

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

Институт Кибернетики
Направление подготовки 27.03.04 «Управление в технических системах»
Кафедра Автоматики и компьютерных систем

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Информационное моделирование и разработка системы управления роботом, ориентирующимся в пространстве

УДК 621.865.8-529:004.94

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8А31	Цайтлер Анна Сергеевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. АиКС	Яковлева Елена Максимовна	К.Т.Н		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. менеджмента	Антонова Ирина Сергеевна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. экологии и безопасности жизнедеятельности	Извеков Владимир Николаевич	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2017 г.

Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Обладать естественнонаучными и математическими знаниями для решения инженерных задач в области разработки, производства и эксплуатации систем управления техническими объектами и средств автоматизации.
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
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 кибернетики

Направление подготовки (специальность) 27.03.04 «Управление в технических системах»

Кафедра Автоматики и компьютерных систем

УТВЕРЖДАЮ:

И.О. зав. кафедрой АиКС

(Подпись) _____ (Дата) Суходоев М.С.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
8А31	Цайтлер Анне Сергеевне

Тема работы:

Информационное моделирование и разработка системы управления роботом, ориентирующимся в пространстве	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	Приказ №786/с от 09.02.2017 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2017 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	- микроконтроллер Arduino UNO; - контроллер Ardumoto L298P; - двигатели постоянного тока; - серводвигатель; - ультразвуковой датчик расстояния.
---------------------------------	---

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Исследование автоматических систем управления мобильными автономными роботами, изучение существующих алгоритмов обхода препятствий движущимися роботами, разработка алгоритма и проектирование регулятора для мобильного робота, свободно ориентирующегося в пространстве.
Перечень графического материала	Презентация в формате *.pptx
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Антонова И.С.
Социальная ответственность	Извеков В.Н.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Заключение	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	6.02.2017 г.
---	--------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. АиКС	Яковлева Е.М.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8А31	Цайтлер Анна Сергеевна		

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

Институт кибернетики

Направление подготовки (специальность) 27.03.04 «Управление в технических системах»

Кафедра Автоматики и компьютерных систем

Период выполнения – весенний семестр 2017 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2017 г.
--	---------------

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

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. АиКС	Яковлева Е.М.	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
8А31	Цайтлер А. С.

Институт		Кафедра	
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	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>	<i>Информация в интернет-магазинах электронных элементов, таких как aliexpress.com, arduino.cc; информация о заработных платах сотрудников с сайта tpu.ru.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Нормативные документы: Постановление Правительства РФ от 04.05.2012 N 442 "О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии"</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Положения ФЗ РФ №212 от 24 июля 2009 г. «О страховых взносах в пенсионный фонд Российской Федерации, фонд социального страхования Российской Федерации, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования»; Общая система налогообложения с учетом льгот для образовательных учреждений (27,1% - отчисления во внебюджетные фонды).</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	1 Потенциальные потребители результатов исследования. 2 Анализ конкурентных технических решений. 3 Оценки перспективности проекта по технологии SWOT. 4 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований.
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	1 Расчет материальных затрат НИИ. 2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ. 3 Основная заработная плата исполнителей темы. 4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы. 5 Отчисление во внебюджетные фонды 6 Прочие расходы.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	1 Анализ интегральных показателей эффективности.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1.	<i>Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений</i>
2.	<i>Итоговая матрица SWOT-анализа</i>
3.	<i>Морфологическая матрица альтернативных решений</i>
4.	<i>Календарный план-график выполнения проекта</i>
5.	<i>Сравнительная эффективность разработок</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. менеджмента	Антонова Ирина Сергеевна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8А31	Цайтлер Анна Сергеевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8А31	Цайтлер Анна Сергеевна

Институт	ТПУ ИК	Кафедра	АиКС
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Управление в технических системах

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Система управления подвижным автономным роботом, объезжающим препятствия по заданному алгоритму
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).	- шум на рабочем месте; - электромагнитные излучения; - освещенность; - микроклимат. - движущиеся машины и механизмы, передвигающиеся изделия, заготовки, материалы; - электрический ток. Разработка организационных и технических мер по нормализации уровней факторов и защите от их воздействия.
2. Экологическая безопасность: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);	Источники загрязнения окружающей среды: - литий-полимерная батарея; - коллекторные двигатели постоянного тока;

– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	Разработка решений по обеспечению экологической безопасности.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	Возможное ЧС техногенного характера – пожар: - формирование предупредительных мер по предотвращению ЧС; - разработка действий при возникновении ЧС и способов ликвидации ее последствий.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Организация рабочего места в соответствии с - СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. экологии и безопасности жизнедеятельности	Извеков Владимир Николаевич	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8А31	Цайтлер Анна Сергеевна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа включает в себя: 96 страниц, 23 рисунка, 24 таблицы, 18 формул, 22 источника, 1 приложение.

Ключевые слова: микроконтроллер Arduino, САУ, ШИМ, регулятор, нечеткая логика, мобильный робот, препятствия.

Цель работы – разработка автономного мобильного робота на основе микроконтроллера Arduino с программным регулятором, основанном на принципах нечеткой логики.

В процессе исследования проводился подбор основных компонентов для проектирования мобильного колесного робота, разработка программы на языке Arduino для реализации управления движением робота на основе принципов нечеткой логики, разработка базы правил для нечеткого регулятора.

В результате исследования был спроектирован и собран автономный мобильный колесный робот, регулирование скорости движения которого происходит в зависимости от степени приближения к препятствию.

В будущем планируется модернизация робота путем внедрения программного кода, в котором будут разработана новая, расширенная база правил для движения робота с целью придания мобильному роботу способности к свободному ориентированию.

Обозначения и сокращения

САУ – Система Автоматического Управления;

ШИМ – Широтно-Импульсная Модуляция;

УЗДР – ультразвуковой датчик расстояния;

USB – Universal Serial Bus или универсальная последовательная шина;

IDE – Integrated Development Environment или интегрированная среда разработки;

НТИ – научно-техническое исследование.

Оглавление

Введение.....	15
1 Понятие систем автоматического управления.....	17
1.1 Современная классификация САУ.....	17
1.2 Классификация изучаемого объекта	18
2 Проектирование модели	20
2.1 Выбор микроконтроллера	20
2.1.1 Технические характеристики Arduino UNO.....	21
2.1.2 Программирование Arduino	24
2.2 Двигатели постоянного тока и драйверы управления двигателями	25
2.3 Датчики расстояния	28
2.4 Схема сборки устройства	31
3 Выбор регулятора.....	34
3.1 Общие положения о нечетком регулировании	36
3.2 Принцип действия нечеткого регулятора.....	38
3.2.1 Формирование базы правил	39
3.2.2 Фаззификация	40
3.2.3 Агрегирование, аккумуляция и активизация	41
3.2.3 Дефаззификация	41
4 Результаты исследования	43
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	46
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	47
5.1.1 Потенциальные конкуренты для результатов исследования	47

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений	48
5.1.3 SWOT-анализ.....	49
5.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	52
5.3 Планирование научно-исследовательских работ.....	54
5.3.1 Структура работы в рамках научного исследования	54
5.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ	55
5.3.3 Разработка графика проведения научного исследования	56
5.3.4 Разработка графика проведения научного исследования	59
5.3.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	61
5.4 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	67
6 Социальная ответственность	70
6.1 Производственная безопасность	71
6.1.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.....	71
6.1.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при проведении исследования	72
6.1.3 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.....	73
6.2 Экологическая безопасность.....	81
6.2.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	81
6.2.2 Анализ «жизненного цикла» объекта исследования	82
6.2.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	82
6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	83

6.3.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований	83
6.3.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при исследовании объекта.....	83
6.3.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	84
6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	86
6.4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	86
6.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	86
Заключение	89
Conclusion.....	90
Список использованных источников	91
Приложение А	93

Введение

Современные автономные мобильные роботы решают множество задач, улучшая качество жизни людей. Робототехнические системы применяются в качестве транспортировочных платформ, в чрезвычайных ситуациях для поиска людей, анализа экологической обстановки, картографирования и пр. Поэтому решение задачи управления мобильной робототехникой имеет важное практическое значение.

Автоматизация активно развивается и вызывает интерес все большего числа простых людей. Способствует этому также удешевление микроконтроллеров и элементов, с помощью которых можно проектировать устройства разной сложности. В открытом доступе находятся видео уроки, руководства, статьи по робототехнике.

Современные системы автоматизации расширяют поле деятельности, дополняя классические методы управления новыми, интеллектуальными. В последнее время нечеткая логика завоевывает все больше сторонников среди разработчиков систем управления. Простота и дешевизна разработки нечетких систем управления способствует все более частому привлечению проектировщиков. Такие системы применяются для систем с неполной информацией и высокой сложностью объекта управления.

Объединяя эти направления, микроконтроллер Arduino UNO стал фаворитом разработчиков, по крайней мере, в учебной сфере. Он характеризуется низкой стоимостью, простотой программирования и наличием множества библиотек, упрощающих процесс написания программ. Так, для микроконтроллера существует библиотека для реализации нечеткого управления.

Целью работы является проектирование подвижной автономной колесной платформы, перемещающейся в пространстве, способной обнаруживать препятствия и избегать столкновения с ними. Для достижения этой цели поставлены следующие задачи:

1. Классификация предполагаемого объекта управления с точки зрения теории управления;
2. Подбор датчиков, служащих элементами информационно-измерительной системы, и двигателей, служащих элементами исполнительной системы;
3. Выбор регулятора и разработка алгоритма управления на основе сделанного выбора;
4. Программная реализация регулятора на языке Arduino;
5. Тестирование устройства.

1 Понятие систем автоматического управления

Для автономной работы робототехническая система должна иметь систему навигации, которая позволяла бы избегать столкновения с препятствиями и достигать конечной цели движения робота. Ориентация в пространстве подразумевает такое движение, при котором система способна двигаться не только прямолинейно, но и совершать повороты налево, направо, разворот на месте, по заранее заданному алгоритму.

Задачу выработки различных управляющих воздействий на исполнительные механизмы в соответствии с текущей ситуацией решает система автоматического управления (САУ).

1.1 Современная классификация САУ

Согласно фундаментальным принципам управления, совокупность автоматического регулятора и регулируемого объекта образуют систему автоматического регулирования (САР). Совокупность объекта управления и управляющего устройства образуют систему автоматического управления (САУ). В настоящее время точной границы между этими понятиями не проводят, а потому их можно считать взаимозаменяемыми.

Существует несколько видов классификации систем автоматического регулирования. По методу управления все системы можно классифицировать по методу управления, функциональному признаку и другим признакам. Наибольший интерес для исследования представляют признаки, сведенные в таблицу 1.1.

Таблица 1. 1 - Классификация систем управления по некоторым из признаков

<i>По принципу управления</i>	- Принцип разомкнутого управления; - Управление по возмущению; - Управление по отклонению; - Комбинированное управление.
-------------------------------	--

<i>По алгоритму функционирования</i>	- Системы стабилизации; - Системы программного управления; - Следящие системы.
<i>По характеру функционирования</i>	- Обычные; - Адаптивные (самонастраивающиеся, экстремальные, самоорганизующиеся).
<i>По количеству координат объекта управления</i>	- Одномерные; - Многомерные (связного управления и несвязного управления) [1].

1.2 Классификация изучаемого объекта

Проектируемая система снабжена ультразвуковым дальномером, определяющим текущее расстояние до объекта, который может стать препятствием для движения платформы. Именно этот датчик выступает элементом обратной связи, таким образом, система использует принцип управления по отклонению. Достоинство такого принципа управления заключается в том, что решения принимаются системой не только на основании известных ей целей и задач управления, но также по информации о текущем состоянии объекта. В условиях динамического изменения внешней среды для робота такая информация необходима для обеспечения регулирования.

Кроме того, поскольку определить характер этих изменений заранее практически невозможно, возникают трудности в обеспечении приемлемого качества управления. В связи с этим систему по характеру функционирования нельзя отнести к обычным. Полученная система является адаптивной системой управления.

Адаптивные системы управления относятся к классу интеллектуальных систем автоматического управления. Основным отличием таких систем от других САУ является реализация человекоподобных рассуждений и реакций на какие-либо изменения в окружающей среде, которые возникают при выполнении задачи в заданной предметной области.

Поскольку работа системы не подразумевает поддержание заданного значения какой-либо величины, но ей заранее известен закон, по которому должно изменяться управляющее воздействие, по алгоритму функционирования САР относится к классу систем программного регулирования. Так как задающее воздействие зависит не от времени, а от входных параметров системы, программа регулирования называется параметрической и описывается уравнением (1.1).

$$g = g^0(z_1, z_2) \quad (1.1)$$

Параметрические программы широко используются в сложных системах, где, в отличие от систем стабилизации, требуется воспроизведение программы регулирования с заданной точностью [2].

2 Проектирование модели

Робот является подвижной платформой, управляемой микроконтроллерным устройством, где реализован интеллектуальный регулятор; он снабжен колесами, управляемыми двигателями, а также сенсорами, необходимыми для ориентации устройства в пространстве. В данной главе произведен подбор элементов для проектирования системы.

2.1 Выбор микроконтроллера

В настоящее время развитие робототехники шагнуло далеко вперед, она стала доступна для изучения каждому. Неудивительно, что на рынке появилось множество решений для самостоятельно проектирования несложных устройств, в том числе среди платформ для разработки.

Так, Raspberry Pi является типичным представителем одноплатных компьютеров. Внешний вид Raspberry приведен на рисунке 2.1.



Рисунок 2. 1 - Внешний вид Raspberry Pi

Одноплатные компьютеры характеризуются высокой многозадачностью, большей производительностью, широким выбором языков программирования. Компьютер имеет процессор, порты USB, большую память, аудио выход и графический выход HDMI.

Главным преимуществом Raspberry Pi является наличие 40 контактов ввода/вывода общего назначения. К нему можно подключить любое периферийное устройство, в том числе камеры, наушники, мониторы и телевизоры. Кроме того, Raspberry обладает высокой производительностью и многозадачностью. Его используют для создания сложных проектов, таких как веб-сервер или VPN сервер, роботы с компьютерным зрением, в том числе с распознаванием лиц и т.д.

Arduino является микроконтроллером, а не самостоятельным компьютером, а потому его функционал намного скромнее. Однако Arduino характеризуется:

- простотой программирования, в то время как для программирования Raspberry требуются знания Linux;
- надежностью – его можно включить и отключить в любой момент, в то время как Raspberry Pi чувствителен к подключению к сети, так как он работает на операционной системе и требует правильного выключения;
- потреблением меньшего количества энергии;
- дешевизной.

