



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника
ООП/ОПОП Интеллектуальные робототехнические и мехатронные системы
Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Разработка транспортной платформы сервисного робота для доставки лекарственных средств в медицинском учреждении

УДК 007.52:615.1

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8E92	Шакин Владислав Юрьевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Ланграф Сергей Владимирович	к.т.н.		

Со-руководитель ВКР (по разделу «Концепция стартап-проекта»)

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШИП	Силифонова Екатерина Валерьевна	к.э.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Мезенцева Ирина Леонидовна	-		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР ИШИТР	Поберезкина Екатерина Евгеньевна	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Киселев Александр Викторович	к.т.н.		

Томск – 2023 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
УК(У)-10	Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности
УК(У)-11	Способен формировать нетерпимое отношение к коррупционному поведению
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики
ОПК(У)-2	Владеет физико-математическим аппаратом, необходимым для описания мехатронных и робототехнических систем
ОПК(У)-3	Владеет современными информационными технологиями, готовностью применять современные средства автоматизированного проектирования и машинной графики при проектировании систем и их отдельных модулей, а также для подготовки конструкторско-технологической

	документации, соблюдать основные требования информационной безопасности
ОПК(У)-4	Готов собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по тематике исследования, использовать достижения отечественной и зарубежной науки, техники и технологии в своей профессиональной деятельности
ОПК(У)-5	Способен использовать основы экономических знаний при оценке эффективности результатов своей профессиональной деятельности
ОПК(У)-6	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных элементов и модулей, включая информационные, электромеханические, гидравлические, электрогидравлические, электронные устройства и средства вычислительной техники
ПК(У)-2	Способен разрабатывать программное обеспечение, необходимое для обработки информации и управления в мехатронных и робототехнических системах, а также для их проектирования
ПК(У)-3	Способен разрабатывать экспериментальные макеты управляющих, информационных и исполнительных модулей мехатронных и робототехнических систем и проводить их экспериментальное исследование с применением современных информационных технологий
ПК(У)-4	Способен осуществлять анализ научно-технической информации, обобщать отечественный и зарубежный опыт в области средств автоматизации и управления, проводить патентный поиск
ПК(У)-5	Способен проводить эксперименты на действующих макетах, образцах мехатронных и робототехнических систем по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств
ПК(У)-6	Способен проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных пакетов с целью исследования математических моделей мехатронных и робототехнических систем
ПК(У)-7	Готов участвовать в составлении аналитических обзоров и научно-технических отчетов по результатам выполненной работы, в подготовке публикаций по результатам исследований и разработок

ПК(У)-8	Способен внедрять результаты исследований и разработок и организовывать защиту прав на объекты интеллектуальной собственности
ПК(У)-9	Способен участвовать в качестве исполнителя в научно-исследовательских разработках новых робототехнических и мехатронных систем
ПК(У)-10	Готов участвовать в подготовке технико-экономического обоснования проектов создания мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей
ПК(У)-11	Способен производить расчёты и проектирование отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием
ПК(У)-12	Способен разрабатывать конструкторскую и проектную документацию механических, электрических и электронных узлов мехатронных и робототехнических систем в соответствии с имеющимися стандартами и техническими условиями
ПК(У)-13	Готов участвовать в проведении предварительных испытаний составных частей опытного образца мехатронной или робототехнической системы по заданным программам и методикам и вести соответствующие журналы испытаний
Профессиональные компетенции университета	
ДПК (У)-1	Способен проводить проверку технического состояния оборудования, обоснование экономической эффективности внедрения проектируемых модулей и подсистем мехатронных и робототехнических устройств, настройку системы управления и обработки информации с использованием соответствующих инструментальных средств



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 15.03.06 «Мехатроника и робототехника»
Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

(Подпись) _____ (Дата) Мамонова Т.Е.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
8E92	Шакин Владислав Юрьевич

Тема работы:

Разработка транспортной платформы сервисного робота для доставки лекарственных средств в медицинском учреждении	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№34-87/с от 03.02.2023

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	04.06.2023
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом проектирования является транспортная платформа сервисного робота для доставки лекарств в медицинском учреждении.</p> <p>Разрабатываемая транспортная платформа должна:</p> <ul style="list-style-type: none"> – функционировать в двух режимах: режиме ручного управления и автоматическом режиме; – обнаруживать препятствия; – избегать столкновения с препятствиями. <p>Исходные данные для проектирования:</p> <ul style="list-style-type: none"> – грузоподъемность не менее 45 кг; – максимальная скорость 0,6 м/с.
--	--

	<p>Разработка транспортной платформы должна идти с учетом имеющейся материальной базы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – драйверная плата для управления мотор-колесами; – отладочная плата на базе микроконтроллера STM32F303VET6.
<p>Перечень разделов пояснительной записки, подлежащих исследованию, проектированию и разработке <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Аналитический обзор конструкционных решений существующих медицинских сервисных роботов. 2. Разработка функциональной схемы и выбор компонентов. 3. Разработка алгоритмов для функционирования платформы в автономном режиме и режиме ручного управления, их реализация. 4. Сбор макета транспортной платформы. Проведение тестирования.
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	Функциональная схема, блок-схемы алгоритмов.
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
Раздел	Консультант
Концепция стартап-проекта	Силифонова Екатерина Валерьевна, доцент ШИП, к.э.н.
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна, старший преподаватель ООД

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	03.02.2023
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Ланграф Сергей Владимирович	к.т.н.		03.02.2023

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е92	Шакин Владислав Юрьевич		03.02.2023



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники

Направление подготовки 15.03.06 «Мехатроника и робототехника»

Уровень образования Бакалавриат

Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

Период выполнения Весенний семестр 2022 /2023 учебного года

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
8E92	Шакин Владислав Юрьевич

Тема работы:

Разработка транспортной платформы сервисного робота для доставки лекарственных средств в медицинском учреждении

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	04.06.2023
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
27.05.2023 г.	Основная часть ВКР	60
30.05.2023 г.	Раздел «Социальная ответственность»	20
30.05.2023 г.	Раздел «Концепция стартап-проекта»	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Ланграф Сергей Владимирович	к.т.н.		03.02.2023

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Мамонова Татьяна Егоровна	к.т.н.		03.02.2023

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8E92	Шакин Владислав Юрьевич		03.02.2023

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 110 страниц, 34 рисунка, 13 таблиц, 44 источника и 4 приложения на 11 листах.

Ключевые слова: сервисная робототехника, транспортная платформа, доставка, транспортировка, микропроцессорная техника.

Объектом исследования является транспортная платформа сервисного робота для доставки лекарственных средств в медицинском учреждении.

Цель работы – разработать транспортную платформу сервисного робота, являющуюся его основой и позволяющую ему функционировать в условиях медицинского учреждения.

В ходе выполнения работы был проведен обзор аналогов – сервисных роботов, применяемых в условиях стационаров, больниц и хосписов. Были выделены ключевые особенности российских стационаров: наличие порогов, узкие пространства, с учетом которых велась дальнейшая разработка. На основе проведенного обзора были заданы данные для проектирования, были выполнены структурная и функциональная схемы, разработаны алгоритмы функционирования транспортной платформы. Для проверки разработанных алгоритмов был собран физический макет транспортной платформы и проведено тестирование конструкции, а также разработанного программного обеспечения в условиях корпуса №10 НИ ТПУ. Результатами проведенных экспериментов стало подтверждение работоспособности программного обеспечения. На текущий момент технология находится на стадии зрелости TRL 3 (согласно оценке TRL). В дальнейшем планируется продолжение работы по данной тематике: доработка прототипа, оснащение транспортной платформы инфракрасными датчиками, улучшение качества программного обеспечения.

Содержание

Реферат	8
Введение.....	12
Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки.....	14
1 Обзор сервисных роботов, применяющихся в сферах доставки, в том числе для доставки грузов в медицинских учреждениях	15
2 Проектирование транспортной платформы	23
2.1 Выбор типа двигателей	23
2.2 Расчет требуемой мощности двигателя	24
2.3 Обоснование возможности использования мотор-колёс	27
2.4 Разработка структурной схемы.....	28
2.5 Обоснование выбора устройств управления.....	30
2.6 Выбор датчиков расстояния.....	31
2.7 Выбор понижающего преобразователя	33
2.8 Разработка функциональной схемы	33
3 Разработка программного обеспечения	35
3.1 Прошивка драйверной платы для управления при помощи широтно-импульсной модуляции.	35
3.2 Реализация алгоритма управления скоростью и направлением движения платформы при помощи широтно-импульсной модуляции.....	38
3.4 Разработка алгоритма остановки перед препятствием и алгоритма объезда препятствия.....	50
4 Сборка прототипа и проведение тестирований	54
4.1 Сборка прототипа.....	54
4.1 Проведение тестирования	56

5 Концепции стартап-проекта.....	60
5.1 Описание продукта	60
5.2 Способы защиты интеллектуальной собственности	61
5.3 Объем и емкость рынка	62
5.4 Анализ современного состояния и перспектив развития отрасли	64
5.5 Себестоимость продукта	66
5.6 Конкурентные преимущества создаваемого продукта и сравнение технико-экономических характеристик продукта с отечественными и мировыми аналогами	72
5.7 Целевые сегменты.....	73
5.8 Бизнес-модель проекта, производственный план и план продаж.....	74
6 Социальная ответственность	82
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации.....	82
6.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации.....	83
6.2.1 Факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	84
6.2.2 Повышенный уровень шума	85
6.2.3 Отсутствие или недостаток естественного или искусственного освещения.....	86
6.2.4 Монотонность труда, вызывающая монотонию	88
6.2.5 Длительное сосредоточенное наблюдение.....	89
6.3 Экологическая безопасность.....	89
6.3.1 Защита атмосферы	89

6.3.2 Защита литосферы.....	90
6.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований	90
6.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	91
6.5 Вывод.....	93
Заключение	94
Список публикаций обучающегося.....	95
Список используемых источников.....	96
Приложение А (обязательное) – Листинг программы для считывания данных с датчиков расстояния	100
Приложение Б (обязательное) – Листинг программы для объезда препятствий	103
Приложение В (обязательное) – Письмо поддержки от клиник СибГМУ ...	107
Приложение Г (обязательное) – Письмо поддержки от ОГАУЗ Поликлиники №8 г.Томска	109

Введение

Проблема дефицита врачей и среднего медицинского персонала остро ощущается в России: из-за высокой загруженности в пандемию, риску заболеть опасной инфекцией и профессионального выгорания с 2020 года начался отток работников из сферы здравоохранения. «По расчетам субъектов РФ, в объеме государственных гарантий сохраняется дефицит более 130 тыс. специалистов со средним медицинским образованием», – сообщила директор Департамента медицинского образования и кадровой политики в здравоохранении Минздрава РФ Татьяна Семенова на заседании совета по региональному здравоохранению при Совете Федерации [1].

