника света налево, система управления останавливала вращение правого колеса, что приводило к повороту робота направо и наоборот. Система, в зависимости от освещенности фоторезисторов, принимала решение: должен ли колёсный робот двигаться влево или вправо.

Основными недостатками такого регулирования являлись:

- Во-первых, процесс управления был очень нестабильным и медленным.
- Во-вторых, емкость используемой изначально батареи была недостаточной, колёсный робот не мог работать достаточно долго для более точной настройки параметров.
- В-третьих, электромоторы на низких управляющих значениях напряжения останавливались вместо того, чтобы вращаться на низкой скорости.

Проблема низкоёмкой батареи была решена заменой на профессиональную литиевую батарею. У нее рабочее напряжение составляет 11,7 В, батарея характеризуется большой емкостью, хорошей стабильностью и высокими рабочими токами.

Вторая проблема (остановка двигателей на низком управляющем напряжении и малый диапазон скоростей) была связана с тем, что для регулировки скорости моторов используется широтно-импульсно модулированный сигнал при напряжении питания 11,7 В. Когда значение скважности управляющего воздействия ШИМ устанавливалось меньше чем 50,

скорость моторов становилась неуправляемой. Сначала мы пытались решить эту проблему в коде. Для того, чтобы заставить мотор работать на низкой скорости, в первый момент времени подавался импульс большого напряжения (постоянное напряжение без ШИМ), а потом задавалось напряжение на необходимом уровне. Тогда моторы в большинстве случаев работали и на низких скоростях, однако не всегда, что не позволяло использовать и этот метод. Кроме того, диапазон дискретных значений скорости был настолько мал, что не позволял точно управлять работой двух колес одновременно.

Было принято решение использовать аппаратные средства, чтобы увеличить диапазон регулирования на низких оборотах. В схему был добавлен регулятор напряжения серии LM2596, так чтобы уменьшить напряжение питания и стабилизировать его на значении 5 В. Тем самым весь рабочий диапазон ШИМ (1024 значения) может быть максимальным в пределах этого напряжения.

Проблема плавного управления моторами была решена.

3.2.2 Настройка регулятора

Для реализации плавного управления движением робота, было принято решение использовать ПИД-регулирование. В схему управления между фоторезисторами и колесными приводами был включен ПИД-регулятор. Структурная схема системы показана на Рисунок 13.

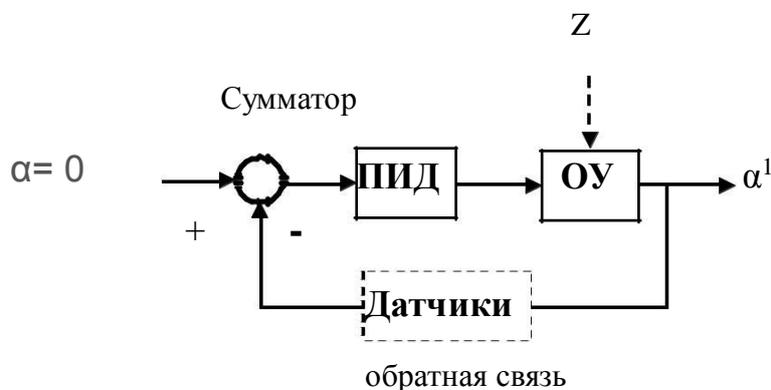


Рисунок 13 - Структурная схема системы

Z – сигнал помехи

$\alpha = A_l - A_r$ (A – значения, полученные с фоторезисторов) – ошибка регулирования

Два фоторезистора позволяют определить текущее положение робота относительно источника света. При условии отсутствия задающего воздействия, α – представляет собой значение управляющего воздействия. Если α не равно 0, то колесный робот уклонился от оси, соединяющей его и источник света.