Таким образом, для создания первой версии проекта был выбран микроконтроллер Arduino UNO. Этого достаточно для программной реализации простейшего нечеткого регулятора. Однако, для расширения функционала устройства и более подробного изучения интеллектуальных систем управления можно использовать Raspberry Pi.

2.1.1 Технические характеристики Arduino UNO

Arduino UNO представляет собой плату, содержащую микроконтроллер ATmega328, стабилизаторы питания и контактные разъемы для подключения элементов информационно-измерительной и исполнительной систем связи. Выбор данного устройства обусловлен наличием у Arduino программной оболочки, снабженной множеством библиотек, что значительно упрощает процесс программирования робота.

Питается Arduino напряжением от 6 до 12 В, требуемые уровни преобразуются стабилизаторами [3].

На рисунке 2.2 приведен сам микроконтроллер.

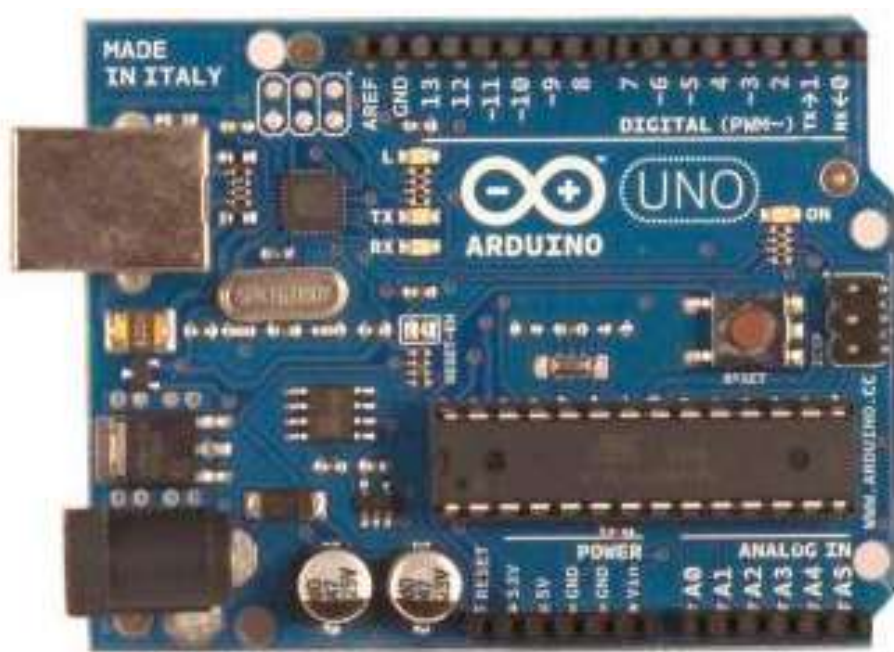


Рисунок 2. 2 – Внешний вид микроконтроллера

Arduino UNO построен на основе ATmega328 [4]. Платформа оснащена:

- 6 аналоговыми входами;
- 14 цифровыми вход/выходами, 6 из которых можно использовать для реализации управления мощностью посредством применения широтно-импульсной модуляции;
- ICSP разъемом (разъемом для внутрисхемного программирования);
- USB разъемом;
- кнопкой перезагрузки платы.

Плата обеспечивает постоянный ток на линиях ввода/вывода до 40 мА, для линии 3,3 В – до 50 мА. Уровень напряжения на выводах ограничен 5 В. Все выводы сопряжены со внутренними подтягивающими резисторами номиналом от 20 до 50 кОм.

Аналоговые выводы (A0 – A5) представляет аналоговое напряжение в виде 10-битного числа (1024 различных значений), его значение также колеблется в диапазоне от 0 до 5 В.

Микроконтроллер ATmega328 обладает 32 кБ Flash-памяти, 0.5 кБ из них используются для хранения загрузчика, и еще 2 кБ отводятся под ОЗУ (SRAM) и 1 кБ для ПЗУ (EEPROM). Такой объем памяти позволяет платформе хранить достаточно объемные и сложные программы. Тактовая частота работы – 16 МГц.

Arduino UNO может питаться от USB, этого достаточно для программирования и отладки разрабатываемого устройства. Однако, такой способ питания не удовлетворяет требованиям автономности, так как, питаясь от USB, устройство становится зависимым от параметров провода, а потому не может перемещаться на большие расстояния, и разработка устройства становится бессмысленной. А потому необходимо обеспечить внешний источник питания, который можно разместить на самом устройстве.

Напряжение внешнего источника может иметь величину в пределах от 6 до 20 В. Однако, напряжение, значение которого меньше 7 В уменьшает напряжение на выводе 5 В, что влечет за собой нестабильную работу устройства. Напряжение, значение которого превышает 12 В, как правило, приводит к перегреву стабилизатора напряжения и выходу контроллера из строя. Поэтому, рекомендуется использовать источник питания с напряжением от 7 до 12 В.

Сама платформа достаточно эргономична, длина и ширина платы, на которой размещен микроконтроллер, составляют 69 и 53 мм соответственно, что позволяет поместить ее на робота небольших размеров, как на рисунке 2.3.

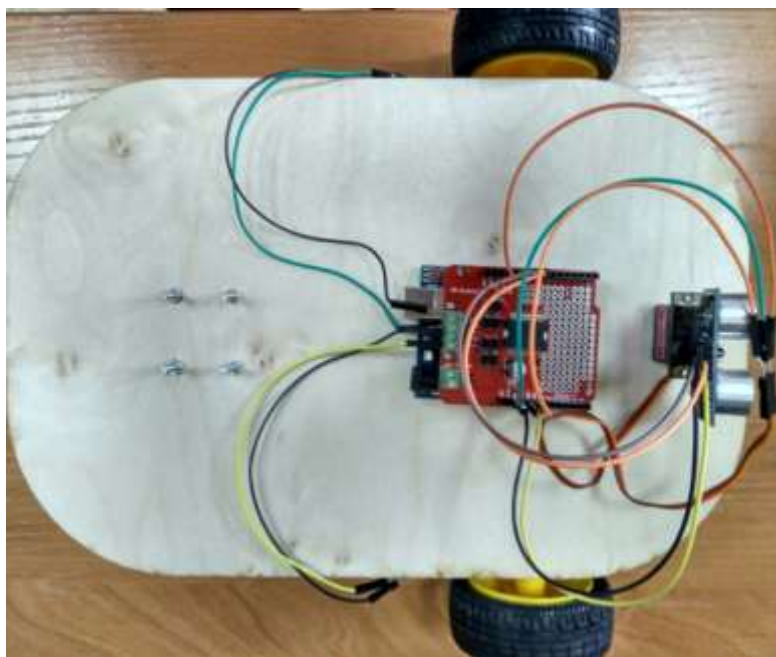


Рисунок 2. 3 - Размещение микроконтроллера на подвижной платформе

2.1.2 Программирование Arduino

Выбор Arduino UNO в качестве микроконтроллера был обусловлен, кроме того, гибкой и удобной средой разработки программного обеспечения. Контроллер также адаптирован для загрузки программ через USB-порт компьютера.

Arduino IDE (интегрированная среда разработки) – это специальный текстовый редактор, программа, позволяющая писать скетчи – программы – на простом языке. Язык Arduino основан на языке Processing, используемом для изучения, прототипирования и производства. Processing, в свою очередь, основан на языке Java. Программирование на Arduino подразумевает модульность языка, а это значит, что программа организуется как совокупность небольших независимых блоков, и это позволяет упростить тестирование программы и обнаружение ошибок в ней.

Arduino снабжен библиотеками, служащими для упрощения программирования и расширения функционала. Так, для реализации выбранного алгоритма управления на базе нечеткой логики, в ходе реализации робота на базе Arduino UNO при программировании будет использована

библиотека eFLL (Embedded Fuzzy Logic Library), что позволит сократить листинг и упростить написание программы. Для использования библиотеки достаточно включить ее в программный код с помощью оператора `#include`, как на рисунке 2.4.

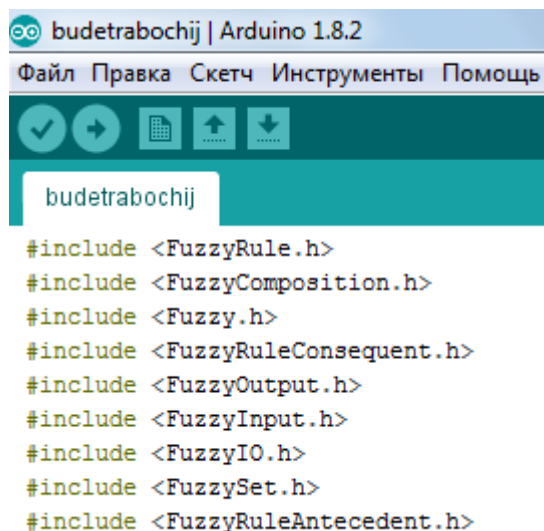


Рисунок 2. 4 - Подключение элементов библиотеки eFLL к проекту

Для постоянного контроля данных, которые может запрашивать оператор у устройства, служит Монитор порта, который открывается из программной среды Arduino IDE. Так, для контроля значений расстояния до препятствия и текущей скорости движения устройства, на экран Монитора порта будут выводиться текущие значения этих параметров.

2.2 Двигатели постоянного тока и драйверы управления двигателями

Мобильные роботы могут быть колесными, шагающими и гусеничными.

Шаговые двигатели точны, при подаче потенциала на обмотку ротор двигателя поворачивается строго на заданный угол. Однако они не удовлетворяют требованиям к характеристикам движения робота, потому что существует проблема «проскальзывания» ротора, которая возникает при превышении нагрузки на валу, или неверной настройке управляющей программы. Электрически это не может быть замечено, а потому все

последующие движения могут производиться с ошибкой. Так как для объекта управления точность позиционирования имеет большую важность, шаговые двигатели использоваться не могут.

Гусеничный движитель сложен для реализации и не имеет смысла в рамках задач исследуемого объекта, а потому лучшим вариантом реализации является колесный робот.

В ходе проектирования было решено выбрать электрические двигатели постоянного тока с редукторами. Выбранный двигатель приведен на рисунке 2.5.

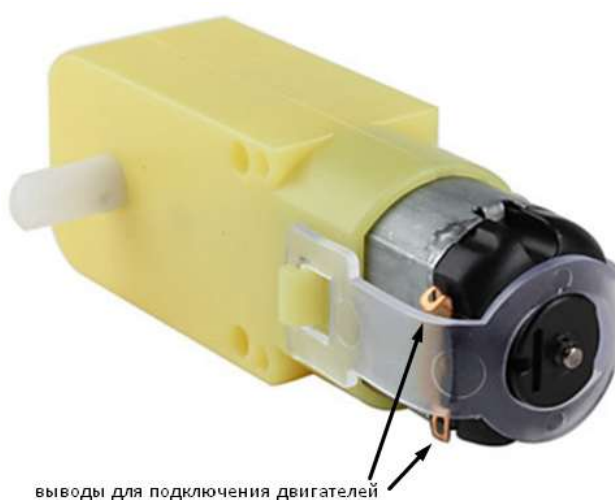


Рисунок 2. 5 - Двигатель постоянного тока

Они характеризуются дешевизной и простотой применения. Достаточно подключить положительный и отрицательные выводы источника питания к соответствующим полюсам, и двигатель начнет работать. Изменение полярности приведет к реверсу. Скорость вращения колеса зависит от величины поданного напряжения: подавая минимальные 3 В можно получить скорость равную 100 ОБ/мин.

Поскольку Arduino не может обеспечить величину тока, потребляемую двигателями, нет смысла подключать их напрямую. Для более эффективного и грамотного управления двигателями используются драйверы двигателей. Любой драйвер представляет собой сдвоенный Н-мост, реализующий изменение направления тока для каждого двигателя, что приводит к

изменению направления вращения. Кроме того, драйвер имеет возможность управления скоростью вращения двигателей с помощью ШИМ. ШИМ – широтно-импульсная модуляция – это процесс управления мощностью, подаваемой на нагрузку, путем изменения скважности управляющих импульсов. Изменяя скважность ШИМ можно добиться изменения скорости вращения колес. Для используемых двигателей существует только три варианта скоростей. Таблица скоростей приведена на рисунке 2.6.

напряжение	DC 3 В	DC 5 В	DC 6 В
ток	100 МА	100МА	120МА
передаточ. число редуктора	48: 1		
ОБ/МИН (С шиной)	100	190	240
Диаметр шины	66 мм		
автомобиль. Скорость (М/мин)	20	39	48
мотор.Вес (г)	50		
Размер двигателя	70 мм * 22 мм * 18 мм		

Рисунок 2. 6 - Режимы скоростей для ДПТ

В настоящее время наиболее распространёнными драйверами являются микросхемы серии L: L293 и L298. Так как это микросхемы одной серии, но разной модификации, разница между ними небольшая. Так, микросхема L293D обеспечивает максимальный выходной ток не более 1,2 А, в то время как L298 – до 2А; первая обеспечит напряжение питания двигателей до 36 В, вторая – до 46 В. Однако, микросхема L298 требует подключения внешних диодов к выводам электродвигателя, служащих для отвода индукционных всплесков, возникающих во время торможения и изменения направлении вращения. Такие диоды уже реализованы внутри самой микросхемы L293D. Однако, используемая плата Ardumoto Shield, основанная на микросхеме L298P, подразумевает наличие таких диодов, а потому принципиальной разницы в выборе микросхемы нет.

В проекте используется новейшая плата Ardumoto Shield, представленная на рисунке 2.7. На ней размещается микросхема L298P – двухканальный мостовой драйвер для управления двигателями постоянного тока [5]. Плата устанавливается на соответствующие выводы Arduino. На

Ardumoto организованы два вида входов. Два для управления скоростью и два для управления направлением вращения: 3 и 11, 12 и 13 выводы соответственно.

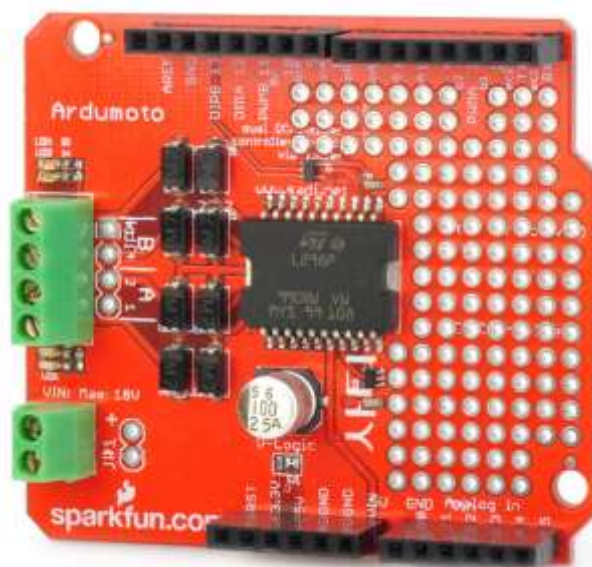


Рисунок 2. 7 - Ardumoto Shield на основе микросхемы L298P

Конструктивно плата способна организовать подключение одновременно двух двигателей, соответственно, платформа будет стоять на трех колесах, два из которых управляются коллекторными двигателями постоянного тока, и еще одно колесо – опорный ролик – для обеспечения устойчивого положения платформы.