Министр здравоохранения Татьяна Голикова заявляет, что главная проблема в медицинской сфере – недостаток врачей, который предопределяет во многих регионах страны доступность медицинской помощи для отдаленных и малонаселенных пунктов [2]. Кроме того, нехватка персонала приводит к перегрузке работников: «В хирургическом отделении на одну медсестру должно быть 10-20 пациентов, но это так положено. А на самом деле больше. Сегодня у нас лежит 61 пациент, а работают две палатные медсестры – по 30 человек, получается. Работы очень много, и она тяжёлая» - признаётся старшая медсестра 1-го отделения (хирургического) Мурманского областного онкодиспансера Надежда Борисова [3].

Таким образом, в России по-настоящему актуальны проблемы высокой загруженности и дефицита медицинского персонала. Одним из возможных решений является реализация манипуляций, не требующих узкоспециализированных знаний при помощи современных IT-технологий и технологий робототехники. Такими манипуляциями являются, в частности, доставка лекарственных средств, доставка воды и продуктов питания. Поскольку в современных госпиталях количество палат может достигать нескольких сотен, а количество пациентов переваливает за тысячу человек, ручная доставка лекарств тратит существенное время медицинского персонала, особенно с 5 учетом того, что большинство лекарственных

препаратов принимаются несколько раз в день. Подводя итог, на данный момент очень актуальна разработка российского робота, способного осуществлять перевозку лекарственных средств в стационарах. Для успешного решения данной задачи необходимо разработать транспортную платформу, которая позволит роботу передвигаться в условиях российских стационаров. В рамках преддипломной практики стоит задача продолжения начатой ранее работы: модернизация транспортной платформы, в том числе – сварка новой рамы из металла, а также разработка алгоритмов для автономного функционирования платформы. В рамках практики планируется также сборка прототипа и апробация разработанных алгоритмов на данном прототипе.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В данной работе использовались следующие сокращения в соответствии с определениями:

ШИМ: способ управления подачей мощности к нагрузке, особенность которого заключается в изменении длительности импульса при постоянной частоте следования импульсов.

USB: последовательный интерфейс передачи данных (Universal Serial Bus).

Wi-Fi: беспроводная связь по стандарту передачи данных IEEE 802.11

UART: Универсальный асинхронный приёмопередатчик (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter).

1 Обзор сервисных роботов, применяющихся в сферах доставки, в том числе для доставки грузов в медицинских учреждениях

Сервисные роботы получают всё большее распространение. Несмотря на то, что в России внедрение сервисных роботов находится только на начальном этапе, в Европе и Азии они получили повсеместное распространение. Роботов-доставщиков используют для перевозки грузов в офисах, больницах и даже сервисных центрах автомобильных компаний.

На рисунке 1 представлена модель сервисного робота от компании PuduBot, от китайской компании Pudu [4-5]. Данная модель предназначена для перевозки грузов в офисных помещениях. Её эффективно используют во время экзаменов в продвинутых китайских школах, а офисные работники, имевшие дело с роботом, отмечают хорошую систему позиционирования. Особенностью данной модели является продвинутая система связи между роботами, что позволяет использовать несколько доставщиков в одном помещении одновременно, не беспокоясь о столкновении.



Рисунок 1 – Сервисный робот «PuduBot»

Ходовая система: электродвигатель, четыре колеса диаметром 10 сантиметров, с подруливающими роликами, автоматическая адаптивная переменная подвеска.

Технические характеристики:

– габариты 516*500*1288 мм;

- грузоподъёмность 30 кг;
- максимальная скорость передвижения 1,2 м/с;
- время автономной работы 10-24 часов;

На рисунке 2 представлена механика робота в разрезе.



Рисунок 2 – Подвеска робота «PuduBot»

Достоинствами робота являются сравнительно небольшие габариты, возможность передвижения по неровным поверхностям без угрозы повреждения груза, высокая грузоподъёмность и автономность. Главными **недостатками** робота являются отсутствие возможностей преодолевать пороги. Кроме того, отсутствуют возможности для безопасной перевозки лекарственных средств.

Еще одним популярным сервисным роботом, разработанным в азиатских странах, является модель «HOSPI» от компании «Panasonic». Данная модель была разработана специально для японских стационаров. Робот доставляет лекарства, медицинские образцы и другие некрупные предметы, освобождая время медсестер или лаборантов для работы с пациентами. Отсек для хранения вмещает шесть подносов с лекарствами стандартного размера, безопасность доставки обеспечивается специальной антивандальной системой, благодаря которой HOSPI может быть разблокирован только путем сканирования идентификационной метки

авторизованным пользователем. Все операции робот регистрирует, чтобы было понятно, кто и когда внес или удалил содержимое камеры хранения [6].



Рисунок 3 – Робот HOSPI

Ходовая система: 6 колес диаметром 8 сантиметров, адаптивная подвеска отсутствует.

Технические характеристики:

- габариты: 630мм*725мм*1386 мм;
- вес: 170кг, максимальная грузоподъемность 35 кг;
- непрерывное время работы: 12 часов;
- максимальная скорость: 1 м/с.

Достоинствами данного робота являются высокая грузоподъемность и автономность. **Недостатками** – отсутствие возможности преодолевать пороги, кроме того, существуют проблемы при передвижении по неровным поверхностям из-за отсутствия адаптивной подвески.

На американском рынке тоже существуют сервисные роботы, разработанные специально для медицинских учреждений. Так, американская робототехническая компания «Aethon» разработала автономного мобильного робота под названием TUG, который берет на себя часть функций медсестер по раздаче лекарств, сбору анализов и информации о пациенте и доставке их в лаборатории. Это не только экономит средства больницы, но и снижает нагрузку на медицинских работников, позволяя им уделить больше внимания уходу за пациентами [7-8].



Рисунок 4 – Робот «TUG»

Ходовая система: 4 колеса диаметром 6 сантиметров, адаптивная подвеска отсутствует, робот использует «танковый поворот».

Технические характеристики:

- габариты: 500мм*830мм*1250 мм;
- вес: 170кг, максимальная грузоподъемность 140 кг;
- непрерывное время работы: 8 часов;
- максимальная скорость 1,5 м/с.

Достоинствами данной модели являются большая грузоподъёмность является несомненным достоинством робота, кроме того, данная модель оснащена сейфом для хранения таблеток и системой выдачи препаратов пациентам, что, хотя и не относится к ходовой системе, но является существенным преимуществом модели. **Недостатками** – большие габариты, невозможность преодолевать пороги.

Ещё одной американской разработкой является «Moxi», которого внедрила Пресвитерианская больница Техасского здравоохранения в Далласе. Предназначенный не только для доставки лекарств, но и для взаимодействия с пациентом, «Moxi» оснащен роботизированной рукой и колесами в основании туловища, его можно запрограммировать на выполнение целевых поручений. Специально для этого машина подключается к электронной системе медицинских карт больницы. Медсестры могут устанавливать правила и задачи, в зависимости от изменения расписания процедур каждого пациента на этаже. Например, если пациента выписали, а в медицинской карте его комната помечена как пустая, «Moxi» получает команду доставить приёмный набор в комнату, чтобы все было готово к приёму следующего человека [9].



Рисунок 5 – робот «Мохі»

Ходовая система: 6 колес диаметром 8 сантиметров, адаптивная подвеска машинного типа.

Технические характеристики:

- габариты: 925мм*850мм*1750 мм;
- вес: 170кг, максимальная грузоподъемность 40 кг;
- непрерывное время работы: 10 часов;
- максимальная скорость 2 м/с.

Достоинства – наличие адаптивной подвески позволяет перемещаться на неровном полу, наличие манипулятора упрощает процесс загрузки лекарств и их выдачи. **Недостатки** – отсутствует сейф для безопасной перевозки лекарств, отсутствует возможность преодолевать пороги.

Обзор аналогов показал, что большинство сервисных роботов, применяемых в стационарах, обладают грузоподъемность менее 100

килограммов, при этом имеют колёса диаметром менее 10 сантиметров, что не позволяет им преодолевать пороги, и, соответственно, делает неприменимыми в условиях российских стационаров [10]. Кроме того, отдельные модели не обладают маневренностью, позволяющей им разворачиваться в условиях российских госпиталей, где, например, во многих коридорах существует дефицит пространства. Кроме того, проведенный обзор аналогов показал, что на данный момент на российском рынке не существует отечественных разработок, способных решить задачу доставки лекарственных средств пациентам. Таким образом, была подтверждена актуальность решаемой задачи. Более подробное сравнение различных моделей сервисных роботов приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение сервисных роботов для перевозки лекарственных средств

Название сервисного робота	Страна-производитель	Грузоподъёмность более 45 кг	Маневренность (возможность разворота в пространстве менее 1,2 м)	Возможность преодолевать пороги высотой более пяти сантиметров	Наличие защиты лекарственных средств от утраты во время транспортировки	Соответствие разработки медицинским стандартам
PuduBot	Китай	+	+	-	-	-
HOSPI	Япония	+	+	-	-	+
TUG	США	+	-	-	+	+
Moxi	США	+	-	-	-	-

Как видно из таблицы 1, существующие аналоги сервисных роботов, в том числе предназначенных для эксплуатации в условиях стационаров, имеют ряд недостатков, кроме того, ни один из них является российским. Закупка зарубежных моделей в государственные медицинские учреждения невозможна в силу трудностей с техническим обслуживанием на территории Российской Федерации. Программное обеспечение иностранных роботов также не является надёжным, поскольку в условиях санкций зарубежные компании могут вводить ограничение на его использование, что может привести к снижению функционала модели, вплоть до полной непригодности. Таким образом, обзор аналогов подтверждает актуальность разработки российского сервисного робота, который будет удовлетворять необходим техническим требованиям.