Для вычисления управляющего воздействия на каждый двигатель, значение базовой скорости двигателя складывается со значением ошибки регулирования α . Экспериментальным путем было установлено, что для равной частоты вращения обоих колес двигателя должны иметь базовое значение скорости 140 слева и 150 справа. Для реализации поворота робота относительно источника света, выходное значение ПИД-Регулятора добавляется к управляющему значению одного колеса, и вычитается из управляющего значения другого. Скорость вращения правого двигателя получается увеличением базовой скорости на количество выходное значение ПИД-регулятора. А Скорость вращения левого двигателя получается вычитанием выходного значения ПИД-регулятора из базовой скорости двигателя. Код программы, реализующей управление, выглядит следующим образом

```
int position = SensorD;  
int error = position - 0;  
int motorSpeed = Kp * error + Ki + 0.01 * error + Kd * (error - lastError);  
lastError = error;  
  
int rightMotorSpeed = rightBaseSpeed + motorSpeed;  
int leftMotorSpeed = leftBaseSpeed - motorSpeed;
```

Настройка параметров ПИД-регулятора (коэффициентов k_p , k_i и k_d) – это самый сложный процесс. Эта настройка зависит от состава системы автоматического управления, характеристик ее составных частей, от решаемой

задачи. Даже одна и та же тележка должна иметь свои настройки для каждой трассы. Для извилистых трасс с резкими поворотами должна активно работать дифференциальная компонента (большой коэффициент k_d), для трасс с плавными поворотами и прямыми участками важнее интегральная компонента.

3.2.3 Остановка работа

Следующей задачей была задача остановки колёсного робота.

Для остановки робота перед препятствием был добавлен ультразвуковой датчик расстояния. При приближении робота к препятствию, значение датчика начинает уменьшаться. Когда расстояние составляет менее 15 см, колёсный робот останавливается условными операторами.

Но в связи с тем, что колёсный робот ездит по земле и движется на свет, а источник света может не всегда находиться на земле — робот часто не мог остановиться при достижении источника света. Поэтому было принято решение поменять ультразвуковой датчик расстояния на датчик света. Колёсный робот самостоятельно останавливается, когда интенсивность света достигает определенного значения. Значение было подобрано опытным путем и может отличаться для различных источников света.

3.2.4 Качество управления

Для точной настройки законов управления необходимо ввести критерии качества управления. Вопрос заключается в том, каким образом можно судить о том, хорош регулятор или плох. Очевидно, что если система управления не в состоянии удержать машину на заданном направлении, то она плоха. Но ведь и по трассе можно ехать по-разному.

На Рисунок 14 представлены различные варианты движения колесной платформы. Предположим, что из-за ошибки платформа сбилась с линии. Будем считать, что колесный робот видит линию и пытается на нее вернуться.

(Платформа нарисована целиком вне линии для наглядности).

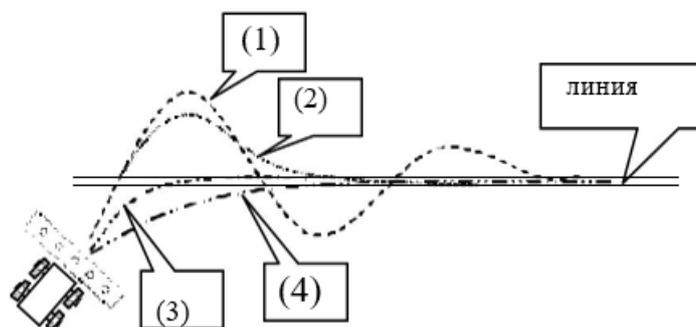


Рисунок 14 - Варианты движения тележки

В зависимости от величины коэффициента усилителя k_p нашего регулятора машина будет вести себя по-разному:

Траектория (1). k_p велик (скажем, $k_p = 2$). Система начинает совершать колебания. Причем амплитуда колебаний может быть большой. Величина максимального отклонения траектории от заданной называется *перерегулированием*. Чем это перерегулирование меньше, тем лучше.

Траектория (2). k_p меньше (например, $k_p = 1$). Система ведет себя получше. Но перерегулирование велико.

Траектория (3). $k_p = 0.5$. Машина, не совершая колебаний, выходит на трассу. Это – лучшее управление.

Траектория (4). k_p мало ($k_p = 0.25$). Выход на трассу тоже осуществляется без колебаний, однако значительно медленнее.

По этим примерам видно, что при изменении только коэффициента пропорционального управления возможны неприятности: колебательность, перерегулирование и большое время переходного процесса

Коэффициенты ПИД-регулятора подбирались эмпирическим путем и корректировались при многократных испытаниях работы робота.