2.3 Датчики расстояния

Для того, чтобы устройство не просто ехало по прямой линии, а могло обнаруживать и объезжать препятствия, оно должно быть обеспечено элементами информационно-измерительной системы. К ним относят датчики или сенсоры. Для данного исследования необходимо применять датчики, измеряющие расстояния от объекта управления до препятствия. Существует несколько видов таких датчиков.

Простейший вариант – инфракрасный датчик препятствий, изображенный на рисунке 2.8. Он работает по принципу отражений:

инфракрасный светодиод с линзой излучает узкий пучок света в прямом направлении, и он, отражаясь от препятствия, попадает на детектор.



Рисунок 2. 8 - Внешний вид ИК-датчика расстояния YL-63

Выходной сигнал датчика может принимать только два значения, то есть он может указать только на то, есть препятствие на заданном расстоянии от объекта управления, или нет. Заданная величина, с которой сравнивается текущее расстояние до препятствия, задается с помощью переменного резистора, установленного на плате. Пока датчик не «увидит» препятствия, на выходе будет ноль. Положительный импульс придет тогда, когда напряжение, пришедшее с фотодиода, станет больше заданного значения.

Данный датчик имеет ряд недостатков: он крайне подвержен помехам, в том числе от любых источников света, а потому требует настройки чувствительности; не выдает конкретных значений, а может лишь обнаружить препятствие на заданном расстоянии; в измерениях всегда присутствует погрешность, вызванная различной отражающей способностью поверхностей объектов.

Также существуют оптические рефлекторные датчики расстояния, например, как Sharp GP2Y0A21YK0F, приведенный на рисунке 2.9.



Рисунок 2. 9 - Внешний вид оптического рефлекторного датчика

Принцип его работы такой же, как у рассмотренного выше ИК-датчика, но он имеет аналоговый выход, то есть, измеряет непосредственно расстояние от объекта управления до препятствия. Однако, вычисление расстояния требует определенных вычислительных мощностей, так как при изменении этого расстояния сигнал на аналоговом выходе измеряется непропорционально, и для расчета применяется специальная формула. Кроме того, диапазон дальности измеряемых расстояний для таких датчиков ограничен 80 см.

Исходя из рассмотренных недостатков, свойственных рассмотренным датчикам, в проекте применяется ультразвуковой датчик расстояний HC-SR04, который имеет диапазон измерений от 2 до 500 см, не подвержен ошибкам измерения из-за цвета или текстуры объекта, являющегося препятствием, выдает аналоговые значения расстояний. Внешний вид датчика приведен на рисунке 2.10.



Рисунок 2. 10 - Ультразвуковой дальномер HC-SR04

Принцип работы заключен в излучении динамиком ультразвукового сигнала, который при отражении от препятствия возвращается к приемнику, а расстояние, пройденное сигналом, оценивается по его длительности [6]:

$$L = v \cdot \frac{t}{2}, \quad (2.2)$$

где L – расстояние до препятствия, v – примерная скорость звука, t – время, пройденное сигналом.

Для того, чтобы перевести полученное значение в сантиметры, необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$dist_sm = \frac{pulse_width}{58} \quad (2.3)$$

где $dist_sm$ – искомая величина, см; $pulse_width$ – длительность полученного сигнала, мкс.

Преимущество такого датчика заключается в том, что на его показания не влияют источники света или цвет препятствия. Он может измерять гораздо большие расстояния, чем ИК-датчики. HC-SR04 прост в использовании, он не требует дополнительных настроек или вычисляющего математического аппарата.

Единственная проблема измерения расстояния до препятствия с помощью ультразвукового дальномера HC-SR04 обусловлена тем, что угол обзора датчика не превышает 15° . Для устранения этого недостатка применяется сервопривод MG90S. Он достаточно компактный, и обеспечивает поворот на $180^\circ - 90^\circ$ в каждом направлении – что значительно может увеличить угол обзора применяемого дальномера. Применение серводвигателя также обусловлено выбранным алгоритмом управления объекта, о чем речь пойдет в последующих главах.

2.4 Схема сборки устройства

Таким образом, в результате подбора компонентов было решено использовать следующие элементы:

- микроконтроллер Arduino UNO;
- драйвер управления двигателями Ardumoto Shield на базе микросхемы L298P;
- электрические двигателями постоянного тока с редукторами;
- ультразвуковой датчик расстояния HC-SR04;
- сервопривод, служащий для увеличения угла обзора датчика;
- платформа из фанеры для крепления и сборки элементов.

Схема сборки мобильного робота, реализованная при помощи САПР Fritzing, приведена на рисунке 2.11.

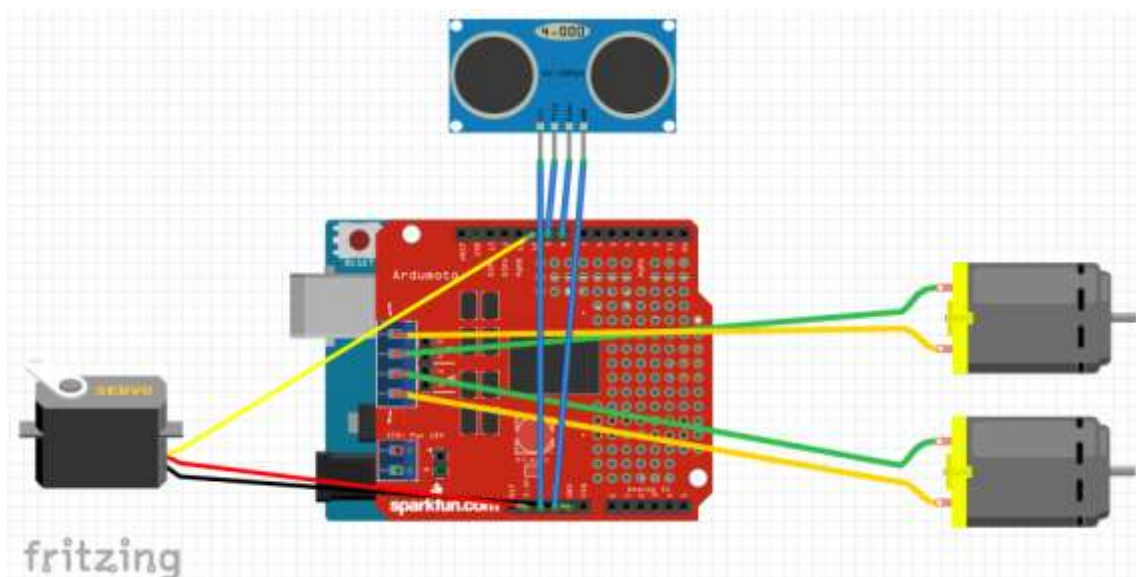


Рисунок 2. 11 - Схема подключения мобильного робота

Соединение Arduino UNO и Ardumoto осуществляется путем установки второй платы на первую. Поэтому подключение датчиков к Arduino осуществляется через плату Ardumoto.

Драйвер в соответствии с управляющим воздействием от микроконтроллера управляет скоростью и направлением вращения двигателей постоянного тока. Они подключаются к плате через специальные клеммы для двигателей А и В. Подключение датчика расстояния происходит через соответствующие пины с учетом того, что для стабильной работы датчика ему необходимо питание 5 В. Выводы Echo и Trig, служащие для отправки и

приема ультразвукового сигнала, подключаются к 8 и 9 пинам соответственно. Серводвигатель, служащий для увеличения угла обзора датчика, подключается к плате с учетом требования к напряжению питания 3,3 В.

Питание устройства должно осуществляться от внешнего источника питания, обеспечивающего автономность устройства. Тестирование полученного робота показало, что заявленных 7 В для питания Arduino с учетом имеющейся нагрузки не хватает. Таким источником является, например, литий-полимерная аккумуляторная батарея с выходным напряжением от 9 до 12 В.

3 Выбор регулятора

Перемещение автономного робота связано с опасностью повреждения его элементов вследствие столкновения со статическими либо динамическими препятствиями. Задача исследования – разработка алгоритма, позволяющего роботу самостоятельно ориентироваться в пространстве, избегая столкновений с помехами.

Сложность разработки робототехнического комплекса, выполняющего поставленные задачи, связана с тем, что вариантов управляющих воздействий, которые может выдавать система в зависимости от входных параметров, множество. Заданную систему автоматического управления называют многомерной. Многомерные системы автоматического управления – это такие системы, в которых число управляемых координат и (или) управляющих воздействий равно двум и более [7].

Система не является ни следящей, ни системой стабилизации. Управление роботом не подразумевает задания уставки и поддержания в соответствии с ней значения какого-либо параметра. Таким образом, построение точной математической модели для такого объекта управления практически невозможно ввиду их плохой формализуемости. А потому классические математические регуляторы, такие, например, как ПИД-регулятор (и сопутствующие ему П-, ПИ-регуляторы) не позволяют решить задачу управления объектом.

В связи с этим необходимо применить иные алгоритмы и методы управления объектом. Полученная система будет построена на новых, интеллектуальных принципах. Существует несколько классов таких алгоритмов. Наиболее применяемыми среди них являются:

- гипотеза-тест;
- метод скелетирования;
- нечеткая логика [8].

Самым простым является метод гипотезы и теста. Его основными этапами являются:

- 1) предложение гипотезы в виде пути-кандидата от начальной до конечной точки траектории движения робота;
- 2) все направления движения тестируются на возможность столкновения с препятствиями;
- 3) если обнаруживается возможность столкновения, препятствие исследуется в целях определения пути обхода.

Такой алгоритм хорошо работает для случаев, когда препятствия встречаются редко и не являются динамическими, то есть, когда траектория пути заранее известна. Для построения таких алгоритмов используют методы одометрии: подсчет пройденного пути осуществляется с помощью энкодеров, инерциальных измерительных устройств, принципов визуальной одометрии, а также применяют GPS или ГЛОНАСС для навигации более крупных объектов. Целесообразность применения этих методов рассмотрена в статье [9].

Методы скелетирования основаны на идее заполнения пути движения равноудаленными от препятствий точками, образующими прямые линии, по которым в дальнейшем робот будет ориентироваться в пространстве. Так, например, строится линия Вороного, приведенная на рисунке 3.1.



Рисунок 3. 1 - Линия Вороного

Мобильный робот в начале пути переходит из текущего положения на первую точку на линии Вороного. Далее, перемещаясь прямолинейно от точки к точке, постепенно проходит заданный путь, до тех пор, пока не достигнет последней, ближайшей к целевой конфигурации точки. Затем робот покидает

линию и движется к цели. Недостаток такого метода заключается в сложности вычислений линии Вороного в таком пространстве, которое характеризуется широким размахом и сложной формой препятствий.

В любом случае, оба метода подразумевают наличие знаний о препятствиях, которые могут появиться на пути робота. Таких недостатков лишен алгоритм, основанный на нечеткой логике. Он позволяет учитывать динамически изменяющиеся препятствия, так как производит однозначное преобразование вектора входных сигналов в вектор выходных в каждый момент времени.

Так, в ходе работы в качестве интеллектуальной системы управления был выбран нечеткий контроллер.

3.1 Общие положения о нечетком регулировании

В общем случае системы, использующие опыт и практические знания экспертов в изучаемой предметной области, называются экспертными системами. Возможны два вида реализации таких систем:

- в качестве «советчика» на этапе проектирования, который предлагает несколько альтернатив построения регулятора с пояснением недостатков и преимуществ каждого из них;

- в качестве «экспертного регулятора», включаемого непосредственно в контур управления объектом, заменяя традиционные цифровые регуляторы.

«Экспертный регулятор» служит для оценки текущего состояния системы на основании информации, поступающей от сенсоров, и выработки в соответствии с ним стратегии управления так, как это сделал бы человек. Для экспертных систем в качестве представления базы знаний, в соответствии с которыми вырабатывается стратегия, используются продукционные правила. Запись правила выглядит следующим образом:

«ЕСЛИ (посылка), ТО (заключение)».

К одному из видов «экспертных регуляторов» относится регулятор, построенный на основе принципов нечеткой логики – нечеткий регулятор.

Продукционные правила для таких регуляторов описываются при помощи лингвистических переменных. С ними можно связывать любые физические величины, такие как «дистанция», «температура», значения которых определяются с помощью термов: «далеко», «близко», «холодно», «тепло». При этом каждому терму ставится в соответствие некоторое значение описываемой величины. Соответствие того или иного значения определяется величиной функции принадлежности, которая описывается при разработке базы знаний для системы.

Количество термов для каждой лингвистической переменной не ограничено и зависит от целей и точности регулирования. В случае управления автономным мобильным роботом такими переменными являются «дистанция», «поворот сервомотора» и «направление движения». Если через переменную x обозначить переменную «дистанция», а функцию $f(x)$ задать следующим образом:

$$f(x) = \begin{cases} 1, & \text{если } x \geq 30 \\ 0, & \text{если } x < 30 \end{cases},$$

то множество «далеко» A может быть задано выражением

$$A = \{x, | f(x) = 1\}, x \in X,$$

где X – множество всех возможных значений x .

Другими словами, множество A состоит из всех таких значений x , для которых функция $f(x)$, которую называют функцией принадлежности, принимает значение 1. В то же время, все значения x , для которых заданная функция принадлежности равна нулю, не принадлежат множеству A .

Однако, двузначное деление (строго «да» и «нет») не учитывает возможного разброса мнений относительно границ исследуемого множества, а более естественным считается задание функции принадлежности в виде плавной кривой, являющейся переходом из одного состояния в другое, как на рисунке 3.2.