2 Проектирование транспортной платформы

2.1 Выбор типа двигателей

Подберём тип двигателей, с учетом условий эксплуатации робота.

Таблица 2 – Выбор типа двигателей

Тип двигателей	Возможность применения в стационарах: при передвижении по ровной, местами скользкой поверхности, с соблюдением тишины	Возможность реализации технических требований (в т.ч. – преодоления порогов высотой до 5 сантиметров, маневренности)	Возможность реализации простой, недорогой и неприхотливой конструкции
Колёса	++	++	+
Гусеницы	--	+-	+-
Воздушная подушка	+-	+-	--

Как видно из таблицы 2, наилучшим типом двигателей для разрабатываемой транспортной платформы являются колёса, поскольку именно данный тип двигателя удовлетворяет требованиям по бесшумности, хорошо подходит для передвижения по ровной поверхности, является недорогим, а также позволяет значительно упростить конструкцию, избежав в дальнейшем частых ремонтов устройства. Гусеницы хорошо подходят для передвижения по пересеченной местности, однако на ровной поверхности их эффективность существенно снижается. Воздушная подушка, при всех её достоинствах, плохо подходит для передвижения внутри стационаров в силу

высокого шума, стоимости, а также сложной конструкции, которая существенно повысит себестоимость разработки.

2.2 Расчет требуемой мощности двигателя

Исходя из проведенного обзора аналогов, а также учитывая специфику российских стационаров, в том числе наличие порогов высотой до пяти сантиметров, формулируем требования, предъявляемые к транспортной платформе.

Функции. Транспортная платформа должна:

1. Передвигаться по каучуковым, и ПВХ-покрытиям, антистатическому гомогенному напольному покрытию.
2. Иметь возможность разворота в узком пространстве (менее 1,2 м).
3. Преодолевать пороги.

Параметры:

1. Скорость передвижения 0,01-0,6 м/с.
2. Максимальный вес перевозимого груза – 30 кг.
3. Максимальная снаряженная масса не менее 45 кг.
4. Максимальная высота преодолеваемых порогов – 0,05 м.

На основе заданных параметров, произведем расчет мощности двигателя, необходимой для их обеспечения.

Рассчитаем необходимую мощность двигателя для передвижения робота массой 45 кг со скоростью 0,2 м/с. Примем значение КПД двигателя равным 88%. Учтем, что передвижение в госпитале происходит по ровным поверхностям, а не наклонным, а также основным видом подстилающей поверхности в палатах является линолеум с коэффициентом трения качения равным 0,09 [11]. Учтем при этом, что для преодоления порогов высотой до пяти сантиметров, диаметр колёс двигателя должен быть не менее 20 сантиметров [12].

Расставим силы, действующие на робота, движущегося по прямой линии:

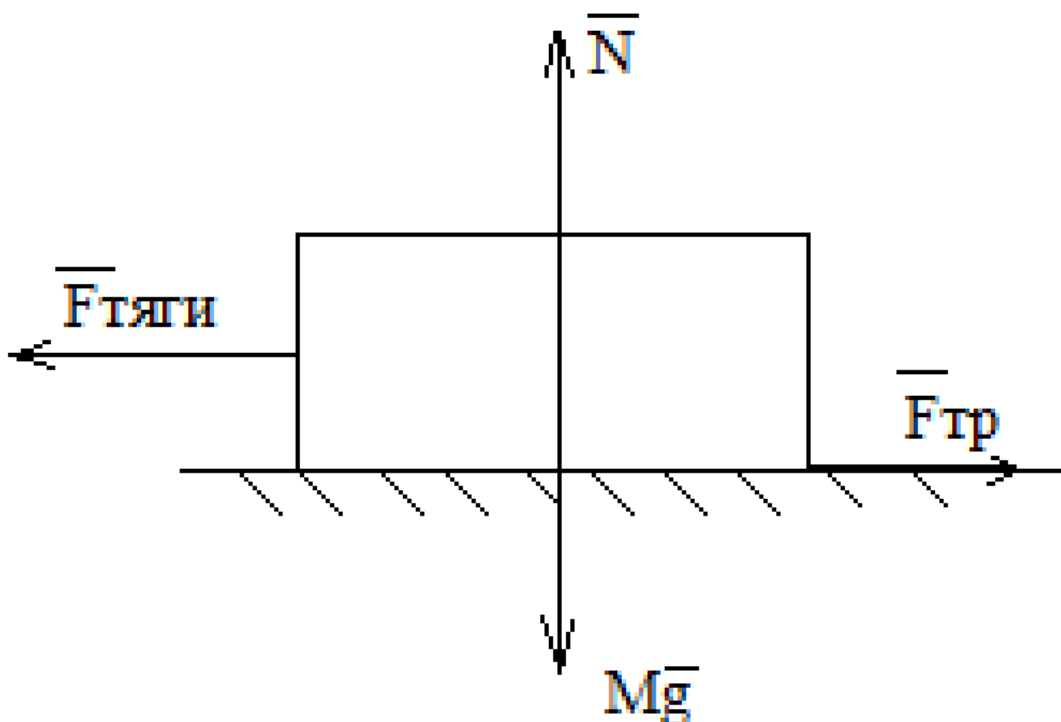


Рисунок 6 – Расстановка сил

По второму закону Ньютона можно записать систему уравнений, приняв за направление оси x направление силы тяги, за направление оси y – направление силы тяжести:

$$F_{\text{тяги}} = F_{\text{тр}} \quad (1)$$

$$Mg = N \quad (2)$$

Поскольку сила трения по определению рассчитывается в виде произведения коэффициента трения на сопротивление поверхности, для данного случая можем записать:

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu Mg \quad (3)$$

Коэффициент полезного действия двигателя можно рассчитать, как отношение полезной работы к работе произведенной, то есть затраченной:

$$\eta = \frac{A_{пол.}}{A_{затр.}} * 100\% \quad (4)$$

В данном случае полезная работа – работа силы тяги, затраченная работа – работа двигателя.

Примем во внимание также то, что работа равна произведению мощности электрического двигателя на время работы:

$$A = P * t \quad (5)$$

Тогда работу силы тяги можно выразить как произведение мощности двигателя на коэффициент полезного действия и на время работы:

$$A_{тяги} = \eta Pt \quad (6)$$

Запишем работы по преодолению сил трения качения:

$$A_{тр} = \frac{\mu NS}{R} = \frac{\mu mgS}{R} \quad (7)$$

Расписав перемещение для равномерного движения, получим:

$$A_{тр} = \frac{\mu mgvt}{R} \quad (8)$$

Исходя из (1), можем записать:

$$A_{тр} = A_{тяги} = \frac{\mu mgvt}{R} \quad (9)$$

Тогда:

$$P = \frac{\mu mgv}{\eta R} = \frac{0,09 * 45 * 9,8 * 0,2}{0,88 * 0,19} = 142 \text{ Вт} \quad (10)$$

Таким образом, минимальная требуемая мощность двигателя равна 142 Вт. Поскольку работа работа, для которого производится разработка транспортной платформы, будет происходить в помещении, применение двигателей внутреннего и внешнего сгорания, а также газотурбинных и криогенных двигателей, невозможно. Таким образом, оптимальным является применение электрического двигателя, поскольку данный тип двигатель позволит транспортной платформе перемещаться в медицинских учреждениях, не создавая излишнего шума и не загрязняя окружающую среду вредными газами.

2.3 Обоснование возможности использования мотор-колёс

Поскольку в качестве типа двигателя был выбран электродвигатель, а в качестве движителя – колесо, было решено рассмотреть возможность применения в разрабатываемой платформе мотор-колеса. Так, применение данного решения позволит достичь следующих преимуществ:

1. Высокий КПД

Чем больше трансмиссионных компонентов в цепи – тем ниже КПД. Для электропривода это 90-95 % (для примера КПД у Tesla model S для электродвигателя 95 %, для редуктора и главной передачи – 98 %), в то время как полный набор трансмиссионных потерь классической схемы снижает его до 90% [13].

2. Снижение массы транспортной платформы

Убрав все трансмиссионные узлы, мы можем снизить общую массу, т.к. от двигателя с генератором до мотор колеса пойдут только провода.

3. Компактность и удобство компоновки

Подключение мотор-колес лишь проводами, открывает значительные возможности по компоновке: можно создать по-настоящему компактную и маневренную транспортную платформу.

4. Повышение грузоподъёмности

Мотор-колёса используются в электрических велосипедах и гироскутерах, которые предназначены для перевозки людей. Таким образом, их применение позволит существенно увеличить грузоподъёмность транспортной платформы.

Таким образом, применение мотор-колёс является оправданным техническим решением в данном проекте, поскольку его реализация позволит повысить маневренность разрабатываемой транспортной платформы, а также её грузоподъёмность.

С учётом проведенных расчетов, под требования, предъявляемые к разрабатываемой транспортной платформе, подходят мотор-колёса диаметром 10,5 дюймов, номинальная мощность которых составляет 250 Вт [14].