Наилучшее управление было получено при следующих значениях коэффициентов ПИД-регулятора:

$$k_p = 0.5;$$

$$k_i = 0.1;$$

$$k_d = 3$$

Получен хороший результат: колёсный робот двигался быстро и стабильно.

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.

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

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

Достижение цели обеспечивается решением ряда задач:

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

4.1 Календарный план работ и оценка времени их выполнения

Для выполнения исследований по данной работе создана рабочая группа, состоящая из руководителя и студента. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

Был составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проведено распределение исполнителей по видам работ. Порядок составления этапов и работ, а также распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 1. В таблице 2 представлен календарный план выполнения работ.

Таблица 2 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя	Продолжительность, дни
Разработка и выдача технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель, инженер	1
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	15
	3	Выбор направления исследований	Руководитель, инженер	3
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, инженер	3
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Установка роботизированный манипулятор	Инженер	10
	6	Программу для управления манипулятора	Инженер	20
	7	Отладка манипулятора	Инженер	7
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, Инженер	3
	9	Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель, инженер	1
Разработка технической документации и проектирование	10	Разработка манипулятора для выполнения проекта	Инженер	2
	11	Выбор и расчет манипулятора	Инженер	2
	12	Оценка эффективности работы и применения проектируемого изделия	Инженер	3
	13	Разработка правил безопасности при использовании манипулятора	Руководитель, инженер	1
Изготовление и испытание макета	14	Конструирование и изготовление макета	Инженер	8
	15	Лабораторные испытания макета	Инженер	8
Оформление комплекта документации по ВКР	16	Составление пояснительной записки	Инженер	29
	17	Проверка пояснительной записки	Руководитель, инженер	1

Таблица 3 – Календарный план

№ работ	Вид работ	Исполнители	T_{ki} , кал.дн.	Продолжительность выполнения работ												
				Декабрь		Январь				Февраль				Март		
				28	29	11	14	16	26	15	22	25	26	28	2	5
1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель, инженер	1	■												
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	15		■											
3	Выбор направления исследований	Научный руководитель, инженер	1			■										
4	Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель, инженер	2				■									
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер	10					■								
6	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Инженер	20						■							
7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Инженер	7							■						
8	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель, инженер	3								■					
9	Определение целесообразности проведения ВКР	Научный руководитель,	1									■				

Таким образом, был оценен объем необходимых работ, составлен календарный план их проведения и распределены обязанности участников проекта: участниками являются 2 человека - научный руководитель и инженер. Научный руководитель участвует в работе в течении 11 дней, инженер- 114 дней.

4.2 Смета затрат на проект

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

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

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

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

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

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

$K_{\text{пр}}$ -прочие затраты;

$K_{\text{накл}}$ -накладные расходы.

4.2.1 Материальные затраты

Материальные затраты принимаем в размере 5000 рублей на канцелярские товары.

4.2.2 Амортизация компьютерной техники

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

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

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

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

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

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

Затраты и время работы компьютерной техники сведены в таблицу 4.

Таблица 4 – Стоимость и время работы компьютерного оборудования

Объект	Стоимость, руб.	Время использования, дней.
Компьютер	70000	114

Тогда амортизация составит

$$K_{ам.компьютера} = \frac{T_{исп.кт}}{T_{кал}} \times C_{кт} \times \frac{1}{T_{сл}} = \frac{114}{365} \times 70000 \times \frac{1}{5} = 4372 \text{ руб}$$

$$K_{ам} = K_{ам.компьютера} = 4372 \text{ руб}$$

4.2.3 Затраты на заработную плату

Заработная плата рассчитывается для инженера и научного руководителя:

$$K_{з/пл} = ЗП_{инж} + ЗП_{нр}$$

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

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

Заработная плата за месяц:

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

где $ЗП_0$ – месячный оклад, руб;

k_1 – коэффициент, учитывающий отпуск (10%);

k_2 – районный коэффициент (30%).

Заработная плата инженера (10 разряд):

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

Заработная плата научного руководителя (15 разряд):

$$ЗП_{\text{нр}} = ЗП_0 \times \kappa_1 \times \kappa_2 = 26300 \times 1,1 \times 1,3 = 37609 \text{ руб}$$

Рассчитаем заработную плату за количество отработанных дней по факту:

$$ЗП_{\text{инж.фак.}} = \frac{ЗП_{\text{инж}}}{21} \times n = \frac{24310}{21} \times 114 = 131969 \text{ руб}$$

$$ЗП_{\text{нр.фак.}} = \frac{ЗП_{\text{нр}}}{21} \times n = \frac{37609}{21} \times 11 = 19699 \text{ руб}$$

где n- фактическое число дней работы в проекте.