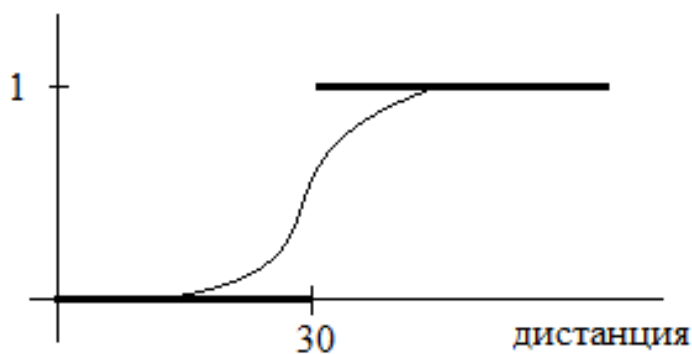


Рисунок 3. 2 - Графическое представление

В приведенном случае функция принадлежности $f(x): X \rightarrow \{0, 1\}$ ставит в соответствие каждому элементу $x \in X$ число $f(x)$ из интервала $[0; 1]$, описывающее степень принадлежности элемента x множеству A . Заданное таким образом множество называют *нечетким* множеством [11].

Нечеткие модели динамических систем применяются в следующих случаях:

- если имеется лингвистическое описание процесса, отражающее понимание процесса, достаточное для его описания множеством нечетких правил;
- если не могут быть идентифицированы параметры уравнений, описывающих процесс; либо эти уравнения слишком сложны, но могут быть интерпретированы нечетким образом;
- нечеткие правила реакций системы оцениваются входными данными системы [10].

3.2 Принцип действия нечеткого регулятора

При разработке САУ с нечетким контроллером основная часть работы сводится к конструированию базы нечетких продукционных правил. Обеспечение движения платформы по прямолинейной траектории не вызывает проблем при написании программы. Однако, встретив препятствие, робот должен принять решение о дальнейших действиях. За хранение перечня

всех возможных действий в соответствии с полученными данными и отвечает база правил, которой проектировщик должен наделить систему.

САУ с нечетким контроллером в общем случае представлена на рисунке 3.3.

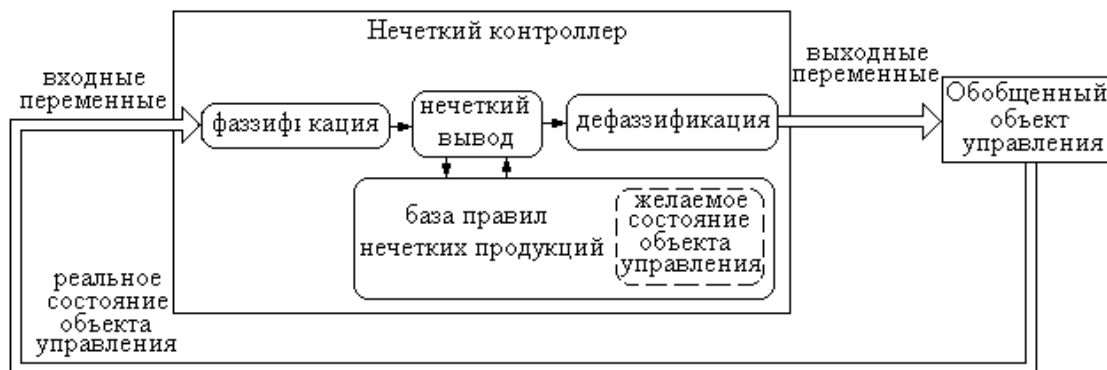


Рисунок 3. 3 - САУ с нечетким контроллером

Работа алгоритма включает в себя несколько последовательных этапов. Эти этапы определяются видом используемого алгоритма. Существует множество таких алгоритмов, среди которых: алгоритм Цукamoto, алгоритм Сугено, упрощенный алгоритм нечеткого вывода и прочие. Самым распространенным и применяемым является алгоритм Мамдани [11]. Диаграмма последовательности этапов приведена на рисунке 3.4.

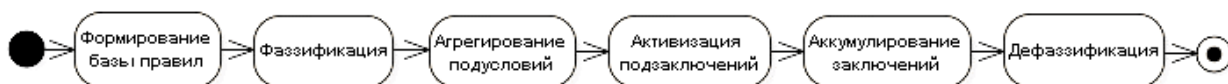


Рисунок 3. 4 – UML-диаграмма процесса нечеткого вывода.

3.2.1 Формирование базы правил

Первый этап – формирование базы правил – подразумевает представление эмпирических знаний (знаний экспертов) в той или иной области в общей базе правил. Эта база образуется из конечного множества правил нечетких продукций, описанных лингвистическими переменными. База правил представляется в виде структурированного текста:

Правило_1: ЕСЛИ «состояние А», ТО «закключение для состояния А» $f(A)$

Правило_2: ЕСЛИ «состояние Б», ТО «закключение для состояния Б» $f(B)$

...

Правило_n: ЕСЛИ «состояние n», ТО «заключение для состояния n» $f(n)$

Здесь через f_i ($i \in \{A, B...n\}$) обозначены весовые коэффициенты, соответствующие значениям функции принадлежности того или иного термина, описывающего лингвистическую переменную.

3.2.2 Фаззификация

Переход от конкретных входных значений к термам – фаззификация – включает в себя несколько этапов.

На первом этапе для каждого из термов (например, «близко», «средняя», «далеко») находятся такие числовые диапазоны, которые характеризуют каждый терм наилучшим образом, в соответствии с целями регулирования. Для каждого из них принимается единичное значение функции принадлежности f . Второй шаг характеризуется определением значения параметра с нулевым значением функции принадлежности к каждому терму. После определения экстремальных значений (минимальное и максимальное) необходимо определить промежуточные значения. Функции принадлежности f_i , служащие для этого, бывают двух видов: треугольные (а, б, в, рисунок 3.4) и трапециевидные (г, д, е, рисунок 3.5).

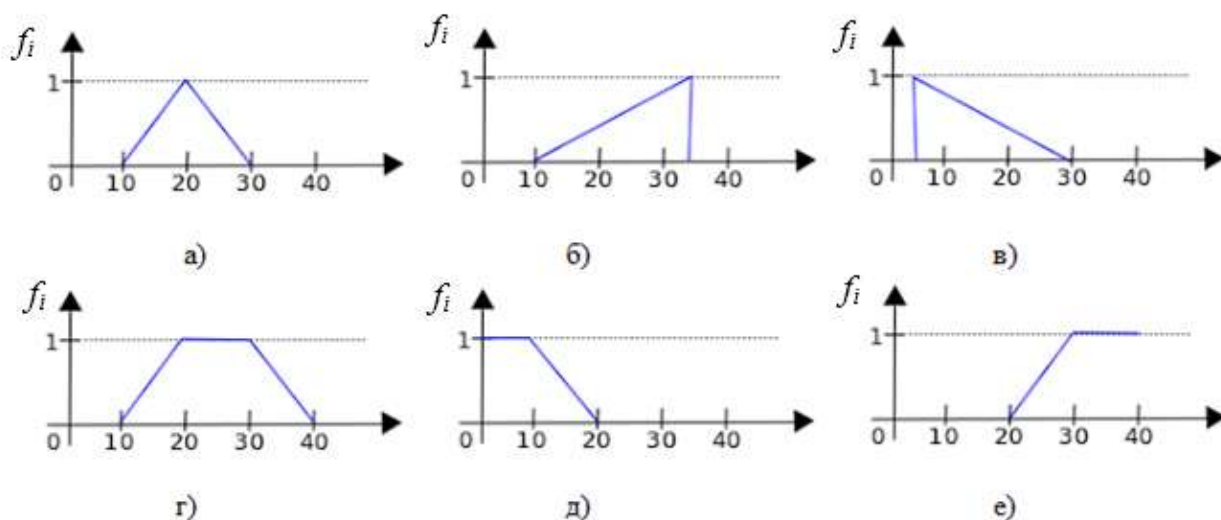


Рисунок 3. 5 - Виды функций принадлежности

После того, как термы определены, из существующей базы правил выбирается то, которое соответствует входным параметрам.

3.2.3 Агрегирование, аккумуляция и активизация

Этап агрегирования – это определение степени истинности условия по каждому из правил системы. Все значения истинности для каждого из подусловий определяются известными до начала этого этапа. Если условие правила состоит из одного подусловия, то степень его истинности равна известному значению. Если же условие состоит из нескольких подусловий, то степень истинности сложного высказывания определяется на основе известных значений истинности при помощи правил конъюнкции или дизъюнкции логических переменных:

Правило_x: ЕСЛИ «условие А», ТО «заключение для условия А»

Правило_y: ЕСЛИ «условие Б₁» ИЛИ «условие Б₂», ТО «заключение для условия Б»

Этап активизации заключений – это определение степени истинности для каждого из подзаключений правил системы. Происходит аналогично этапу агрегирования, только для подзаключений правил.

Этап аккумуляции подразумевает нахождение значений функций принадлежности для каждой из выходных лингвистических переменных. Этот этап необходим потому, что подзаключения, относящиеся к одной и той же лингвистической переменной, могут принадлежать разным правилам системы нечеткого вывода. Для каждого из правил вычисляется значение функции принадлежности, после чего следует этап дефаззификации, на котором происходит переход от полученных значений к конкретным значениям для каждой из выходных лингвистических переменных.

3.2.3 Дефаззификация

Для выработки управляющего воздействия необходимо перейти от лингвистических переменных к конкретным значениям. Для этого существует процесс дефаззификации. Существует множество методов дефаззификации.

Так, по *методу максимума* выбирается тот элемент нечеткого множества, который имеет наивысшую степень принадлежности этому множеству. Если же такое значение не является единственным, то выбор из

элементов, имеющих наивысшую степень принадлежности, осуществляется по определенному критерию.

По *методу левого (правого) максимума* из всех значений, имеющих наивысшую степень принадлежности нечеткому множеству, выбирается наименьшее (наибольшее) значение. По *методу среднего из максимумов*, соответственно, принимается среднее арифметическое координат локальных максимумов.

По *методу центра тяжести* центроид площади, ограниченной графиком кривой общей функции принадлежности (см. рисунок 3.6), полученной на этапе аккумуляирования, определяется по формуле:

$$y = \frac{\int_{\min}^{\max} xf(x)dx}{\int_{\min}^{\max} f(x)dx}, \quad (3.4)$$

где y – результат дефаззификации. Значение выходной переменной равно абсциссе центра тяжести полученной площади.

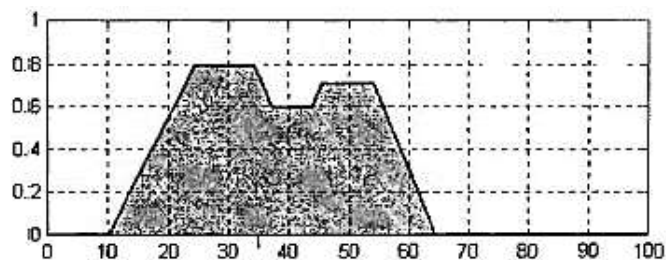


Рисунок 3. 6 - Площадь под кривой функции принадлежности

Наибольший интерес представляет *метод центра площади* (Center of Area), так как именно его использует библиотека eLL.lib Arduino для дефаззификации переменных. Согласно ему результат дефаззификации рассчитывается по следующей формуле:

$$\int_{\min}^y f(x)dx = \int_y^{\max} f(x)dx, \quad (3.5)$$

где y – результат дефаззификации. Здесь центр площади равен абсциссе, которая делит полученную площадь на две равные части.

4 Результаты исследования

Структурная схема для объекта исследования, полученная в ходе проектирования, приведена на рисунке 4.1.

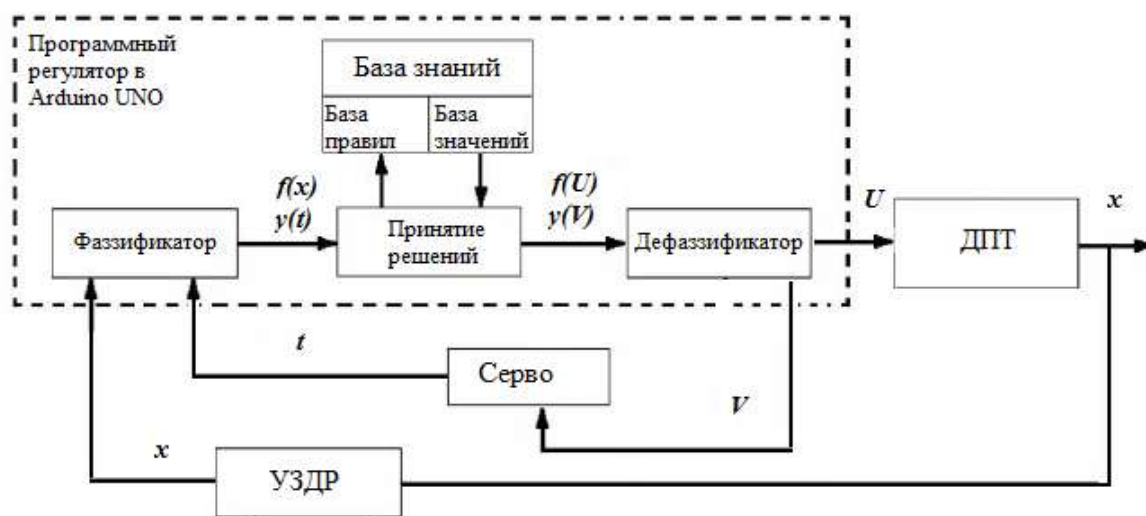


Рисунок 4. 1 - Структурная схема системы управления роботом

U , V – деффазифицированные значения управляющих напряжений, выдаваемых контроллером;

x – расстояние до препятствия, изменяющееся с течением времени;

t – угол поворота серводвигателя для изменения угла обзора УЗДР;

$f(x)$, $y(t)$ – фаззифицированные значения угла и расстояния, описываемые лингвистическими переменными;

$f(U)$, $y(V)$ – переменные, подлежащие дефаззификации с целью выработки управляющих воздействий;

УЗДР – аббревиатура для ультразвукового датчика расстояния.

Для корректной работы робота необходимо сформировать базу правил, определяющую направление вращения двигателей, скорость их вращения, а также управление поворотом серводвигателя для определения наличия препятствий слева и справа от робота.

Алгоритм движения в виде команд для робота: если препятствий нет, двигайся вперед. При обнаружения препятствия оцени обстановку слева: если препятствий нет, соверши поворот налево. Если слева обнаружено препятствие, поверни направо. Если препятствия обнаружены со всех сторон,

развернись. Сформулированная база правил для регулятора, предназначенного для робота, способного свободно ориентироваться в пространстве динамических препятствий, представлена на рисунке 4.2.

		Дистанция	
		$\leq 30\text{см}$	$> 30\text{см}$
Серводвигатель	Лево	Остановка, серво – вправо	Поворот налево с максимальной скоростью, серво – прямо
	Прямо	Остановка, серво – влево	Движение вперед с максимальной скоростью, серво – прямо
	Право	Разворот	Поворот направо с максимальной скоростью, серво – прямо

Рисунок 4. 2 - База правил для нечеткого регулятора

На текущем этапе разработки с помощью нечеткой логики разработан регулятор скорости, позволяющий управлять скоростью движения робота в зависимости от расстояния до препятствия.