2.4 Разработка структурной схемы

Разобравшись с предъявляемым к системе требованиям, а также выбрав в качестве двигателей и движителей мотор-колёса мощностью 250 ватт, приступим к разработке структурной схемы транспортной платформы.

Поскольку в работе планируется организация управления мотор-колёсами, необходимо предусмотреть драйверную плату, или плату нижнего уровня, на которой будет расположен микроконтроллер, принимающий сигналы о положении ротора с датчиков Холла, а также с датчиков тока, встроенных в мотор-колёса. Поскольку сервисные роботы работают в условиях, где необходимо отслеживать не только изменение расположения статических препятствий, но и перемещение людей, их система навигации оказывается под очень большой нагрузкой, что может привести к сбоям в её работе. Во избежание несчастного случая транспортная платформа должна быть оборудована независимыми датчиками расстояния, по которым можно будет оценить обстановку и, в некоторых случаях, даже продолжить движение. Для задания скорости передвижения, а также выбора режима работы необходимо предусмотреть беспроводной приёмопередатчик. Возможна, например, концепция с применением wi-fi сигнала, однако в таком случае необходимо предусмотреть возможность передачи сигнала на дальнем расстоянии, поскольку работа внутри медицинского учреждения предусматривает перемещение более чем на 20 метров от места постоянного размещения робота.

Для обработки данных с датчиков расстояния и приёмопередатчика необходимо оснастить платформу ещё одним контроллером – контроллером верхнего уровня, который будет задавать значения по скорости и направлению движения контроллеру нижнего уровня. Питание верхнего и нижнего уровня можно осуществлять при помощи двух аккумуляторных батарей. Разработанная структурная схема представлена на рисунке 7.

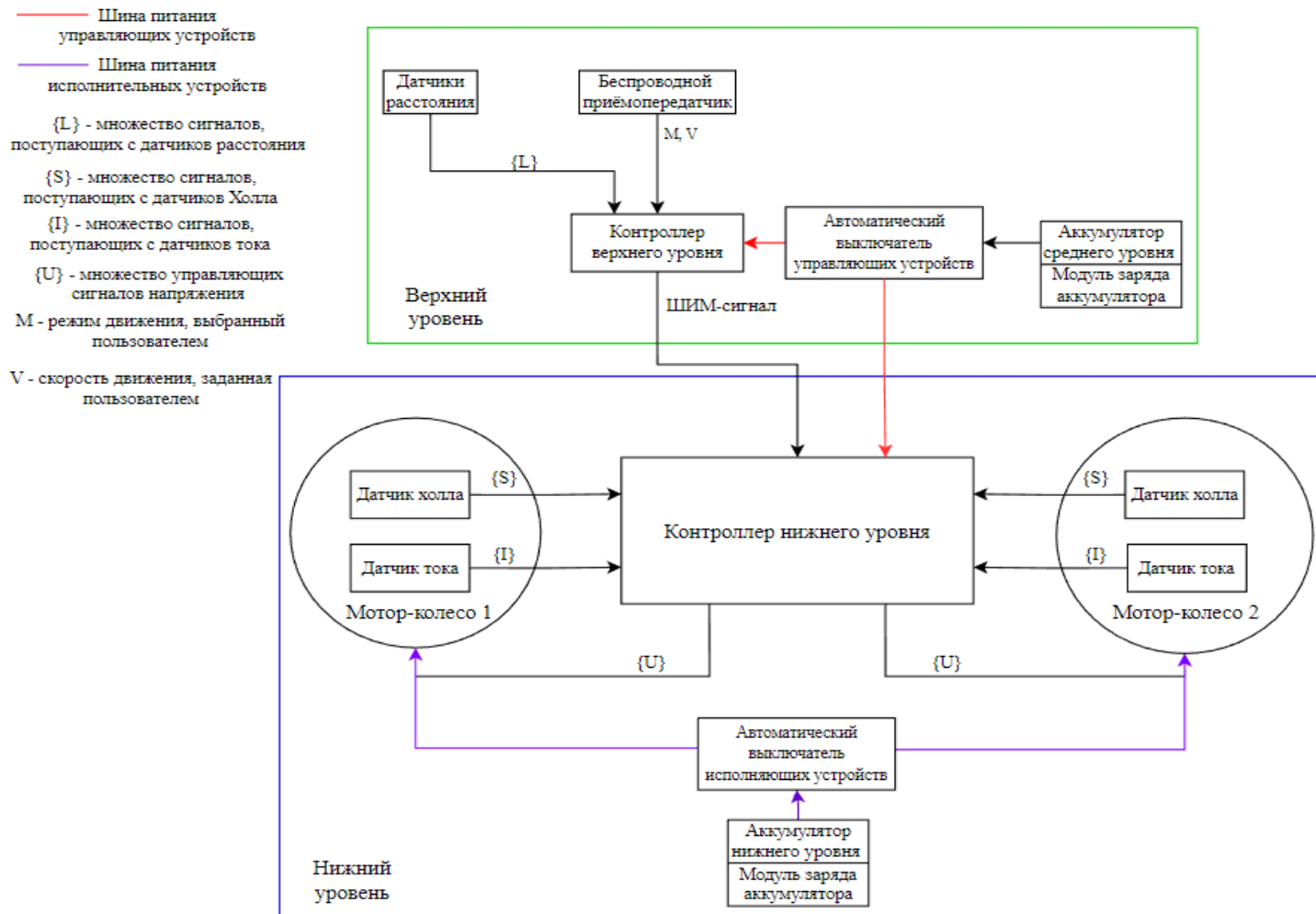


Рисунок 7 – Структурная схема транспортной платформы

2.5 Обоснование выбора устройств управления

Применение мотор-колёс требует применения соответствующего устройства управления. Наилучшим решением в данном случае является применение специализированной платы-драйвера [15] на базе микроконтроллеров STM32F403RCT6 или GD32F403RCT6. В лаборатории Томского политехнического университета имелась в наличии драйверная плата на базе STM32F403RCT6, при помощи которой возможно управлять двумя мотор-колёсами, поэтому было решено использовать её при сборке прототипа транспортной платформы.



Рисунок 8 – Плата управления гироскутером

Для того чтобы при помощи драйверной платы управлять мотор-колёсами, необходимо задать конфигурацию платы, позволяющую осуществить именно этот тип управления. При этом, драйверная плата не способна самостоятельно формировать скважность управляющих импульсов в зависимости от окружающей обстановки, поэтому необходимо предусмотреть устройство, способное формировать управляющие импульсы. Для решения данной задачи можно применить отладочную плату на базе

микроконтроллера STM32. В данном проекте было решено применить отладочную плату на базе микроконтроллера STM32F303VCT6, имеющуюся в наличии в ТПУ. При помощи данной платы методом широтно-импульсной модуляции будет формироваться управляющий сигнал, позволяющий задавать скорость и направление вращения мотор-колёс.

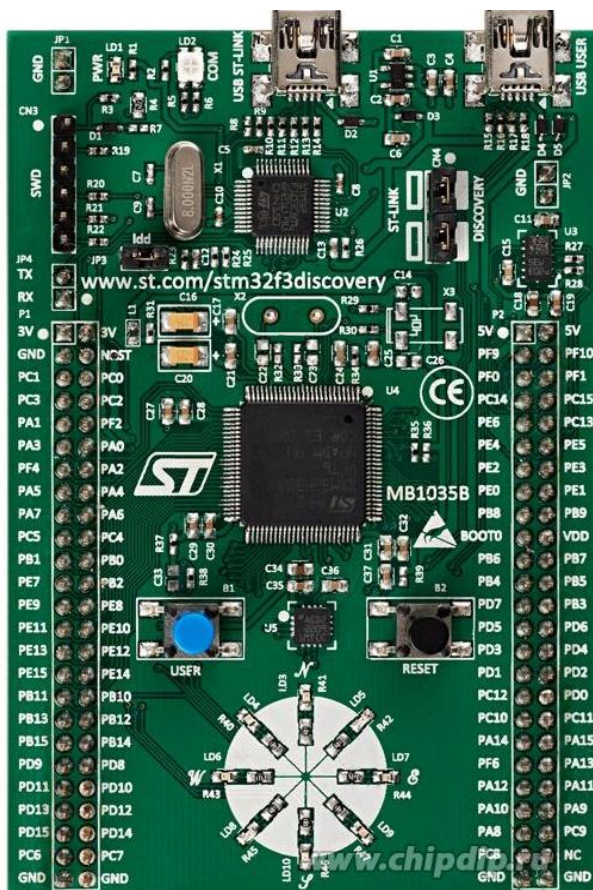


Рисунок 9 – Отладочная плата STM32F303VCT

2.6 Выбор датчиков расстояния

На сегодняшний день существует большое количество разных типов датчиков, способных мерить расстояние. К таковым относятся:

1. Ультразвуковые датчики расстояния
2. Лазерные дальномеры
3. Инфракрасные датчики
4. Радиодальномеры
5. Световые дальномеры, а также дальномеры других конструкций.

Несмотря на большой выбор датчиков разных типов, наибольшее распространение получили инфракрасные датчики расстояния, а также ультразвуковые датчики расстояния. Это связано с их простой конструкцией, сравнительно невысокой ценой, а также возможностью применения в разных средах и условиях. В данном проекте целесообразным является выбор ультразвуковых датчиков, в медицинском учреждении могут находиться в том числе предметы со светопоглощающим покрытием, расстояние до которых не смогут измерить лазерные дальномеры и инфракрасные датчики.

На данный момент на рынке существует несколько ультразвуковых датчиков, с различными характеристиками [16-18]. Подберем модель ультразвуковых датчиков, которую можно использовать в проекте.