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

$$K_{\text{з/пл}} = ЗП_{\text{инж.фак.}} + ЗП_{\text{нр.фак.}} = 131969 + 19699 = 151668 \text{ руб}$$

4.2.4 Затраты на социальные нужды

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

$$K_{\text{с.о.}} = K_{\text{з/пл}} \times 0,3 = 151668 \times 0,3 = 45500 \text{ руб}$$

4.2.5 Прочие затраты

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

$$\begin{aligned} K_{\text{пр}} &= (K_{\text{мат}} + K_{\text{ам}} + K_{\text{з/пл}} + K_{\text{с.о.}}) \times 0,1 \\ &= (5000 + 4372 + 151668 + 45500) \times 0,1 = 20654 \text{ руб} \end{aligned}$$

4.2.6 Накладные расходы

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

$$K_{\text{накл}} = K_{\text{з/пл}} \times 2 = 151668 \times 2 = 303336 \text{ руб}$$

Составим итоговую смету затрат на выполнения проекта:

Таблица 5 – Смета затрат на проект

Элементы затрат	Стоимость, руб.
Материальные затраты	5000
Амортизационные затраты	4372
Затраты на заработную плату	151668
Социальные отчисления	45500
Прочие затраты	20654
Накладные расходы	303336
Итого:	530530

В результате исследования были рассчитаны основные зависимости и характеристики движения колесного робота, а так же был спроектирован и собран автоматизированный колесный робот, способный распознавать источник света и корректировать относительно него свое движение.

В будущем планируется модернизация колесного робота путем внедрения системы обнаружения препятствий, разработка более сложных алгоритмов прохождения трассы и реализация взаимодействия с другими колесными роботами.

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

В данной работе представлена разработка устройства, реализующего автоматизированное пространственное позиционирование колесного робота. Управление осуществляется посредством аппаратно-вычислительной платформы Arduino UNO совместно с контроллером Ardumoto L298P. Робот оборудован двумя коллекторными двигателями постоянного тока, питание которых осуществляется при помощи литий-полимерной аккумуляторной батареи. Разработка программной и аппаратной частей устройства проходит в аудитории 10-го корпуса ТПУ. Данная разработка может быть применена на производстве для автоматической стабилизации колесных роботов с целью предотвращения аварийных ситуаций.

5.1 Техногенная безопасность

5.1.1 Анализ вредных факторов производственной среды

Рабочая зона данного объекта характеризуется следующими вредными факторами:

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

5.1.1.1 Шум

Шум является важным фактором, влияющим на организм человека и на качество выполняемой им работы. В соответствии с СН 2.2.4/2.1.8.562–96 уровень шума на рабочем месте, оборудованном персональным компьютером, не должен превышать 50 дБ. Уровень шума системы охлаждения используемого персонального компьютера в целом соответствует нормам и составляет 30 дБ. В то же время уровень шума используемых в устройстве коллекторных двигателей постоянного тока доходит до 60 дБ, что не соответствует нормам.

Высокочастотные звуки ежедневно отрицательно действуют на здоровье человека и бытовые приборы. Мало кому известно, как шум влияет на наш организм и что такое отношение сигнал/шум. Одни спокойно относятся к шуму, а у других он вызывает недовольство. Огромную роль играет характер высокочастотных звуков и их периодичность.

Шум отрицательно влияет на абсолютно любой живой организм. Вследствие взаимодействия с ним у человека могут развиваться заболевания сердечно-сосудистой и нервной системы. Когда слуховой аппарат воспринимает высокочастотный звук, у человека изменяется пульс, давление и ухудшается кровообращение.

Ученые доказали, что человек, который находится под постоянным воздействием шума, имеет риск столкнуться с заболеваниями ушной раковины.

5.1.1.2 Электромагнитное излучение

Электромагнитное излучение – это волны, которые распространяются в пространстве под действием различных заряженных частиц. Радиоволны – разновидность такого излучения. Электромагнитные поля, порождаемые в процессе распространения волн, охватывают большие пространства вокруг своих источников, затухая по мере увеличения расстояния.