В каждый момент времени ультразвуковой датчик измеряет расстояние до ближайшего препятствия. На основе данных, полученных от датчика, регулятор, реализованный в программном коде, на этапе фаззификации определяет терму лингвистической переменной «дистанция» для полученного значения расстояния («близко» – меньше 30 см, «средне» – от 30 до 70 см, «далеко» – от 70 до 100 см). Далее, исходя из заданной базы правил, регулятор выбирает то правило, которое определено для полученной термы, и в соответствии с ним подготавливается управляющее воздействие, также описанное в термах лингвистической переменной «скорость» («стоп», «средняя», «быстро»). На этапе дефаззификации происходит переход от

подготовленного термина к конкретным числовым значениям (0, 128, 255 соответственно).

Описанный код реализации регулятора на базе Arduino приведен в приложении А.

Внешний вид спроектированного мобильного робота представлен на рисунке 4.3.

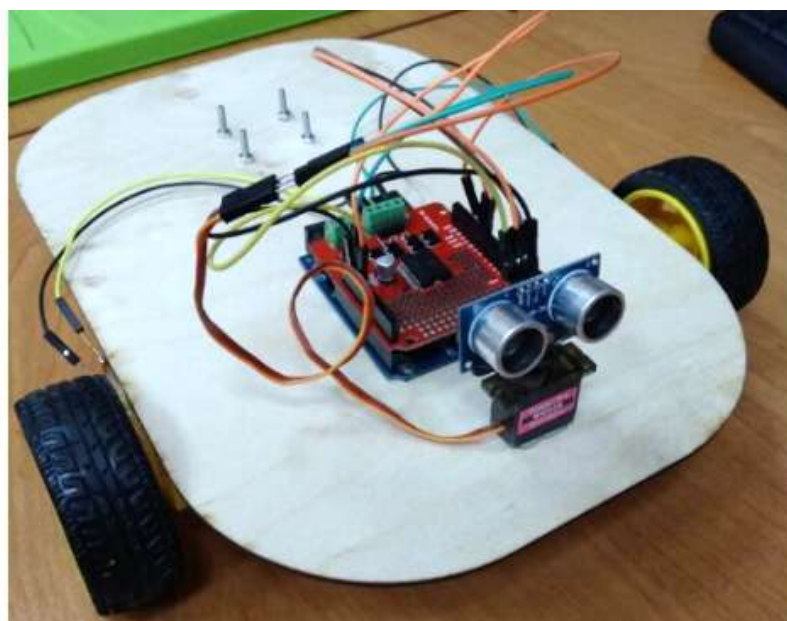


Рисунок 4. 3 - Внешний вид готового проекта.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В современном мире ценность образования специалиста во многом зависит от того, насколько его знания необходимы предприятию. Особенно ценятся на специалисты, которые могут не только разработать технические и технологические решения, но и экономически обосновать их в соответствии с запросами рынка. Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Данный раздел выпускной квалификационной работы включает в себя оценку коммерческого потенциала создания проекта – автономной подвижной колесной платформы-робота, предназначенной для транспортировки небольших предметов. В данной части происходит определение возможных альтернатив разработки проекта, которые будут отвечать требованиям финансовой и ресурсной эффективности.

Конечным продуктом анализа является опытный образец устройства. Поэтому в разделе произведен учет материальных затрат на изготовление полученной автономной платформы, снабженной ультразвуковым датчиком расстояния, двигателями постоянного тока, колесами, серводвигателем, микроконтроллером Arduino UNO и специальной платой расширения Ardumoto.

В разделе представлен анализ готового к реализации проекта, а также оценка альтернативных решений создания проекта. Также произведен расчет ресурсной и финансовой эффективности исследования.

5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

5.1.1 Потенциальные конкуренты для результатов исследования

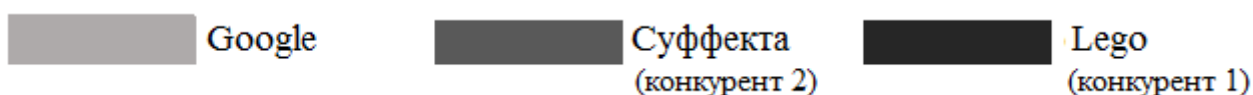
Для анализа существующей конкуренции необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Объектом разработки является автономная подвижная колесная платформа, обходящая препятствия по заданному алгоритму. Группу потребителей могут составить предприятия, где требуется промежуточная транспортировка в технологическом процессе какого-либо производства; либо центры молодежного инновационного творчества, где устройство может применяться в качестве робототехнического конструктора. Сегментирование рынка произведено по следующим критериям: размер компании-заказчика и вид компании. Карта сегментирования приведена в таблице 5.1.

Таблица 5. 1 - Карта сегментирования

Критерий		Вид компании	
		Автоматизированное производство	Детские кружки по робототехнике
Размер компании	Крупные		
	Средние		
	Мелкие		

Карта сегментирования услуг по разработке колесных роботов:



На карте сегментирования незанятыми являются ниши разработки роботов для мелких компаний в автоматизированных производствах и детских кружках, а также для средних кружков по робототехнике. В соответствии с

картой сегментирования, в качестве сегментов, на которые следует направить максимальные усилия и ресурсы, выбраны следующие сегменты: разработка конструкторов для средних и мелких детских кружков по робототехнике; разработка транспортных платформ для некрупных автоматизированных производств.

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Анализ приведен в таблице 5.2.

Таблица 5. 2 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентно-способность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
Показатели оценки качества разработки							
Энергоэффективность	0,1	3,5	4,0	3,0	0,4	0,4	0,3
Помехоустойчивость	0,05	3,8	1,5	2,0	0,2	0,1	0,1
Надежность	0,1	4,0	4,5	3,5	0,4	0,5	0,4
Унифицированность	0,1	2,5	1,0	3,0	0,3	0,1	0,3
Уровень материалоемкой разработки	0,05	3,0	1,0	1,5	0,2	0,1	0,1
Уровень шума	0,05	3,3	3,0	2,5	0,2	0,2	0,1
Безопасность	0,1	3,0	3,5	4,5	0,3	0,4	0,5
Потребность в ресурсах памяти	0,05	4,5	2,5	3,5	0,2	0,1	0,2
Функциональная мощность	0,1	2,5	3,0	3,0	0,3	0,3	0,3
Простота эксплуатации	0,1	3,5	1,5	2,5	0,4	0,2	0,3

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентно-способность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
Качество интеллектуального интерфейса	0,1	3,0	3,5	2,5	0,3	0,4	0,3
Возможность подключения к ЭВМ	0,1	3,5	3,5	3,0	0,4	0,4	0,3
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки							
Конкурентоспособность	0,1	1,5	2,5	3,0	0,15	0,25	0,30
Уровень проникновения на рынок	0,1	0,5	3,0	1,0	0,05	0,30	0,10
Перспективность рынка	0,2	4,0	4,0	4,0	0,80	0,80	0,80
Цена	0,1	3,0	1,5	2,5	0,30	0,15	0,25
Послепродажное обслуживание	0,1	3,5	2,0	1,5	0,35	0,20	0,15
Финансовая эффективность	0,2	3,3	2,5	3,5	0,65	0,50	0,70
Срок выхода на рынок	0,1	1,5	3,5	2,5	0,15	0,35	0,25
Наличие сертификации разработки	0,1	0,5	2,0	3,0	0,05	0,20	0,30
Итого	1						

Слабыми сторонами проекта являются низкий уровень проникновения на рынок и отложенный срок выхода на него. Сравнительно низкий показатель безопасности обусловлен тем, что установка не доработана.

В то же время, продукт удовлетворяет таким показателям, как энергоэффективность, материалоемкость и простота обслуживания. Таким образом, продукт является конкурентоспособным в условиях существующего рынка.

5.1.3 SWOT-анализ

Для исследования внутренней и внешней среды проекта был проведен комплексный анализ научно-исследовательского проекта – SWOT-анализ.

Итоговая матрица SWOT-анализа, полученная в результате реализации всех этапов исследования, приведена в таблице 5.3.

Таблица 5. 3 - Итоговая матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями. С2. Простота эксплуатации и обслуживания. С3. Наличие прототипа разработки. С4. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ. С5. Модульная структура установки.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Относительно низкая квалифицированность персонала. Сл2. Недостаточная проработка человеко-машинного интерфейса. Сл3. Незавершенность проекта (находится в стадии разработки). Сл4. Отсутствие средств для реализации. Сл5. Ограниченный функционал устройства.
Возможности: В1. Повышение стоимости разработок конкурентов. В2. Повышение доступности необходимых элементов. В3. Повышенный интерес пользователей к робототехнике. В4. Тенденция к использованию микроконтроллерных устройств. В5. Тенденция развития технологий беспилотных устройств.	В1С1С4С5 – проведение рекламной компании для детских робототехнических кружков. В4С5 – модульная структура позволяет применять различные микроконтроллерные устройства.	Сл1Сл4В1 – привлечение внешнего финансирования (в т.ч. оформление заявок на молодежные гранты). Сл2Сл3Сл4Сл5В3 – проведение мероприятий по повышению квалификации разработчика.
Угрозы: У1. Большой срок поставки оборудования, необходимого для проведения научного исследования. У2. Несвоевременное финансирование научного исследования. У3. Дифференциация в области политики поставщиков. У4. Увеличение срока выхода на рынок при	У1С3С4 – использование инновационной структуры ТПУ, можно применять имеющиеся элементы электроники для расширения проекта. У5С1С3С5 – модульная структура установки позволит заменить устаревший микроконтроллер на новый.	У1Сл3 – учет параллельных процессов в проекте сократит ожидание поставки материалов. У2Сл3Сл4 – привлечение инвесторов в проект поможет минимизировать влияние несвоевременности финансирования со стороны образовательного учреждения.

неудовлетворительных результатах испытаний. У5. Создание более совершенных микроконтроллеров.		
---	--	--

Вторым этапом является выявление соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Для этого составляются интерактивные матрицы, приведенные в таблице 5.4.

Таблица 5. 4 - Интерактивные матрицы

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	В1	+	0	-	+	+
	В2	+	+	-	-	+
	В3	-	-	0	-	-
	В4	0	0	-	-	+
	В5	0	-	-	-	-
Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	В1	+	-	-	+	-
	В2	0	-	-	+	-
	В3	-	+	+	+	+
	В4	-	+	0	0	-
	В5	+	0	-	-	-
Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	У1	0	-	+	-	0
	У2	+	-	-	0	-
	У3	+	+	-	-	-
	У4	-	+	+	-	-
	У5	+	-	+	-	+
Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	-	-	+	0	-
	У2	-	-	+	+	-
	У3	-	-	+	0	-
	У4	+	+	-	-	0
	У5	0	-	+	-	+

Таким образом, сильные стороны проекта удовлетворяют его возможностям. Невысокая стоимость проекта, его простота и модульность позволяют использовать практически все возможности для развития исследований. Однако, слабые стороны проекта в сочетании с внешними угрозами ставят под вопрос будущее развитие проекта. Для их минимизации необходимо повысить уровень квалификации разработчиков, а также найти альтернативные пути приобретения элементов для устройства, возможно, отечественных производителей.

5.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Вышеизложенный метод анализа предложенного технического решения ориентирован на совершенствование результатов научного исследования, находящегося на стадии создания прототипа. Однако, для анализа возможных альтернатив построения объекта можно использовать и другой метод – морфологический.

Морфологический подход основан на систематическом исследовании всех теоретически возможных вариантов, вытекающих из закономерностей морфологии объекта исследования. Путем комбинирования вариантов получают большое количество различных решений, ряд которых представляет практический интерес.

Для определения таких альтернатив используется морфологическая матрица (см. таблицу 5.5). Для ее построения были выделены следующие морфологические характеристики: аппаратная платформа, датчик расстояния с учетом габаритов платформы, двигатели, питание робота.

Таблица 5. 5 - Морфологическая матрица альтернативных решений

Варианты исполнения	1	2	3
А. Аппаратная платформа	Arduino UNO	Raspberry Pi	Без микроконтроллера
Б. Датчик	Ультразвуковой дальномер HC-SR04	ИК-датчик расстояния	Без датчика
В. Двигатели	Коллекторные двигатели постоянного тока	Шаговые двигатели	Без двигателей
Г. Питание	Литий-полимерный аккумулятор	Питание от USB	Без питания

Возможными комбинациями являются следующие варианты.

A1B1B1Г1 – Arduino UNO, ультразвуковой дальномер HC-SR04, коллекторные двигатели постоянного тока, литий-полимерный аккумулятор. Существующий вариант, наиболее эффективный в точки зрения разработчика.

A1B2B1Г1 – Arduino UNO, ИК-датчик расстояния, коллекторные двигатели постоянного тока, литий-полимерный аккумулятор. ИК-датчик имеет недостаток в виде ограничения минимально измеряемым расстоянием, вследствие чего от него пришлось отказаться.

A1B1B1Г2 – Arduino UNO, ультразвуковой дальномер HC-SR04, коллекторные двигатели постоянного тока, питание от USB. Такой вариант питания не обеспечивает платформе автономности и делает ее зависимой от длины кабеля, что отрицательно сказывается на функциональных возможностях робота. Поэтому, с учетом цели создания робота, этот вариант анализу не подлежит.

5.3 Планирование научно-исследовательских работ

5.3.1 Структура работы в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для реализации проекта необходимы исполнители в лице руководителя и инженера. Перечень этапов, работ и исполнителей приведен в таблице 5.6.

Таблица 5. 6 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работ	Содержание работ	Должность исполнителя
Постановка задачи	1	Подбор и изучение материалов по теме, определение целей, преследуемых разработчиками	Руководитель
Разработка технического задания - ТЗ	2	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, инженер
Теоретические исследования	3	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, инженер
	4	Выбор способа решения задачи	Инженер
	5	Разработка принципиальной схемы устройства	Инженер

Основные этапы	№ работ	Содержание работ	Должность исполнителя
	6	Подбор компонентов устройства	Инженер
Экспериментальные исследования	7	Сборка устройства	Инженер
	8	Оптимизация аппаратной части	Инженер
	9	Создание программной части	Инженер
	10	Тестирование и отладка работы устройства	Руководитель, инженер
Обобщение и оценка результатов	11	Оценка полученных результатов	Руководитель
Проведение ОКР			
Разработка технической документации и проектирование	12	Проведение технико-экономических расчетов и оценка безопасности и экологичности проекта	Инженер
	13	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

5.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Для определения ожидаемого значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется формула (5.1):

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (5.1)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая и параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65%:

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (5.2)$$

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

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, чел.-дн.;

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

5.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобной и наглядной формой представления графика проведения работ является ленточный график в форме диаграммы Ганта.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться формулой:

$$T_{\kappa_i} = T_{p_i} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (5.3)$$

где T_{κ_i} – продолжительность выполнения i -ой работы в календарных днях;

T_{p_i} – продолжительность выполнения i -ой работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (5.4)$$

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

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

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

Воспользуемся формулой 5.4 для определения коэффициента календарности:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - (T_{\text{вых}} + T_{\text{пр}})} = \frac{365}{365 - 66} = 1,22.$$

Полученные данные сведены в таблицу 5.7.