Таблица 3 – Сравнение ультразвуковых датчиков расстояния

Модель	HC-SR-04	JSN-SR04T	HY-SRF05
Номинальный ток, мА	25	40	55
Напряжение питания, В	5	5	5
Дальность распознавания препятствий, м	4	5	4,5
Угол обзора, град.	15	25	20
Цена, руб.	150	470	420

Как видно из таблицы 3, характеристики датчиков являются схожими. Несмотря на преимущество JSN-SR04T с точки зрения дальности измерения и угла обзора, его цена слишком велика. Оптимальным с точки зрения цены и

качества является выбор в качестве датчика расстояния модель HC-SR-04, не значительно уступающего по характеристикам.

2.7 Выбор понижающего преобразователя

Питание верхнего и нижнего уровня требует разных значений по напряжению. Так, для подключение мотор-колёс необходим аккумулятор с напряжением до 36 В, при этом отладочная плата, а также датчики расстояния потребляют 5 В. При этом, драйверная плата имеет встроенные источники питания напряжением 5 В и 15 В [19]. При этом, эмпирически было установлено, что сигнал с источника 5 В не является стабильным и его невозможно использовать в качестве питания для верхнего уровня. Таким образом, существует возможность питать верхний и нижний уровень транспортной платформы от одной аккумуляторной батареи только с применением понижающего преобразователя напряжения. При этом в диапазон входных значений должен включать в себя 15 В, диапазон выходных значений – 5 В, диапазон выходного тока должен быть от 0 до 3 А. Исходя из вышеописанных требований был выбран понижающий преобразователь напряжения LMR33630ADDAR HSOP8 [20] со следующими характеристиками:

- диапазон входного напряжения: 3.8...36 В;
- диапазон выходного напряжения: 1.5...27 В;
- диапазон выходного тока: 0-3 А.

2.8 Разработка функциональной схемы

На основе подобранных компонентов была разработана функциональная схема транспортной платформы, представленная на рисунке 10. Во время разработки было принято решение отойти от ранее спроектированной структурной схемы, заменить приёмопередатчик на приёмник от пульта Microzone для обеспечения возможности управления платформой с пульта управления.

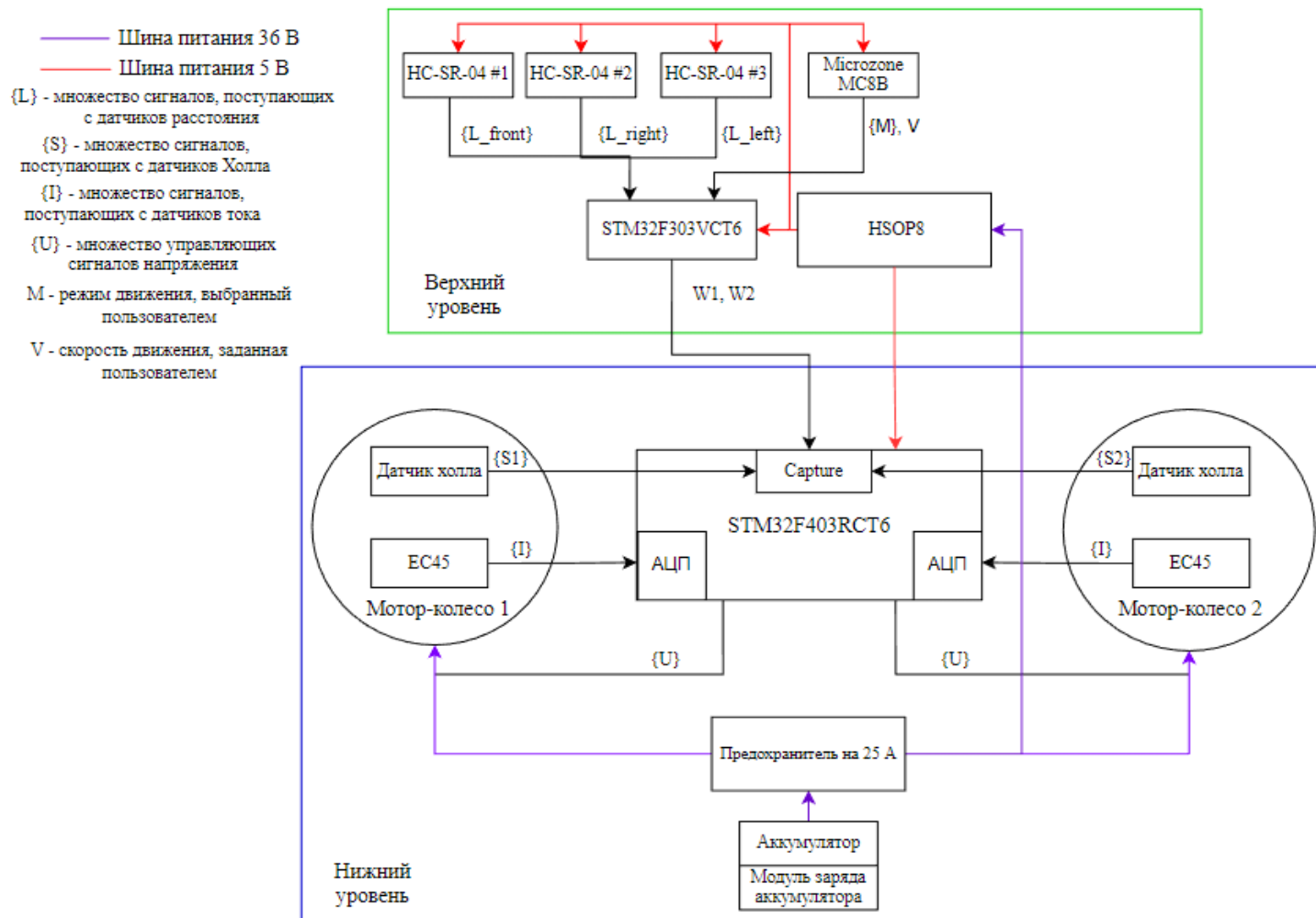


Рисунок 10 – Функциональная схема

3 Разработка программного обеспечения

Исходя из требований по функционалу, необходимо создать программу, реализующую перемещение транспортной платформы при помощи команд оператора. При этом, для регулировки скорости движения и направления движения будет использоваться широтно-импульсная модуляция. Управляющая плата верхнего уровня будет использоваться для изменения скважности, управляющая плата нижнего уровня – для управления мотор-колёсами.

Затем необходимо разработать программу для считывания данных с датчиков расстояния и разработать алгоритм автономного функционирования транспортной платформы – объезда препятствий при помощи данных с датчиков.

3.1 Прошивка драйверной платы для управления при помощи широтно-импульсной модуляции.

Для начала необходимо прошить драйверную плату под управление мотор-колесами в режиме широтно-импульсной модуляции. Для этого воспользуемся проектом, созданным для генерации различных прошивок гироскутерных плат. В файле конфигурации .ini выберем желаемый вариант прошивки, после чего перейдём в заголовочный файл, чтобы изменить параметры управления мотор-колёсами.

```
;default_envs = VARIANT_ADC
;default_envs = VARIANT_USART
;default_envs = VARIANT_NUNCHUK
;default_envs = VARIANT_PPM
default_envs = VARIANT_PWM
;default_envs = VARIANT_HOVERCAR
;default_envs = VARIANT_HOVERBOARD
;default_envs = VARIANT_TRANSPOTTER
;default_envs = VARIANT_SKATEBOARD
```

Рисунок 11 – Конфигурация прошивки

```
#define BAT_FILT_COEF 655
#define BAT_CALIB_REAL_VOLTAGE 3970
#define BAT_CALIB_ADC 1492
#define BAT_CELLS 10
#define BAT_LVL2_ENABLE 1//0
#define BAT_LVL1_ENABLE 1
#define BAT_DEAD_ENABLE 1
#define BAT_BLINK_INTERVAL 80
```

Рисунок 12 – Конфигурация батареи

На рисунке 13 представлена конфигурация батареи: коэффициент фильтрации батареи установлен на уровне 0,1; реальное напряжение – на уровне 39,7 В; максимальная величина напряжения, измеряемая управляющей платой (5В) будет соответствовать 1492 при использовании АЦП; число банок в аккумуляторе равно 10, включены режимы оповещения о нормальном заряде и низком заряде при включении; при достижении низкого напряжения происходит экстренное выключение; интервал мигания светодиода на плате – 80 мили-секунд.

```
#define I_MOT_MAX 7
#define I_DC_MAX 8
#define N_MOT_MAX 20
```

Рисунок 13 – Конфигурация максимальных токов на мотор-колёсах (А) и максимальной скорости для обоих моторов (об/мин)

```
#define CTRL_TYP_SEL FOC_CTRL
#define CTRL_MOD_REQ SPD_MODE
#define DIAG_ENA 1
```

Рисунок 14 – Конфигурация управления

Управление происходит с защитой моторов по току; управление моторами происходит по скорости; в случае неисправности какого-либо мотора будет подан звуковой сигнал.

После окончания конфигурации при помощи visual studio собираем проект и получаем «.bin» файл, который можно использовать при прошивке платы с помощью программатора.

Для прошивки платы использовался программатор ST-LINK V2.



Рисунок 15 – Программатор ST-LINK V2

К сожалению, оказалось, что не все платы можно прошить при помощи данного программатора. Работа с платами на базе микроконтроллеров STM32 и GD32 вполне успешна, однако прошивка китайских плат на базе микроконтроллеров AT32, к сожалению, не поддерживается.