Справедливости ради отметим, что электромагнитное излучение далеко не всегда бывает искусственным и вредным. Главный его источник – Солнце, и благодаря его лучам возможна жизнь на Земле. Плохие свойства электромагнитных волн начинаются тогда, когда их концентрация и частота превышает допустимые природные нормы.

От каждого персонального компьютера исходит электромагнитное излучение: низкочастотное и радиочастотное. По мнению Всемирной организации здравоохранения, оба типа волн являются канцерогенными – могут

провоцировать рак. Кроме того, установлена взаимосвязь компьютерного излучения и ряда болезней:

- сердечнососудистые заболевания
- болезнь Альцгеймера
- гормональные нарушения,
- астма
- хроническая депрессия,
- заболевания нервной, иммунной и репродуктивной систем.

Причём вредными в компьютере могут быть любые части: от «железа» до периферии. Разберёмся в каждом отдельно.

Допустимые уровни напряженности электромагнитного поля персонального компьютера в соответствии с СанПиНом 2.2.2/2.4.1340-03 приведены в Таблица 6.

Параметры воздействия, частота излучения	Допустимые значения
Статическое поле	20 000 В/м
На расстоянии 50 см вокруг - диапазон частот 5Гц – 2кГц - диапазон частот 2 – 400 кГц	25 В/м 2,5 В/м
Переменное поле на расстоянии 50 см вокруг	0,25 А/м
Магнитная индукция не более - диапазон частот 5 Гц – 2кГц - диапазон частот 2 – 400 кГц	250 нТл 25 нТл
Поверхностный электростатический потенциал не более	500 В

Таблица 6 – Допустимые уровни напряженности электромагнитных полей по СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03

5.1.1.3 Микроклимат

Микроклимат искусственных помещений-климат внутренней среды этих помещений, который определяется сочетаниями температуры, влажности,

скорости движения воздуха. А также уровнем интенсивности теплового излучения. Влажность воздуха, процент содержание в воздухе водяного пара. Абсолютная влажность W -масса водяного пара в 1 M^3 воздуха. Максимальная влажность F -масса водяного пара, который может насытить 1 M^3 воздуха при данной температуре. Относительная влажность — R -это отношение абсолютной влажности к максимальной.

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

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

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

Допустимые микроклиматические условия - сочетание параметров

микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызвать преходящие и быстро нормализующиеся изменения функционального и теплового состояния организма и напряжения реакций терморегуляции, на выходящие за пределы физиологических приспособительных возможностей. При этом не возникает нарушений состояния здоровья, но могут наблюдаться дискомфортные ощущения, ухудшение самочувствия и снижение работоспособности.

Оптимальные и допустимые показатели микроклимата на рабочих местах в помещениях должны соответствовать величинам, приведенным в Таблица 7.

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

Таблица 7 – Оптимальные и допустимые нормы микроклимата

5.1.2 Анализ опасных факторов производственной среды

5.1.2.1 Электробезопасность

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

К области критериев электробезопасности относятся термины,

характеризующие опасные и безопасные токи. Ощутимый ток – это электрический ток, вызывающий при прохождении через организм ощутимые раздражения; Пороговый ощутимый ток – это наименьшее значение ощутимого тока. Неотпускающий ток – это электрический ток, вызывающий при прохождении через человека непреодолимые судорожные сокращения мышц руки, в которой зажат проводник; пороговый неотпускающий ток – это наименьшее значение неотпускающего тока. Фибрилляционный ток – это электрический ток, вызывающий при прохождении через организм фибрилляцию сердца; пороговый фибрилляционный ток – это наименьшее значение фибрилляционного тока.

5.2 Региональная безопасность

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

5.3 Организационные мероприятия обеспечения безопасности

Рабочие места, оборудованные персональными компьютерами, должны располагаться по отношению к световым проемам таким образом, чтобы естественный свет падал с боковой стороны, преимущественно слева.

Расстояние между боковыми поверхностями мониторов должно составлять не менее 1,2 м, расстояние между экраном монитора и задней частью другого монитора – не менее 2 м.