Таблица 5. 7 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ						Длительность работ в рабочих днях		Длительность работ в календарных днях, T_{κ_i}	
	$t_{\min}$, чел-дни		$t_{\max}$, чел-дни		$t_{\text{ож}_i}$, чел-дни		T_{p_i}			
	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент
Подбор и изучение материалов по теме, определение	1		4		2,2		2,2		3	

Название работы	Трудоемкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{P_i}		Длительность работ в календарных днях, T_{K_i}	
	$t_{\min}$, чел-дни		$t_{\max}$, чел-дни		$t_{ож_i}$, чел-дни					
	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент
целей, преследуемых разработчиками										
Составление и утверждение технического задания	3	3	5	5	3,8	3,8	1,9	1,9	3	3
Календарное планирование работ по теме	1	1	3	3	1,8	1,8	0,9	0,9	2	2
Выбор способа решения задачи		2		4		2,8		2,8		4
Разработка принципиальной схемы устройства		2		6		3,6		3,6		5
Подбор компонентов устройства		1		5		2,6		2,6		4
Сборка устройства		4		8		5,6		5,6		7
Оптимизация аппаратной части		1		6		3		3		4
Создание программной части		5		10		7		7		9
Тестирование и отладка работы устройства	2	2	5	5	3,2	3,2	1,6	1,6	2	2

Название работы	Трудоемкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях, T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ож_i}$, чел-дни					
	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент
Оценка полученных результатов	3		6		4,2		4,2		6	
Проведение технико-экономических расчетов и оценка безопасности и экологичности проекта		4		8		5,6		5,6		7
Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)		1		3		1,8		1,8		3

5.3.4 Разработка графика проведения научного исследования

На основе полученной таблицы строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ с разбивкой по месяцам и декадам. График работ приведен в таблице 5.8.

Таблица 5. 8 - Календарный план-график выполнения проекта

№	Вид работ	Исполнители	T_{K_i} , кал дн.	Продолжительность выполнения работ											
				март			апрель			май			июнь		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Подбор и изучение материалов по теме, определение целей, преследуемых разработчиками	Руководитель	3												
2	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, студент	3												
3	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, студент	2												
4	Выбор способа решения задачи	Студент	4												
5	Разработка принципиальной схемы устройства	Студент	5												
6	Подбор компонентов устройства	Студент	4												
7	Сборка устройства	Студент	7												
8	Оптимизация аппаратной части	Студент	4												
9	Создание программной части	Студент	9												
10	Тестирование и отладка работы устройства	Руководитель, студент	2												
11	Оценка полученных результатов	Руководитель	6												
12	Проведение технико-экономических расчетов и оценка безопасности и экологичности проекта	Студент	7												
13	Составление пояснительной записки	Студент	3												

5.3.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

5.3.5.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (5.5)$$

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

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования;

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов;

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

В таблице 5.9 сведены данные о материальных затратах на научное исследование.

Таблица 5. 9 - Материальные затраты

Вид исполнения	Наименование материалов	Цена за ед., руб	Количество	Сумма, руб
А1Б1В1Г1 (исп. 1)	Платформа Arduino UNO	1000	1	1000
	Контроллер Ardumoto	1000	1	1000
	Датчик расстояния HC-SR04	150	1	150
	Серводвигатель MG90S	200	1	200
	Двигатель постоянного тока	50	2	100
	Шина 65 мм	50	2	100
	Набор гибких проводников	200	1	200
	Платформа из фанеры	50	1	50
	Аккумулятор	500	1	500
	Итого:			3300

Вид исполнения	Наименование материалов	Цена за ед., руб	Количество	Сумма, руб
А1Б2В1Г1 (исп. 2)	Платформа Arduino UNO	1000	1	1000
	Контроллер Ardumoto	1000	1	1000
	ИК-датчик	700	3	2100
	Двигатель постоянного тока	50	2	100
	Шина 65 мм	50	2	100
	Набор гибких проводников	200	1	200
	Платформа из фанеры	50	1	50
	Аккумулятор	500	1	500
	Итого:			5250

5.3.5.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной техники, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Расчет по приобретению спецоборудования включены в таблицу 5.10.

Таблица 5. 10 - Расчет бюджета на приобретение спецоборудования

Наименование	Цена за ед., руб.	Количество	Сумма, руб.
Паяльная станция	12000	1	12000
Персональный компьютер	15000	1	15000
Мультиметр	1500	1	1500
Итого:			28500

Приказом Минфина РФ от 1 декабря 2010 г. №157 н утверждена Инструкция по применению единого плана счетов бухгалтерского учета,

согласно которой основные средства в пределах 40 000 р. не относятся к основным средствам, при этом амортизацию можно не начислять.

5.3.5.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, и дополнительную заработную плату:

$$З_{зн} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (5.6)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20% от основной).

Основная заработная плата руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p, \quad (5.7)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

$З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.;

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.

Среднедневная зарплата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_o}, \quad (5.8)$$

где $З_m$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_o – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Баланс рабочего времени приведен в таблице 5.11.

Таблица 5. 11 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней (праздники/выходные)	66	66
Потери рабочего времени (отпуск/невыходы по болезни)	50	60
Действительный годовой фонд рабочего времени	249	239

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{mc} \cdot (1 + k_{np} + k_o) \cdot k_p, \quad (5.9)$$

где Z_{mc} – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

k_{np} – премиальный коэффициент, равный 0,3;

k_o – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2-0,5;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 для Томска.

Месячный должностной оклад работников Томского политехнического университета указан в «Таблице окладов ППС и НС» ТПУ.

Расчет основной заработной платы представлен в таблице 5.12.

Таблица 5. 12 - Расчет основной заработной платы

Исполнители	Z_{mc} , руб	k_{np}	k_o	k_p	Z_m	$Z_{дн}$	F_o	T_p	$Z_{доп}$	$Z_{осн}$
Руководитель	22052	0,3	0,4	1,3	48735	2573	197	10,8	3612	27788,4
Мл. науч. сотрудник	14099	0,3	0,4	1,3	31159	1733	187	36,4	8200	63081,2
Итого:									11812	90869,6

5.3.5.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (5.10)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, на стадии проектирования принимается равным 0,13. Расчеты дополнительной заработной платы включены в таблицу 10.

5.3.5.5 Отчисление во внебюджетные фонды

В данной статье отражаются обязательные отчисления по установленным законодательствам Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования, пенсионного фонда и медицинского страхования.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (5.11)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

Расчет отчислений приведен в таблице 5.13.

Таблица 5. 13 - Расчет размеров отчислений во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная з/п, руб.	Дополнительная з/п, руб.	Коэффициент отчислений	Итого для каждого	Итого
Руководитель	27788,4	3612	0,271	8509,5	27827
Студент	63081,2	8200		19317,2	

5.3.5.6 Прочие расходы

Прочие расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов

исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется в таблице 5.14.

Таблица 5. 14 - Прочие расходы

Наименование	Количество	Стоимость
Бумага, формат А4, упаковка	1 шт.	500 руб.
Канцтовары	5 шт.	150 руб.
Электроэнергия	1160 кВт	1740 руб.
Интернет	4 мес.	600 руб.
Итого		2990 руб.

5.3.5.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно- технической продукции

Определение бюджета затрат приведено в таблице 5.15.

Таблица 5. 15 - Расчет бюджета НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	
	Исп. 1	Исп. 2
Материальные затраты НТИ	3300	5250
Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	28500	28500

Наименование статьи	Сумма, руб.	
	Исп. 1	Исп. 2
Затраты по основной заработной плате исполнителей	90870	90870
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей	11812	11812
Отчисления во внебюджетные фонды	20536	20536
Прочие расходы	2990	2990
Бюджет затрат НТИ	158008	159958

5.4 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета *интегрального финансового показателя*, определяемого по следующей формуле:

$$I_{финр}^{испi} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (5.13)$$

где $I_{финр}^{испi}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i-го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Полученные данные приведены в таблице 5.16.

Таблица 5. 16 - Расчет интегрального финансового показателя

Вариант исполнения	$\Phi_{\max}$	Φ_{pi}	$I_{финр}^{испi}$
Исп. 1	159958	158008	0,99
Исп. 2		159958	1

Интегральный показатель ресурсоэффективности определяется следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (5.14)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент для i -го варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки.

Сравнительный анализ приведен в таблице 5.17.

Таблица 5. 17 - Сравнительная оценка вариантов исполнения

Критерии	Весовой коэффициент	Исп. 1	Исп. 2
Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	5
Удобство в эксплуатации	0,2	5	4
Энергосбережение	0,25	3	3
Надежность	0,25	4	3
Помехоустойчивость	0,2	4	4
Итого	1		

$$I_{p1} = 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,25 \cdot 3 + 0,25 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 = 4,05$$

$$I_{p2} = 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,25 \cdot 3 + 0,25 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 = 3,6$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{испi} = \frac{I_{pi}}{I_{финр}}. \quad (5.15)$$

Результаты расчета показателей сведены в таблицу 5.18.

Таблица 5. 18 - Сравнительная эффективность разработок

Показатель	Исп. 1	Исп. 2
Интегральный финансовый показатель	0,99	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности	4,05	3,6
Интегральный показатель эффективности	4,09	3,6

Исходя из полученных данных сравнения финансовой и ресурсной эффективности различных вариантов исполнения, несколько более эффективным является первый вариант исполнения.

6 Социальная ответственность

Аннотация

Представление понятия «Социальная ответственность» сформулировано в международном стандарте (МС) IC CSR-08260008000: 2011 «Социальная ответственность организации».

В соответствии с МС - Социальная ответственность - ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этическое поведение, которое:

- содействует устойчивому развитию, включая здоровье и благосостояние общества;
- учитывает ожидания заинтересованных сторон;
- соответствует применяемому законодательству и согласуется с международными нормами поведения (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность);
- интегрировано в деятельность всей организации и применяется во всех ее взаимоотношениях (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность).

Введение

Объектом исследования является система управления автономной подвижной транспортировочной платформой – роботом. Управление осуществляется посредством аппаратно-вычислительной платформы Arduino UNO совместно с контроллером Ardumoto L298P. Движение робота обеспечивается двумя коллекторными двигателями постоянного тока, питание которых осуществляется от литий-полимерной аккумуляторной батареи.

В разделе будут рассмотрены опасные и вредные факторы, оказывающие влияние на производственную деятельность технологического персонала, работающего с автоматизированной системой управления технологическим процессом, выявлены воздействия разрабатываемой

системы на окружающую среду, рассмотрены правовые и организационные вопросы, а также мероприятия в чрезвычайных ситуациях.

6.1 Производственная безопасность

6.1.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования

При разработке устройства возникают опасные и вредные факторы, влияющих на работу технологического персонала. Перечень факторов, свойственных объекту исследования, приведен в таблице 6.1.

Таблица 6. 1 - Перечень опасных и вредных факторов технологии производства

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы по ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
- Сборка аппаратной части робота; - Наладка программной части за персональным компьютером; - Тестирование работы устройства	- шум на рабочем месте; - электромагнитные излучения; - освещенность; - микроклимат.	- движущиеся машины и механизмы, передвигающиеся изделия, заготовки, материалы; - электрический ток.	- ГОСТ 12.1.003–83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности; - ГОСТ 12.1.030–81 ССБТ. Защитное заземление, зануление; - СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»;

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы по ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
			- ГОСТ 12.4.011–89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.

Эти факторы могут влиять на состояние здоровья, привести к травмоопасной или аварийной ситуации, поэтому следует установить эффективный контроль за соблюдением норм требований, предъявленных к параметрам.

6.1.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при проведении исследования

В конструкции устройства применяются коллекторные двигатели постоянного тока, которые имеют невысокий уровень шума, а также серводвигатель, имеющий достаточно высокий уровень шума. Так же увеличению уровня шума способствует активная система охлаждения персональных компьютеров.

Электрический ток относится к категории опасных факторов. В помещении, где производится разработка устройства, присутствует большое количество аппаратуры, использующей однофазный электрический ток напряжением 220 В и частотой 50 Гц, в том числе персональный компьютер за которым происходит наладка программного обеспечения.

Психофизиологические особенности в контексте современного интенсивного задействования ЭВМ и возможности человека имеют большое значение при проектировании рабочих мест и вычислительной техники, обеспечивающих высокую производительность труда и сохранение здоровья

людей. ПЭВМ должны соответствовать требованиям настоящих Санитарных правил СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 и каждый их тип подлежит санитарно-эпидемиологической экспертизе с оценкой в испытательных лабораториях, аккредитованных в установленном порядке.

Основным источником электромагнитных излучений при разработке устройства является персональный компьютер. Электромагнитное поле, которое создается персональным компьютером, имеет сложный спектральный состав в диапазоне частот от 0 Гц до 1000 МГц. Требования к допустимым уровням электромагнитных излучений и времени воздействия на человека, также изложены в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.

Кроме того, при внедрении усовершенствованной системы управления технологическим процессом важную роль играет планировка рабочего места. Она должна соответствовать правилам охраны труда и удовлетворять требованиям удобства выполнения работы, экономии энергии и времени оператора.

6.1.3 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов

6.1.3.1 Механические опасности

Механические опасности несут в себе такие части объекта исследования, как:

- шероховатость фанерной платформы;
- вращающиеся механизмы – колеса.

Основные последствия механических опасностей для данного объекта исследования:

- порезы;
- попадание под удар;
- поверхностное повреждение наружных тканей под действием трения;

К средствам защиты работающих от механического травмирования (физического опасного фактора) в соответствии с ГОСТ 12.4.125-83 ССБТ относятся:

- оградительные устройства;
- блокировочные устройства;
- тормозные устройства.

При разработке системы исследователь имеет непосредственный контакт с работающим механизмом. В экстренном случае необходимо обеспечить остановку аппарата путем его обесточивания.