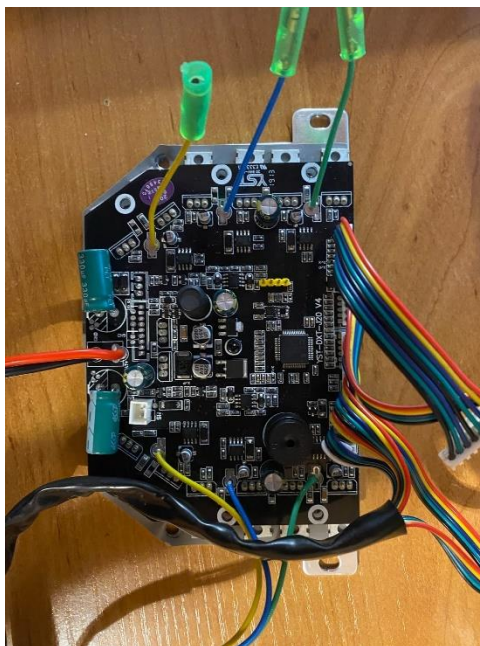


Рисунок 16 – Китайская плата на базе микроконтроллера AT32

Для решения проблемы была приобретена гироскутерная плата на базе микроконтроллера STM32. Для прошивки использовалось приложение STM32 ST-LINK Utility.

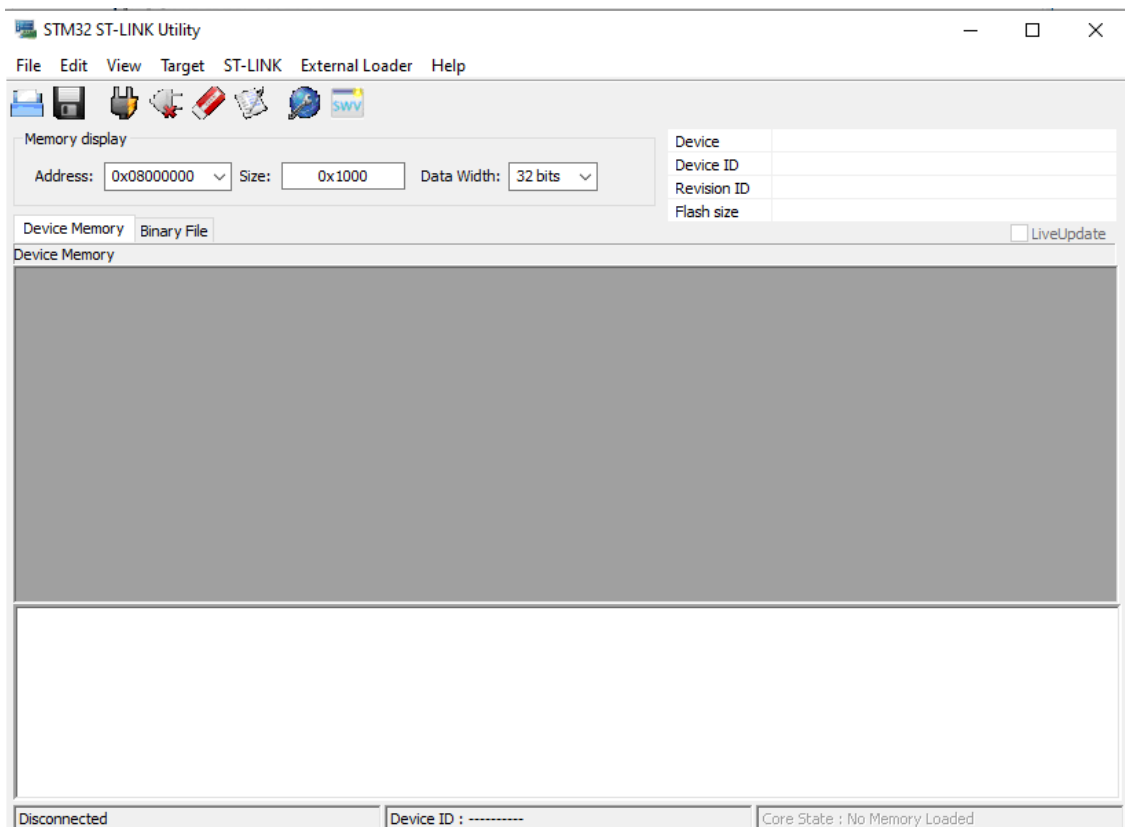


Рисунок 17 – Интерфейс STM32 ST-LINK Utility

При помощи данного приложения была стерта предыдущая прошивка, а затем – при помощи меню Target-Program – добавлена собранная ранее прошивка для управления мотор-колёсами при помощи ШИМ.

3.2 Реализация алгоритма управления скоростью и направлением движения платформы при помощи широтно-импульсной модуляции

Для сборки прототипа, кроме прошитой под ШИМ-управление гироскутерной платы, необходима система, которая будет генерировать управляющие сигналы. На данном этапе реализации проекта для решения данной задачи было решено использовать отладочную плату на базе микроконтроллера STM32 и ноутбук, однако в перспективе планируется применение PWM-пульта и передатчика.

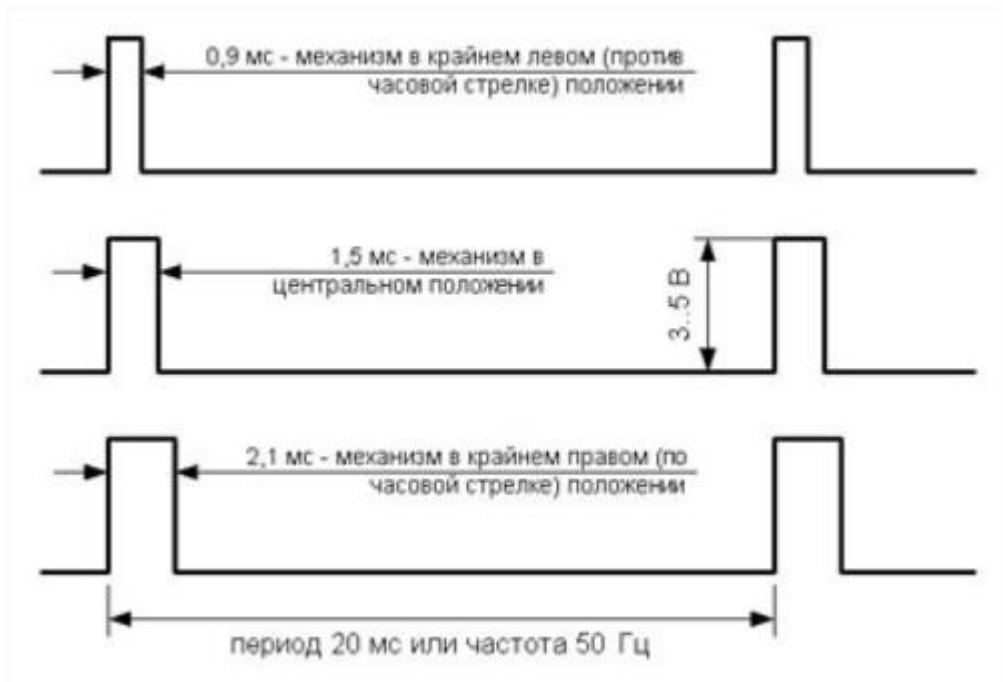


Рисунок 18 – Скважность импульса в зависимости от положения пульта

Для реализации алгоритма управления транспортной платформой создадим проект в среде CubeMX, указав в качестве отладочной платы STM32F303VCT6 [21].

Первым делом настроим тактовую частоту для каждой шины:

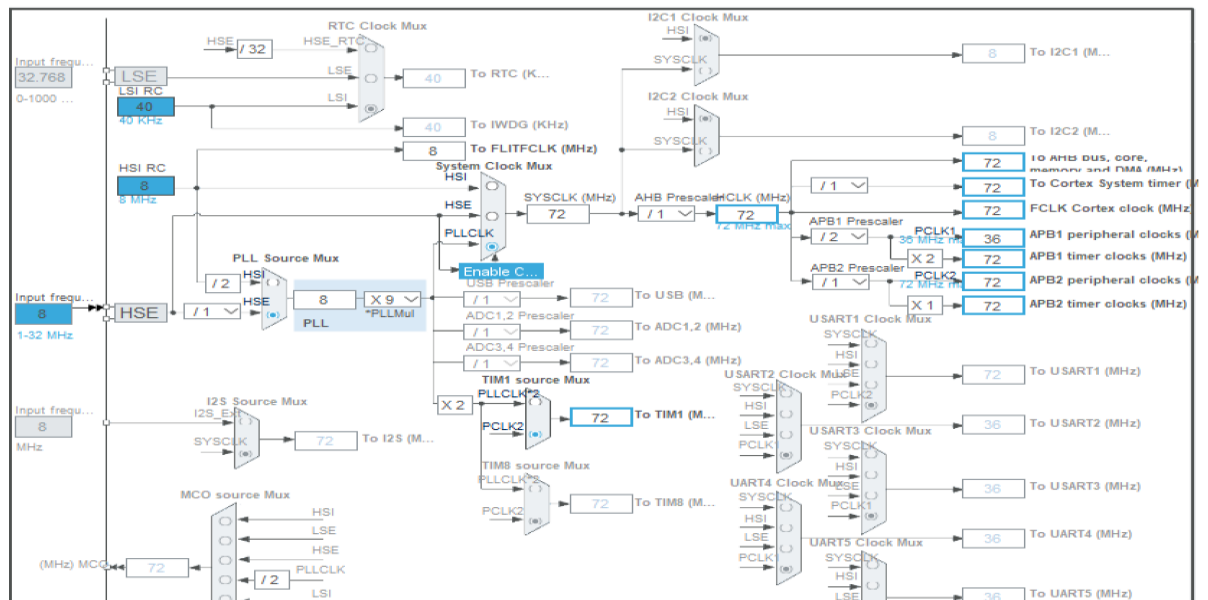


Рисунок 19 – Настройки частоты

Как видно из рисунка 19, задействован внешний кварцевый резонатор (HSE), с помощью которого частота таймера установлена на уровне 72 Гц.

Управление транспортной платформой при помощи ШИМ удобно реализовать в обработчике прерываний одного из таймеров [22-24]. Для этого выберем таймер и настроим его конфигурацию (период):

$$T_{МК} = \frac{2 * Prescaler * CounterPeriod}{f_{такт.}} \quad (11)$$

В формуле (11) $T_{МК}$ – период таймера, равный 20 мс, $Prescaler$ – значение предделителя, $CounterPeriod$ – предельное значение счета таймера, $f_{такт.}$ – значение тактовой частоты процессора, в данном случае она равна 72 МГц.