Рабочий стол может быть любой конструкции, которая отвечает

современным требованиям эргономики и позволяет удобно разместить на рабочей поверхности оборудование с учетом его количества, размеров и

характера выполняемой работы. Целесообразно применение столов, имеющих отдельную от основной столешницы специальную рабочую поверхность для размещения клавиатуры. В случае, когда используется стол с нерегулируемой высотой рабочей поверхности, его высота должна быть в пределах от 680 до 800 мм. Глубина рабочей поверхности стола должна составлять 800 мм, ширина – 1600 мм. Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной – не менее 500 мм, глубиной на уровне колен – не менее 450 мм, на уровне вытянутых ног – не менее 650 мм.

Конструкция рабочего стула или кресла должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы работника и позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины. Рабочий стул или кресло должны быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья, при этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию.

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

Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600 - 700 мм, но не ближе 500 мм.

5.4 Особенность законодательного регулирования проектных решений

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

- 1) СанПиН 2.2.2542-96 «гигиенические требования к видео дисплейным терминалам, персональным электронным электронно-вычислительным машинам и организации работы»
- 2) ГОСТ Р 50949-96. « средства отображения информации индивидуального пользователя. Методы измерений и оценки эргономических параметров и параметров безопасности»
- 3) ГОСТ Р 50948-96. « средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности»
- 4) СНиП 23-03-2003 «защита от шума»
- 5) ГОСТ 12.1/2.1.1.1278-03 « ССБТ. Шум. Общие требования безопасности»
- 6) СНиП 23-05-95 «естественное и искусственное освещение»
- 7) СанПиН 2.2.1/2.2.1.1.1278-03 « гигиенические требования кестественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий»
- 8) СанПиН 2.2.4.548 – 96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»

5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее вероятным чрезвычайными ситуациями при разработке устройства являются пожар на рабочем месте. Потенциальное возникновение пожара связано с возможным накоплением токоведущей пыли внутри компьютера, что может привести к короткому замыканию, возгоранию пыли и, если не будет не принято никаких мер, распространению пожара. В связи с возможной угрозой возникновения пожара был разработан план действий согласно с ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ :

- в случае обнаружения возгорания необходимо сообщить руководителю и попытаться потушить очаг возгорания своими силами с

помощью средств первичного пожаротушения такими как: огнетушитель (порошковый, углекислотный);

- в случае если потушить очаг возгорания не удастся, привести в действие ручной пожарный извещатель;
- немедленно сообщить о чрезвычайной ситуации в пожарную охрану по телефону 01 (сотовый 010), назвать адрес объекта, место и причины возникновения пожара;
- принять меры по эвакуации людей, материальных ценностей;
- приступить к тушению пожара, отключив электроэнергию;
- встретить подразделения пожарной охраны и, при необходимости, оказать помощь при выборе наилучшего пути для подхода к очагу пожара.

План эвакуации предоставлен на Рисунок 15.

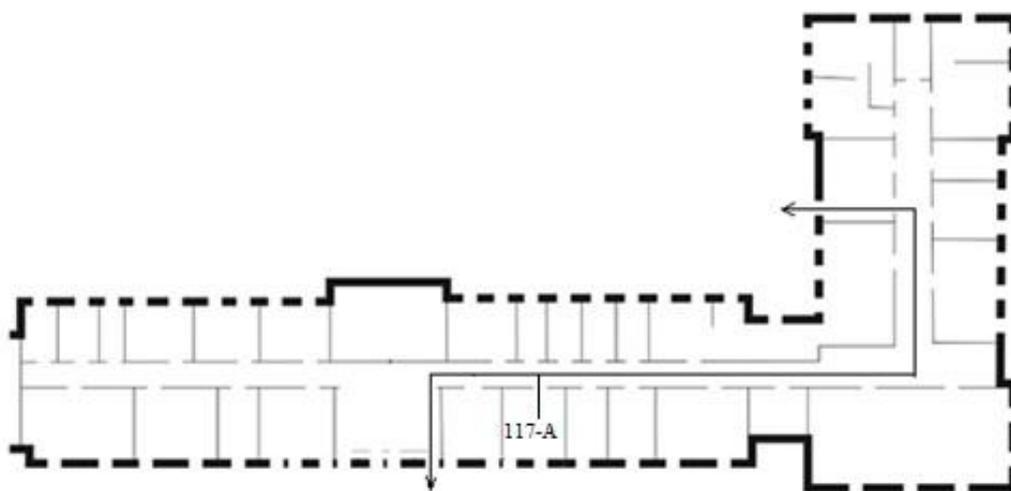


Рисунок 15 – План эвакуации при пожаре и других ЧС из помещений учебного корпуса №10, пр. Ленина, 2, 1-й этаж

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе проектирования выпускной квалификационной работы была разработана автоматизированная система пространственного позиционирования колесным роботом на базе аппаратной платформы Arduino UNO.