6.1.3.2 Шум

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, в производственных помещениях при выполнении основных и вспомогательных работ с использованием ПЭВМ уровни шума на рабочих местах не должны превышать предельно допустимых значений, установленных для данных видов работ в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами. Так, согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96 при напряженности труда средней степени предельно допустимые уровни звука составляют 70 дБА. Уровень шума системы охлаждения персонального компьютера достигает 30 дБА, что в целом соответствует нормам. Однако совокупность шумов системы охлаждения, двигателей постоянного тока и сервопривода увеличит это число.

Снизить уровень шума можно при помощи звукопоглощающих материалов, предназначенных для отделки стен и потолка помещений. Дополнительный звукопоглощающий эффект создается за счет использования занавесок из плотной ткани. Также уровень шума может быть снижен путем очистки или замены системы охлаждения персонального компьютера.

6.1.3.3 Электромагнитное излучение

Допустимые уровни напряженности электромагнитного поля персонального компьютера в соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 приведены в таблице 6.2.

Таблица 6. 2 - Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц – 2кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц – 2кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	25 нТл
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

Длительное воздействие электромагнитного поля на организм человека может привести к дыхательной, нервной и сердечнососудистой систем, головным болям, утомляемости. Для обеспечения меньшего уровня электромагнитного излучение использован жидкокристаллический монитор. Необходимо чтобы компьютер был заземлен, а также необходимо по возможности сокращать время работы за компьютером.

6.1.3.4 Электрический ток

В соответствии с п.1.1.13 главы 1.1 раздела 1 Правил устройства электроустановок (ПУЭ) по опасности электропоражения помещение, в котором проводятся работы, относится к помещениям без повышенной опасности. Это обусловлено отсутствием высокой влажности, высокой температуры, токопроводящей пыли и возможности одновременного соприкосновения с заземленными предметами и металлическими корпусами оборудования. Во время нормального режима работы оборудования опасность

электропоражения крайне мала, однако, возможны аварийные режимы работы, когда происходит случайное электрическое соединение частей оборудования, находящегося под напряжением с заземленными конструкциями.

Мероприятия по устранению опасности поражения электрическим током сводятся к правильному размещению оборудования и применению технических средств защиты. В соответствии с главой 1.7 ПУЭ к основным техническим средствам защиты от поражения электрическим током относятся:

- основная изоляция токоведущих частей;
- защитное заземление или зануление;
- автоматическое отключение питания;
- защитное электрическое разделение цепей.

В соответствии с ТОИ Р-45-084-01, к работе на персональном компьютере допускаются лица, прошедшие обучение безопасным методам труда, вводный инструктаж, первичный инструктаж на рабочем месте. Во всех случаях обрыва проводов питания, неисправности заземления и других повреждений, появления гари, немедленно отключить питание и сообщить об аварийной ситуации руководителю. Не приступать к работе до устранения неисправностей. При получении травм или внезапном заболевании немедленно известить своего руководителя, организовать первую доврачебную помощь или вызвать скорую медицинскую помощь.

6.1.3.5 Освещенность

Освещение рабочего места – важнейший фактор создания нормальных условий труда. Освещению следует уделять особое внимание, так как при работе наибольшее напряжение получают глаза. Особенность рабочего места исследователя заключается в необходимости одновременной работы с разными информационными носителями: на бумаге и на экране монитора. Экранное изображение в отличие от бумажного является светящимся, что оказывает воздействие на зрительную работоспособность и утомляемость.

Дополнительной нагрузкой на органы зрения служит необходимость постоянной адаптации при переносе взгляда с экрана монитора на бумажный носитель.

Согласно СНиП 23-05-95 нормы на освещение для исследователя берутся для производственных помещений. Эти нормы сведены в таблицу 1.3.

Таблица 6. 3 - Нормы на освещение

Характеристика зрительной работы	Высокой точности
Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	От 0,3 до 0,5
Разряд зрительной работы	III
Подразряд зрительной работы	Г
Контраст объекта с фоном	Средний
Характеристика фона	Светлый
Освещенность при системе комбинированного освещения, лк: всего в том числе искусственный свет	400
	200
Сочетание нормируемых величин показателя ослепленности и коэффициента пульсации: р Кп, %	40
	15
КЕО, e_n , % при комбинированном освещении	3,0

Расчет системы искусственного освещения проводится для прямоугольного помещения, где проводится основная работа по исследованию объекта, размерами: длина $A = 5$ (м), ширина $B = 4$ (м), высота $H = 3$ (м), количество ламп $N = 6$ (шт).

Согласно отраслевым нормам освещенности уровень рабочей поверхности над полом составляет 0,8 (м) и установлена минимальная норма освещенности $E = 400$ (Лк).

Световой поток Φ определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_z \cdot Z \cdot 100}{n \cdot \eta}, \quad (6.16)$$

где E_n - нормируемая минимальная освещенность по СНиП 23-05-95, лк;

S - площадь освещаемого помещения, м²;

K_z - коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника;

Z - коэффициент неравномерности освещения;

n - число светильников;

η - коэффициент использования светового потока, %.

Коэффициент использования светового потока показывает, какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность. Он зависит от индекса помещения i , типа светильника, высоты светильников над рабочей поверхностью h и коэффициентов отражения стен ($\rho_{ст}$) и потолка ($\rho_{п}$).

Индекс помещения определяется по формуле

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)}, \quad (6.17)$$

Произведем расчеты:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)} = \frac{5 \cdot 4}{(3 - 0,8) \cdot (5 + 4)} = 1$$

Экономичность осветительной установки выражается следующей формулой:

$$l = \frac{L}{h}, \quad (6.18)$$

где L - расстояние между рядами светильников, м.

Принимая $l = 1,4$ для люминисцентных светильников без защитной решетки типов ОД, ОДО, получим:

$$L = 1,4 \cdot 2,2 = 3,08 \text{ (м)}.$$

Так как стены и потолок являются побеленными, окна без штор, следовательно, коэффициент отражения поверхности стен $\rho_{\text{ст}} = 50\%$, а коэффициент отражения поверхности потолка $\rho_{\text{п}} = 70\%$.

Коэффициент η в зависимости от показателя помещения i имеет значения, приведенные в таблице 1.4.

Таблица 6. 4 - Значения коэффициента использования светового потока

Показатель помещения i	0,7	0,8	0,9	1
Коэффициент η , %	41	44	46	48

Таким образом, подставив полученные значения в формулу (2.1), получаем значение потока одного источника света:

$$\Phi = \frac{400 \cdot 20 \cdot 1,5 \cdot 1,1 \cdot 100}{6 \cdot 48} = 4583 (\text{лм})$$

Согласно расчетам, выбираем лампу ЛХБ-65 со световым потоком 4440 (лм).

Выразим E из формулы (2.1):

$$E = \frac{\Phi \cdot n \cdot \eta}{S \cdot K_z \cdot Z \cdot 100} = \frac{4400 \cdot 6 \cdot 48}{3300} = 384 (\text{лк})$$

Результаты показывают, что минимальная освещенность находится в пределах нормы.

Для того чтобы доказать, что использование люминесцентной лампы ЛХБ-65 является наиболее рациональным, рассчитаем необходимое количество светильников по формуле:

$$N = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot Z}{F \cdot n \cdot \eta}, \quad (6.19)$$

где E_n - норма освещенности $E=400$ лк;

S - площадь освещаемого помещения, м^2 ;

k - коэффициент запаса, учитывающий старение и загрязнение светильника, $k = 1,5$;

Z - коэффициент неравномерности освещения, $Z = 1,1$;

n - число рядов светильников, $n = 2$;

η - коэффициент использования светового потока $\eta = 0,48$.

Подставив численные значения в (2.4), получим:

$$N = \frac{400 \cdot 1,5 \cdot 20 \cdot 1,1}{4583 \cdot 2 \cdot 0,48} \approx 3 (\text{шт})$$

При количестве светильников, равному 3, в двух рядах, нормы безопасности по искусственному освещению соблюдены.

Длина светильника равна 1,5 (м), в одном светильнике одна лампа. В соответствии с размерами комнаты, план размещения светильников приведен на рисунке 6.1.

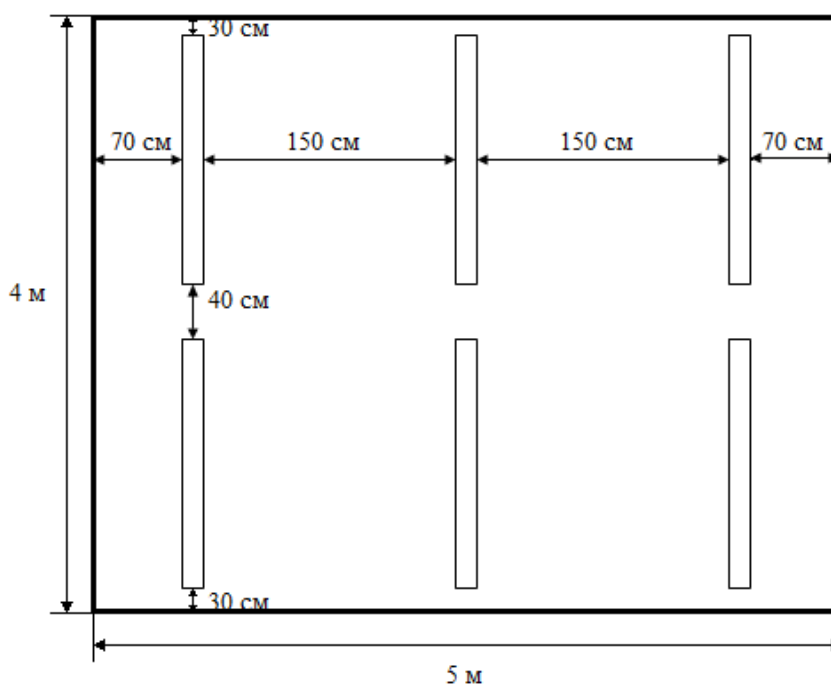


Рисунок 6. 1 - План размещения светильников

6.1.3.6 Микроклимат

На микроклиматические условия оказывает влияние множество факторов, такие как испарение от лабораторного стенда, температура в

помещении, наличие вентиляции и т.д. Оптимальные условия установлены в соответствии с оптимальным тепловым и функциональным состоянием человека и обеспечивают ощущение комфорта, не вызывая отклонений в состоянии здоровья. Оптимальные показатели микроклимата установлены СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 и приведены в таблице 6.5.

Таблица 6. 5 - Оптимальные параметры микроклимата во всех учебных помещениях с использованием ПЭВМ

Температура, °С	Оптимальная влажность, %	Абсолютная влажность, г/м ³	Скорость движения воздуха, м/с
19	62	10	< 0.1
20	58	10	< 0.1
21	55	10	< 0.1

В зимнее время в помещении предусмотрена система отопления. Она обеспечивает достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. Для охлаждения воздуха предусмотрены вентиляция – естественная – и кондиционирование. Недостаток естественной вентиляции заключается в отсутствии предварительной очистки и нагревания воздуха.

6.2 Экологическая безопасность

6.2.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

В результате выполнения ВКР была разработана система, базирующаяся на применении ПЛК. Рассмотрим воздействие ПЛК на природную среду.

Объем производства прямо пропорционально зависит от уровня энергетики. Развитие энергетики оказывает существенное влияние на природную среду, являясь источником различных видов загрязнений воздуха, воды, земной поверхности и ее недр, а также основным потребителем топливных ресурсов, определяющим уровень его добычи.

6.2.2 Анализ «жизненного цикла» объекта исследования

Источниками загрязнения окружающей среды в данной работе являются литий-полимерная аккумуляторная батарея и коллекторные двигатели постоянного тока. Согласно ГОСТ 30772-2001 отходами являются остатки продуктов или дополнительный продукт, образующиеся в процессе или по завершении определенной деятельности и не используемые в непосредственной связи с этой деятельностью. Таким образом, в процессе отработки аккумулятор и двигатели станут отходами, загрязняющими окружающую среду, так как их составные части требуют специальной утилизации.

Кроме того, влияние на окружающую среду могут оказывать образования и поступления твердых отходов в виде отработанных ПК и ПЛК, их компонентов и содержащихся в них вредных веществ.

6.2.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

В современных ПК, как правило, постоянно оптимизируется энергопотребление, в связи с чем происходит сокращение потребления электрической энергии. Кроме того, проблема потребления должна также решаться за счет эффективного и экономичного использования электроэнергии самими потребителями.

Микроконтроллер Arduino UNO не содержит в своем составе токсичных материалов, а потому может быть утилизирован в соответствующих местах утилизации электронных устройств. Перед утилизацией металлические составные части необходимо отсортировать по видам металла, удалить неметаллические части.

Количество использованных аккумуляторов растет в геометрической прогрессии, и их утилизация является важнейшей задачей по защите экологии. Стоит отметить, что утилизация старых аккумуляторов весьма дорогое и сложное производство, но в итоге оно приносит прибыль. Переработка

использованных аккумуляторов позволяет опять получить свинец и пластик, из которых можно создать новые аккумуляторы. Не подлежит повторному использованию только электролит.

Безопасная утилизация старых аккумуляторов производится специализированными компаниями.

6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

6.3.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

Наиболее вероятным чрезвычайными ситуациями при разработке устройства являются пожар на рабочем месте. При неправильной эксплуатации оборудования и коротком замыкании электрической сети может произойти возгорание, которое грозит уничтожением ПЭВМ, документов и другого имеющегося оборудования. При том система вентиляции может привести к ускорению распространения огня. В качестве возможных причин пожара можно указать следующие:

- наличие горючей пыли;
- короткие замыкания;
- перегрузка сетей, которая ведет за собой сильный нагрев токоведущих частей и загорание изоляции.

6.3.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при исследовании объекта

Пожар в кабинете исследователя может возникнуть вследствие причин неэлектрического и электрического характера.

К причинам неэлектрического характера относятся халатное и неосторожное обращение с огнем (курение, оставление без присмотра нагревательных приборов).

К причинам электрического характера относятся:

- короткое замыкание;
- перегрузка проводов;
- большое переходное сопротивление;
- искрение;
- статическое электричество.

Режим короткого замыкания – появление в результате резкого возрастания силы тока, электрических искр, частиц расплавленного металла, электрической дуги, открытого огня, воспламенившейся изоляции.

6.3.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

Согласно НПБ 105-03, лаборатория, где проводятся работы, относится к категории «Д» по степени пожарной опасности, так как в ней присутствуют негорючие вещества и материалы в холодном состоянии. Однако, возгорание может произойти при неправильной эксплуатации оборудования или коротком замыкании электрической сети. Для предупреждения возникновения пожара необходимо соблюдать следующие правила пожарной безопасности:

- исключение образования горючей среды (герметизация оборудования, контроль воздушной среды, рабочая и аварийная вентиляция);
- применение при строительстве и отделке зданий негорючих или трудно сгораемых материалов.