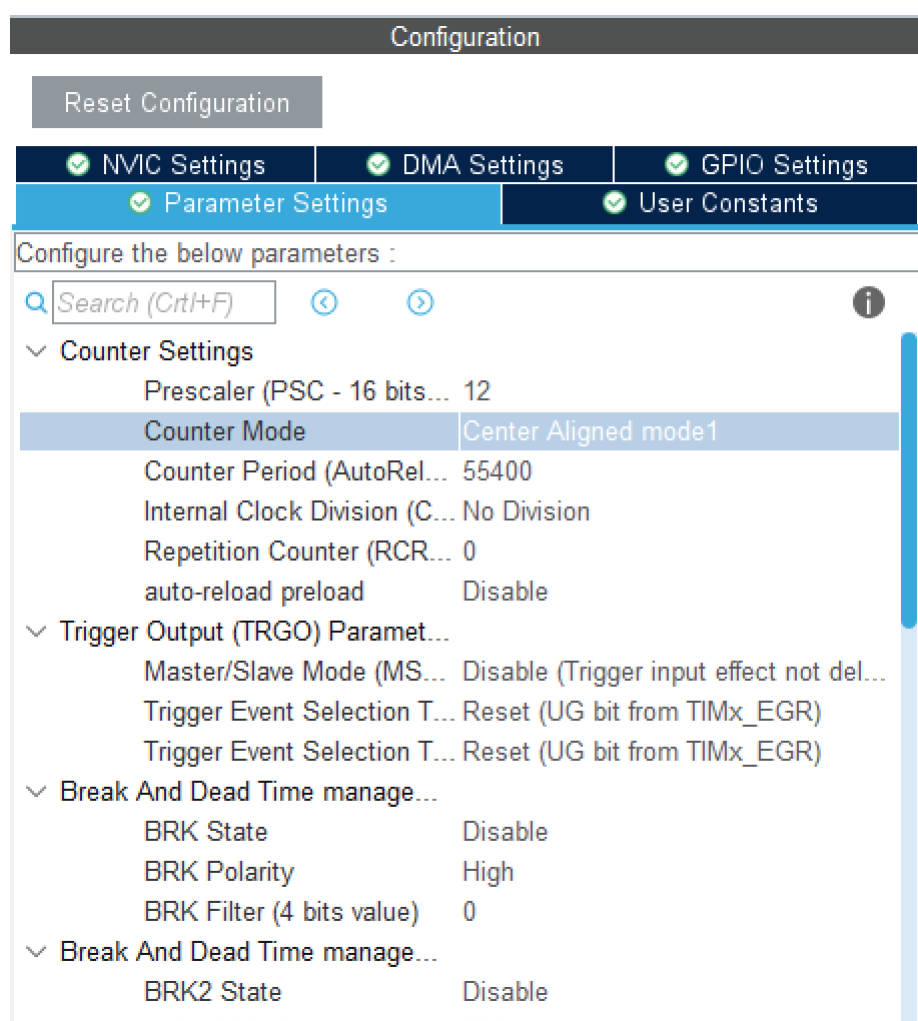


Рисунок 20 – Конфигурация таймера

На рисунке 20 видно, что период таймер равен 55400, предделитель равен 12. В качестве режима счета выбран двунаправленный отсчет [25]. Двунаправленный режим означает, что счетчик считает в прямом направлении от 0 до значения перезагрузки, а затем переходит в реверсивный режим и счет ведется до 0. При изменении направления счета и сбросе генерируется прерывание.

Для генерации импульсов будем использовать каналы 2 и 3 таймера 1.

Настроим генерацию:

▼ PWM Generation Channel 2	
Mode	PWM mode 1
Pulse (16 bits value)	3599
Output compare preload	Enable
Fast Mode	Disable
CH Polarity	High
CH Idle State	Reset
▼ PWM Generation Channel 3	
Mode	PWM mode 1
Pulse (16 bits value)	3599
Output compare preload	Enable
Fast Mode	Disable
CH Polarity	High
CH Idle State	Reset

Рисунок 21 – Параметры генерации импульсов в каналах 2 и 3 таймера 1

Как видно из рисунка 21, значение генерируемого импульса равно 3599. После настройки таймера и подключения внешнего кварцевого резонатора [26] отладочная плата в проекте выглядит следующим образом:

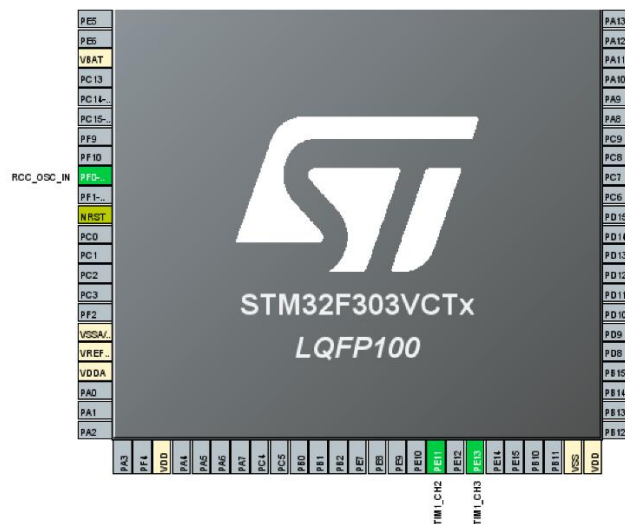


Рисунок 20 – Отладочная плата в среде CubeMx

Зеленым цветом подсвечиваются выводы, которые задействованы в проекте: PF0 – кварцевый резонатор, PE11 – канал 2 таймера 1, PE13 – канал 3 таймера один. Именно на этих выводах будут генерироваться импульсы.

Закончив с конфигурацией, сгенерируем проект и перейдём в среду Keil [27] для непосредственной реализации алгоритма. В среде Keil автоматически были сгенерированы файлы, в которых будет происходить дальнейшая реализация.

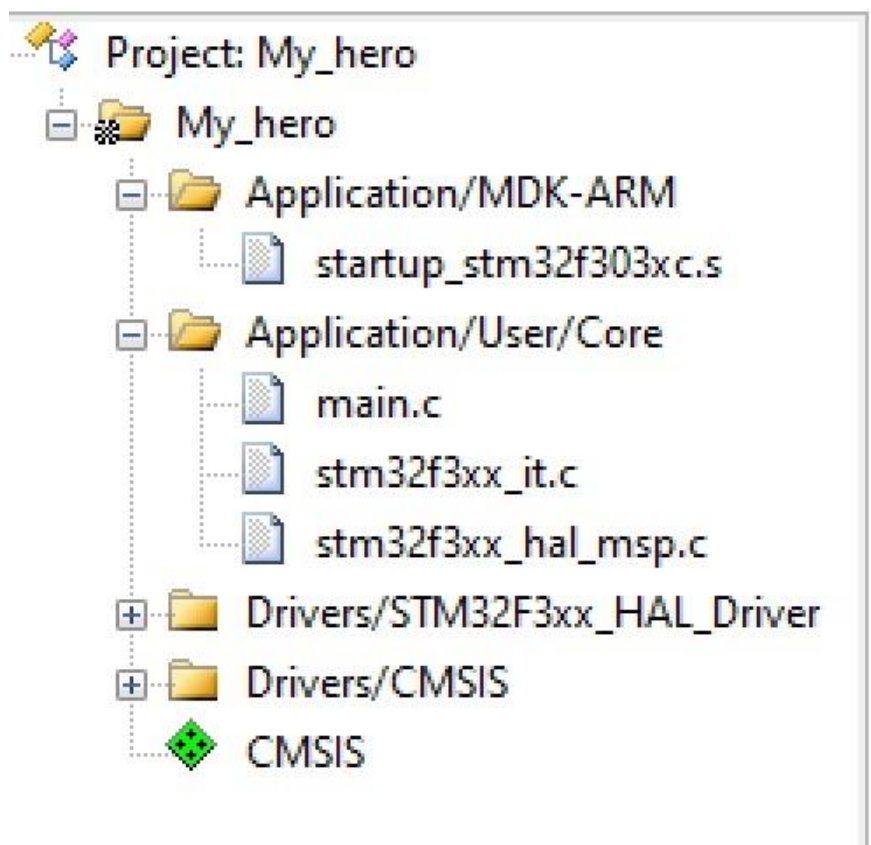


Рисунок 21 – Сгенерированные файлы в среде Keil

Реализация алгоритма будет происходить в двух файлах: основной код будет реализован в файле `main.c`, а сам алгоритм – в обработчике прерываний таймера `Tim1` [28], который находится в файле `stm32f3xx_it.c`. Блок-схемы представлены на рисунках 22 и 23.