В процессе разработки системы были подобраны основные составляющие. Произведена сборка и тестирование датчиков, их калибровка. Испытана работа коллекторных двигателей постоянного тока с различными источниками питания.

Были рассчитаны основные зависимости движения колесного робота, на основе которых был выбран ПИД-регулятор. Написана программа, включающая автоматическую настройку при включении, первичную обработку данных, программную реализацию ПИД-регулятора и возможность отладки и контроля параметров через персональный компьютер. Настройки регулятора производились экспериментально.

В результате исследования были рассчитаны основные зависимости и характеристики движения колесного робота, а так же был спроектирован и собран автоматизированный колесный робот, способный распознавать источник света и корректировать относительно него свое движение.

В будущем планируется модернизация колесного робота путем внедрения системы обнаружения препятствий, разработка более сложных алгоритмов прохождения трассы и реализация взаимодействия с другими колесными роботами. Данная разработка может использоваться как учебный стенд, позволяющий изучать и настраивать ПИД-регулятор.

CONCLUSION

In the process of designing the final qualifying work, an automated system of spatial positioning with a wheeled robot was developed on the basis of the Arduino UNO hardware platform.

During the development of the system, the main components were selected. The assembling and testing of sensors, their calibration were done. The work of DC collector motors with various power supplies has been tested.

The main dependencies of the motion of the wheeled robot were calculated on the basis of which the PID controller was selected. A program has been written that includes automatic setting at power on, primary data processing, program implementation of the PID controller and the possibility of debugging and monitoring parameters through a personal computer. The controller settings were made experimentally.

As a result of the study, the main dependencies and characteristics of the movement of the wheeled robot were calculated, as well as an automated wheeled robot was designed and assembled, capable of recognizing the light source and adjusting its motion with respect to it.

In the future, it is planned to modernize the wheeled robot by introducing an obstacle detection system, developing more sophisticated path-crossing algorithms and implementing interaction with other wheeled robots. This development can be used as a training stand, allowing you to study and configure the PID controller.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- [1] Автоматизирования система управления движением автономного колесного робота URL:<http://portal.tpu.ru/cs/TPU202928.pdf>
- [2] Двухколёсный самобалансирующийся самокат
URL:<http://www.geek-workshop.com/thread-467-1-1.html>
- [3] Робот, движущийся по черной линии
URL:<http://www.dfrobot.com.cn/community/thread-11889-1-1.html>
- [4] Робот, движущийся на свет
URL:<http://www.instructables.com/id/Arduino-Flashlight-Following-Robot/>
- [5] робот, избегающий препятствие, выявляющий и отслеживающий объект. URL:<https://www.youtube.com/watch?v=WtEYMELvRHI>
- [6] ПИД-регуляторы – для практиков
URL:<http://we.easyelectronics.ru/Theory/pid-regulatory--dlya-chaynikov-praktikov.html>
- [7] Аппаратная платформа Arduino
URL: <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardUno>
- [8] Коллекторный электродвигатель постоянного тока [Электронный ресурс] URL: <http://engineering-solutions.ru/motorcontrol/brushdcmotor/>
- [9] Автоматизирования система управления движением автономного колесного робота URL:<http://portal.tpu.ru/cs/TPU202928.pdf>
- [10] Ardumoto URL:<https://learn.sparkfun.com/tutorials/ardumoto-shield-hookup-guide>
- [11] Регуляторы серии LM2596
URL:<http://rudatasheet.ru/datasheets/dc-dc-lm2596/>
- [12] Фоторезистор
URL:<http://home.roboticlab.eu/ru/examples/sensor/photoresist>