Организационные мероприятия:

- противопожарный инструктаж обслуживающего персонала;
- обучение персонала правилам техники безопасности;
- издание инструкций, плакатов, планов эвакуации;

Эксплуатационные мероприятия:

- соблюдение эксплуатационных норм оборудования;
- обеспечение свободного подхода к оборудованию;
- содержание в исправности изоляции токоведущих проводников.

Технические мероприятия:

- соблюдение противопожарных мероприятий при устройстве электропроводок, оборудования, систем отопления, вентиляции и освещения;
- профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования.

В случае обнаружения возгорания необходимо сообщить руководителю и попытаться потушить очаг возгорания своими силами с помощью средств первичного пожаротушения такими как: огнетушитель (порошковый, углекислотный) или песок. В случае, если потушить очаг возгорания не удастся, привести в действие ручной пожарный извещатель. Необходимо немедленно сообщить о чрезвычайной ситуации в пожарную охрану по телефону 01 (сотовый 010), назвать адрес объекта, место и причины возникновения пожара. После этого принять меры по эвакуации людей, материальных ценностей.

План эвакуации из кабинета, где проводится исследование, представлен на рисунке 6.2.

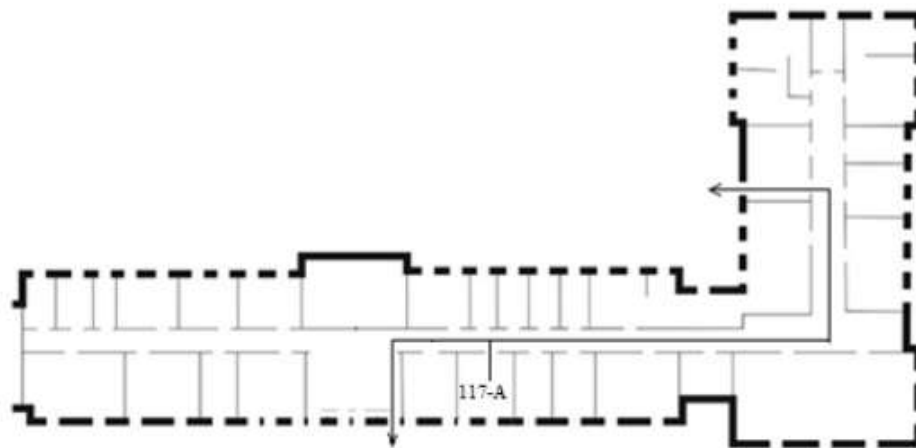


Рисунок 6. 2 - План эвакуации из помещений учебного корпуса №10

В офисном помещении имеется порошковый огнетушитель типа ОП-5, на входной двери приведен план эвакуации в случае пожара, и на достигаемом расстоянии находится пожарный щит. Если возгорание произошло в электроустановке, для его устранения должны использоваться углекислотные огнетушители типа ОУ-2 или порошковые типа ОП-5.

6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

6.4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Согласно «Трудовому кодексу Российской Федерации» от 30.12.2001 №197-ФЗ, рабочее время – это время, в течение которого работник в соответствии с правилами внутреннего трудового распорядка и условиями трудового договора должен исполнять трудовые обязанности, а также иные периоды времени, которые в соответствии с настоящим Кодексом, другими федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации относятся к рабочему времени. (в ред. Федерального закона от 30.06.2006 N 90-ФЗ).

Нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю. Порядок исчисления нормы рабочего времени на определенные календарные периоды (месяц, квартал, год) в зависимости от установленной продолжительности рабочего времени в неделю определяется федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере труда. (часть третья введена Федеральным законом от 22.07.2008 N 157-ФЗ).

6.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Работа по исследованию объекта ведется в основном на ПЭВМ. Такие документы, как ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ, ГОСТ 12.2.032-78 обеспечивают рациональное и безопасное использование рабочей области.

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

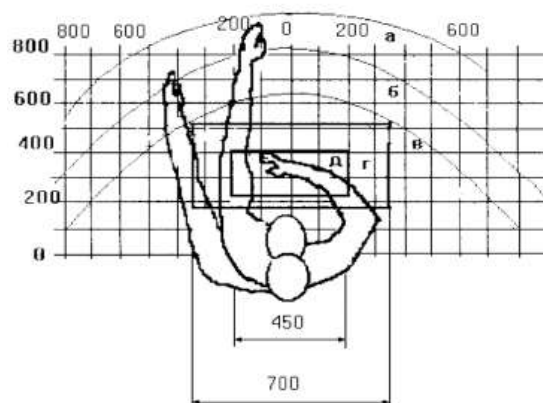
Конструкция рабочего места должна обеспечивать возможность изменения положения тела исследователя относительно ПЭВМ, что позволяет

избежать дискомфорта и переутомления, связанного со статической мышечной нагрузкой. Стол должен иметь достаточное пространство для свободного перемещения мыши, клавиатуры, устройств оргтехники. Конструкция рабочего стула (кресла) должна поддерживать рациональную позу исследователя, позволять ее изменять при работе с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины, должно иметь стационарные или съемные подлокотники.

Экран монитора должен иметь антибликовое покрытие. Центр экрана монитора должен быть расположен чуть ниже уровня глаз, монитор должен отстоять от глаз человека на расстоянии 45-60 сантиметров. Важнейшим условием эргономической безопасности человека при работе с экраном монитора является правильный выбор визуальных параметров самого монитора и светотехнических условий рабочего места, поэтому должна регулироваться яркость и контрастность изображения. Работа с дисплеем при неправильном выборе яркости и освещенности экрана, контрастности знаков, цветов знака и фона, при наличии бликов на экране, дрожании и мелькании изображения приводит к зрительному утомлению, головным болям, к значительной физиологической и психической нагрузке, к ухудшению зрения и т.п.

Таким образом, рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще, расположено в зоне легкой досягаемости рабочего пространства.

Схема рабочего места приведена на рисунке 6.3.



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

Рисунок 6. 3 - Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости

Заключение

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы на основе нечеткой логики и аппаратной базе микроконтроллера Arduino UNO спроектирована система автоматического управления автономным мобильным роботом, способным ориентироваться в пространстве, избегая столкновения с препятствиями. В процессе проектирования были обоснованно подобраны основные элементы, обеспечивающие передвижение и ориентирование объекта управления. Произведена сборка мобильного робота.

Были рассмотрены основные методы уклонения мобильных роботов от препятствий. По результатам исследования выбран нечеткий алгоритм, принцип работы которого реализован в проектируемом регуляторе. Управление регулятором осуществляется в программном коде, разработанном на языке Arduino.

Спроектированный мобильный робот позволяет изучать принципы работы интеллектуальных регуляторов. На данный момент спроектированный регулятор позволяет управлять только скоростью движения робота. В будущем планируется модернизация программного кода с целью придания мобильному роботу способности к свободному ориентированию.

Conclusion

During the process of writing the final qualifying work there has been developed an autonomous robot, that's able to navigate in space, avoiding collisions and obstacles. This robot is able to navigate in space, avoiding impacts with obstacles. The project is coded in a fuzzy logic Algorithm and it has been implemented in Arduino Microcontroller. Design process included selecting main elements, which would provide the movement and orientation of the object. After defining all key components, the systems was assembled.

The main methods of avoiding obstacles for mobile robots were considered. According to the results of the analysis, the fuzzy algorithm was selected. Backed by available knowledge about the control systems the intelligent controller based on fuzzy logic rules was selected.

The final device serves for the studying of the principles of intelligent controllers that are implemented in programming languages. In the future, implementation of the algorithm in the device and its modernization will be as well as expansion of the functionality of the platform is planned.

Список использованных источников

1. Дядик Ф.Д., Байдали С.А., Криницын Н.С. Теория автоматического управления: учебное пособие. – Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 196 с.
2. Основы автоматического регулирования и управления. Под ред. Пономарева В.М. и Литвинова А.П. Учебн. пособие для неэлектротехн. специальностей вузов. – М, 1974. – 439 с.
3. Момот М. В. Мобильные роботы на базе Arduino. – СПб.Ж БХВ-Петербург, 2017. – 288с.
4. Arduino UNO [Электронный ресурс] URL: <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardUno>
5. Ardumoto Shield Hookup Guide [Электронный ресурс] URL: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/ardumoto-shield-hookup-guide>
6. HC-SR04 User Guide.
7. Глушков В.М., Амосов Н.М., Артеменко И.А. Энциклопедия кибернетики. Том 2. – Киев, 1974.
8. Плотников В.А. Анализ эффективности существующих методов отклонения от столкновения для мобильного робота. Статья в журнале «Искусственный интеллект», №4, 2010.
9. Цайтлер А.С. Определение положения объекта в пространстве с помощью инерциальных измерительных устройств. Статья в сборнике XV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «МСиТ» – 2016.
10. Общие принципы построения интеллектуальных систем управления на основе нечеткой логики [Электронный ресурс] URL: <http://infopedia.su/12x803b.html>
11. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. — СПб.: БХВ Петербург, 2005. — 736 с.

12. Понятие об искусственном интеллекте [Электронный ресурс] URL: <http://baumanki.net/lectures/1-avtomatizaciya/31-intellektualnye-mehatronnye-sistemy/460-1-ponyatie-ob-iskusstvennom-intellekte.html>

13. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

14. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. «Шум. Общие требования безопасности».

15. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. «Защитное заземление и зануление».

16. 2.2.2/2.4.1340-03. «Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы».

17. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. «Средства защиты работающих. Общие требования и классификация».

18. ТОИ Р-45-084-01. «Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере».

19. СНиП 23-05-95. «Строительные нормы и правила Российской Федерации. Естественное и искусственного освещение».

20. ГОСТ 30772-2001. «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения».

21. Постановление Правительства РФ от 04.05.2012 N 442 «О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии».

22. Положения ФЗ РФ №212 от 24 июля 2009 г. «О страховых взносах в пенсионный фонд Российской Федерации, фонд социального страхования Российской Федерации, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования».

Приложение А

(справочное)

Листинг программы

```
#include <FuzzyRule.h>
#include <FuzzyComposition.h>
#include <Fuzzy.h>
#include <FuzzyRuleConsequent.h>
#include <FuzzyOutput.h>
#include <FuzzyInput.h>
#include <FuzzyIO.h>
#include <FuzzySet.h>
#include <FuzzyRuleAntecedent.h>
#include <Servo.h>
#define servoPin 10
#define Trig 9
#define Echo 8
#define CW 0
#define CCW 1
#define MOTOR_A 0
#define MOTOR_B 1

Servo myServo;

const byte PWMA = 3; // PWM control (speed) for motor A
const byte PWMB = 11; // PWM control (speed) for motor B
const byte DIRA = 12; // Direction control for motor A
const byte DIRB = 13; // Direction control for motor B
unsigned long time;

Fuzzy* fuzzy = new Fuzzy();

void setup()
{
    myServo.attach(servoPin);
    setupArdumoto(); // все выходы
    pinMode(Trig, OUTPUT); //инициируем как выход
    pinMode(Echo, INPUT); //инициируем как вход
```

```

Serial.begin(9600);

FuzzyInput* distance = new FuzzyInput(1); // создание определений
правил для расстояний

FuzzySet* small = new FuzzySet(0, 0, 0, 100);
distance->addFuzzySet(small);
FuzzySet* average = new FuzzySet(30, 50, 50, 70);
distance->addFuzzySet(average);
FuzzySet* big = new FuzzySet(50, 100, 100, 100);
distance->addFuzzySet(big);
fuzzy->addFuzzyInput(distance);

FuzzyOutput* velocity = new FuzzyOutput(1); // создание определений
правил для скоростей

FuzzySet* slow = new FuzzySet(0, 0, 0, 0);
velocity->addFuzzySet(slow);
FuzzySet* norm = new FuzzySet(256, 256, 256, 256);
velocity->addFuzzySet(norm);
FuzzySet* fast = new FuzzySet(510, 510, 510, 510);
velocity->addFuzzySet(fast);
fuzzy->addFuzzyOutput(velocity);

FuzzyRuleAntecedent* IfDistanceSmall = new FuzzyRuleAntecedent(); //
создание самих правил
IfDistanceSmall->joinSingle(small);
FuzzyRuleConsequent* thenVelocitySlow = new FuzzyRuleConsequent();
thenVelocitySlow->addOutput(slow);

FuzzyRule* fuzzyRule01 = new FuzzyRule(1, IfDistanceSmall,
thenVelocitySlow);
fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule01);

FuzzyRuleAntecedent* IfDistanceAverage = new FuzzyRuleAntecedent();
IfDistanceAverage->joinSingle(average);
FuzzyRuleConsequent* thenVelocityNorm = new FuzzyRuleConsequent();
thenVelocityNorm->addOutput(norm);

```

```

    FuzzyRule* fuzzyRule02 = new FuzzyRule(2, IfDistanceAverage,
thenVelocityNorm);
    fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule02);

    FuzzyRuleAntecedent* ifDistanceBig = new FuzzyRuleAntecedent();
    ifDistanceBig->joinSingle(big);
    FuzzyRuleConsequent* thenVelocityFast = new FuzzyRuleConsequent();
    thenVelocityFast->addOutput(fast);

    FuzzyRule* fuzzyRule03 = new FuzzyRule(3, ifDistanceBig,
thenVelocityFast);
    fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule03);
}

unsigned int impulseTime=0;
unsigned int distance_sm=0;

void loop()
{
    HC_angle(10);
}

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 stopArdumoto(byte motor)
{

```

```

    driveArdumoto(motor, 0, 0);
}

void setupArdumoto()
{
    pinMode(PWMA, OUTPUT);
    pinMode(PWMB, OUTPUT);
    pinMode(DIRA, OUTPUT);
    pinMode(DIRB, OUTPUT);

    digitalWrite(PWMA, LOW);
    digitalWrite(PWMB, LOW);
    digitalWrite(DIRA, LOW);
    digitalWrite(DIRB, LOW);
}

void HC_angle(byte mks)
{
    digitalWrite(Trig, HIGH);
    delayMicroseconds(mks);
    digitalWrite(Trig, LOW);
    impulseTime=pulseIn(Echo, HIGH);
    distance_sm=impulseTime/58;
    fuzzy->setInput(1, distance_sm);
    fuzzy->fuzzify();
    float output = fuzzy->defuzzify(1);

    Serial.print("Distancia: ");
    Serial.print(distance_sm);
    Serial.print("Velocidade: ");
    Serial.println(output);

    driveArdumoto(MOTOR_A, CW, output);
    driveArdumoto(MOTOR_B, CW, output);

    delay(100);
}

```