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

Листинг программы

```
#define Kp 0.5
#define Ki 0.1
#define Kd 3
#define rightMaxSpeed 200
#define leftMaxSpeed 200
#define rightBaseSpeed 150
#define leftBaseSpeed 140
#define TIMEOUT 2500

#define CW 0
#define CCW 1
#define MOTOR_A 1
#define MOTOR_B 0

int LED1=6;
int LED2=7;
int LED3=8;
int LED4=9;

int SensorL;
int SensorR;
int SensorM;
int SensorD;

const byte PWMA = 3;
const byte PWMB = 11;
const byte DIRA = 12;
const byte DIRB = 13;

void driveArdumoto(byte motor, byte dir, byte spd)
{
  if (motor == MOTOR_A)
  {
    digitalWrite(DIRA, dir);
    analogWrite(PWMA, spd);
  }
  else if (motor == MOTOR_B)
```

```

    {
        digitalWrite(DIRB, dir);
        analogWrite(PWMB, spd);
    }
}
void stopArdu moto(byte motor)
{
    driveArdu moto(motor, 0, 0);
}

void setup()
{
    Serial.begin (9600);
    pinMode (PWMA, OUTPUT);
    pinMode (PWMB, OUTPUT);
    pinMode (DIRA, OUTPUT);
    pinMode (DIRB, OUTPUT);
    pinMode (LED1, OUTPUT);
    pinMode (LED2, OUTPUT);
    pinMode (LED3, OUTPUT);
    pinMode (LED4, OUTPUT);
    digitalWrite (PWMA, LOW);
    digitalWrite (PWMB, LOW);
    digitalWrite (DIRA, LOW);
    digitalWrite (DIRB, LOW);
    digitalWrite (A0, HIGH);
    digitalWrite (A2, HIGH);
    digitalWrite (A5, HIGH);
    stopArdu moto(MOTOR_A);
    stopArdu moto(MOTOR_B);
    delay(500);
}

int lastError = 0;

void loop()
{
    digitalWrite(LED1, LOW);
    digitalWrite(LED2, LOW);
    digitalWrite(LED3, LOW);
    digitalWrite(LED4, LOW);
}

```

```

SensorL = 1023 - 70 - analogRead(A0);
delay(1);
SensorR = 1023 - analogRead(A2);
delay(1);
SensorD = SensorL - SensorR;
SensorM = 1500 - analogRead(A5);
delay(1);

Serial.print("Left Sensor = ");
Serial.print(SensorL);
Serial.print("\t");
Serial.print("Right Sensor = ");
Serial.print(SensorR);
Serial.print("\t");
Serial.print("ABS = ");
Serial.print(SensorD);
Serial.print("\n");
Serial.print("Middle Sensor = ");
Serial.print(SensorM);
Serial.print("\n");
Serial.print("\n");

if (SensorM > 1430)
{
    Serial.println("STOP");
    stopArdumoto(MOTOR_A);
    stopArdumoto(MOTOR_B);
}

int position = SensorD;
int error = position - 0 ;
int motorSpeed = Kp * error + Ki + 0.01 * error + Kd * (error - lastError);
lastError = error;

int rightMotorSpeed = rightBaseSpeed + motorSpeed;
int leftMotorSpeed = leftBaseSpeed - motorSpeed;

if (leftMotorSpeed > leftMaxSpeed ) leftMotorSpeed = leftMaxSpeed;

```

```

    if (rightMotorSpeed < 0) rightMotorSpeed = 0;
    if (leftMotorSpeed < 0) leftMotorSpeed = 0;
    if (SensorM < 1430)
    {
        driveArdumoto(MOTOR_A, CW, leftMotorSpeed);
        driveArdumoto(MOTOR_B, CW, rightMotorSpeed);
        digitalWrite(LED3, HIGH);
        digitalWrite(LED4, HIGH);
        delay(100);
    }

    if (leftMotorSpeed > rightMotorSpeed)
    {
        digitalWrite(LED1, HIGH);
        digitalWrite(LED3, HIGH);
        digitalWrite(LED4, HIGH);
        delay(100);
    }
    else

    {
        digitalWrite(LED2, HIGH);
        digitalWrite(LED3, HIGH);
        digitalWrite(LED4, HIGH);
        delay(100);
    }
}
}

```