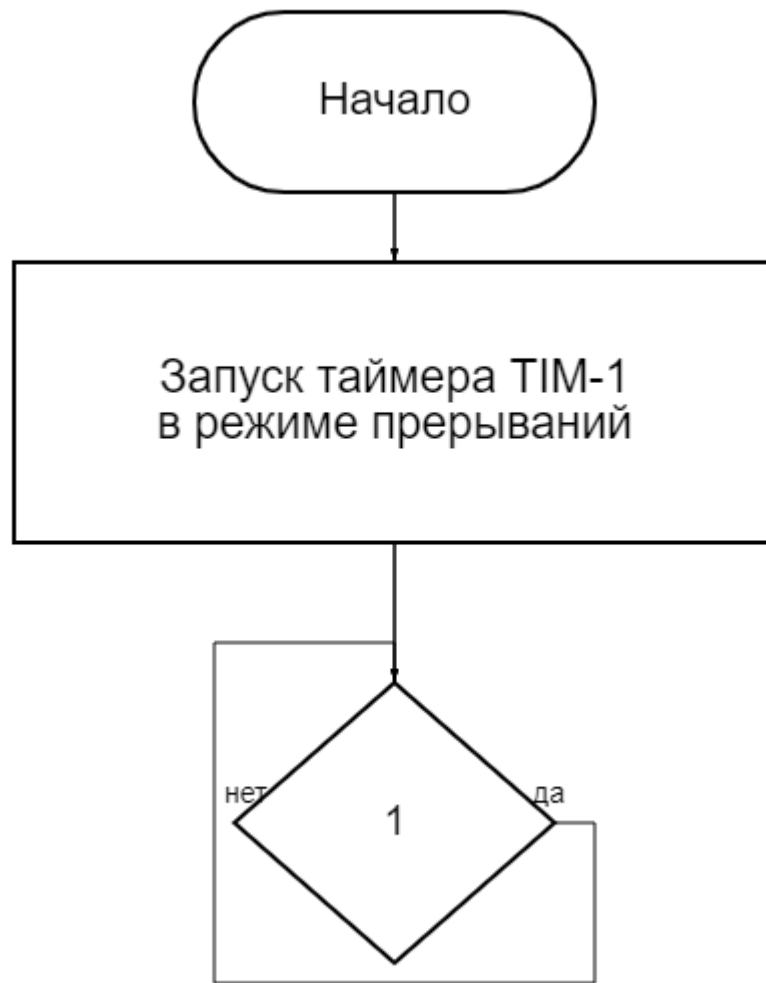


Рисунок 22 – Блок-схема функции main

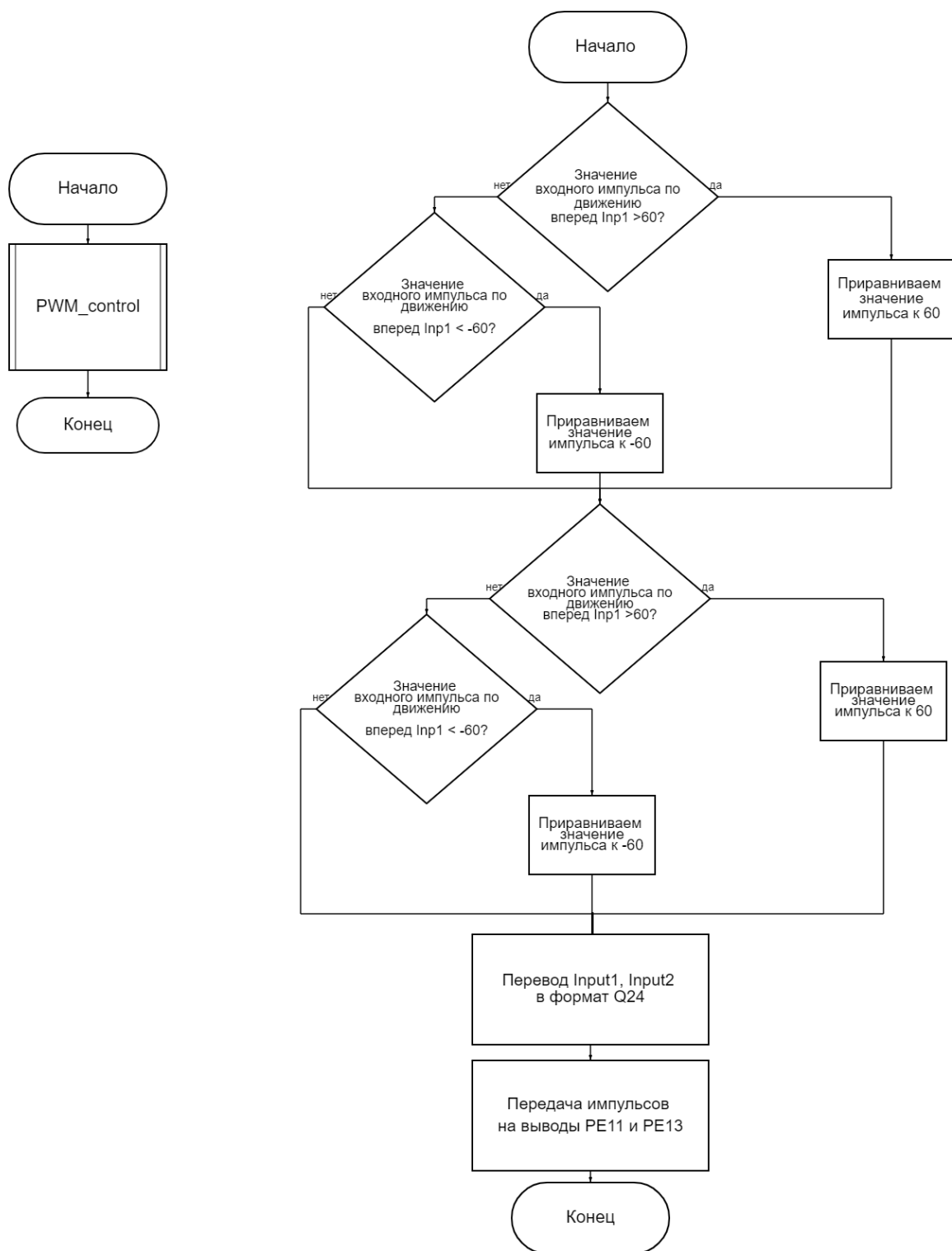


Рисунок 23 – Блок-схема обработчика прерываний таймера 1 и функции PWM_control

Разработав базовый алгоритм для передвижения, приступим к реализации автономного режима функционирования.

3.3 Разработка алгоритма расчета расстояния до препятствия при помощи датчика

Реализация алгоритма остановки перед препятствием неразрывно связана с алгоритмом определения препятствия. Для определения препятствия в данной работе было решено использовать ультразвуковой датчик HC-SR-04, позволяющий определять препятствия на расстоянии до 4 метров.

Действие ультразвукового дальномера HC-SR04 основано на принципе эхолокации [29]. Он излучает звуковые импульсы в пространство и принимает отражённый от препятствия сигнал. По времени распространения звуковой волны к препятствию и обратно определяется расстояние до объекта.

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

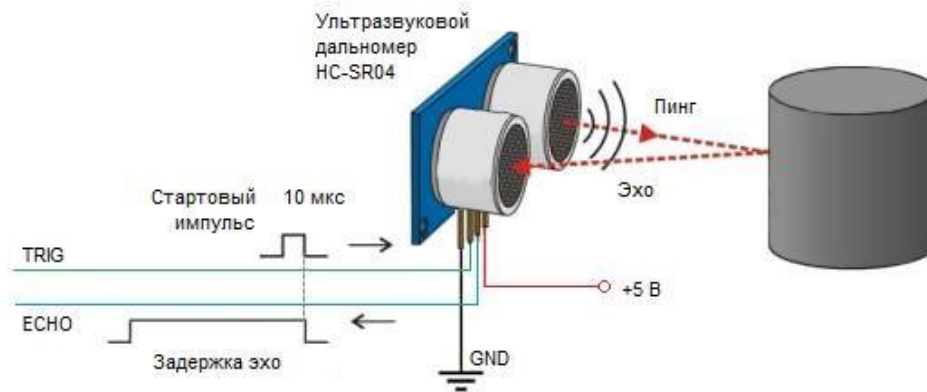


Рисунок 24 – Принцип работы датчика HC-SR04

Реализовать алгоритм считывания расстояния до препятствия можно, используя среду разработки CubeMX и Keil, поскольку управление платформой было реализовано именно при помощи данного стека технологий.

Для этого, перейдём в среду разработки CubeMX и настроим таймер номер два для обычного расчета времени.

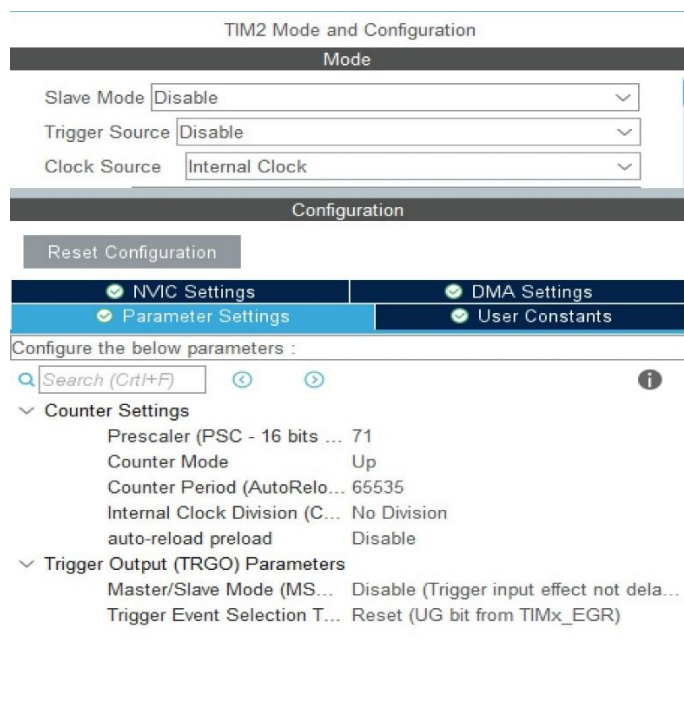


Рисунок 25 – Настройки таймера 2 в среде CubeMX

Как видно из рисунка 2, выбран верхний тип счет в режиме внутреннего времени, значение периода расчета, равное 65535, является максимально возможным. Значение предделителя [30], равное 71, позволит работать на частоте 1 МГц.

Аналогичным образом настроим таймеры номер четыре и номер пятнадцать, поскольку в дальнейшем будут использоваться три датчика расстояния для определения оптимального пути.

Также, для подключения пинов «эхо» и «триггер» датчиков расстояния, установим пины PA9, PC9 и PD9 в качестве GPIO_OUTPUT, пины PA8, PC8, PD8 в качестве GPIO_input [31].

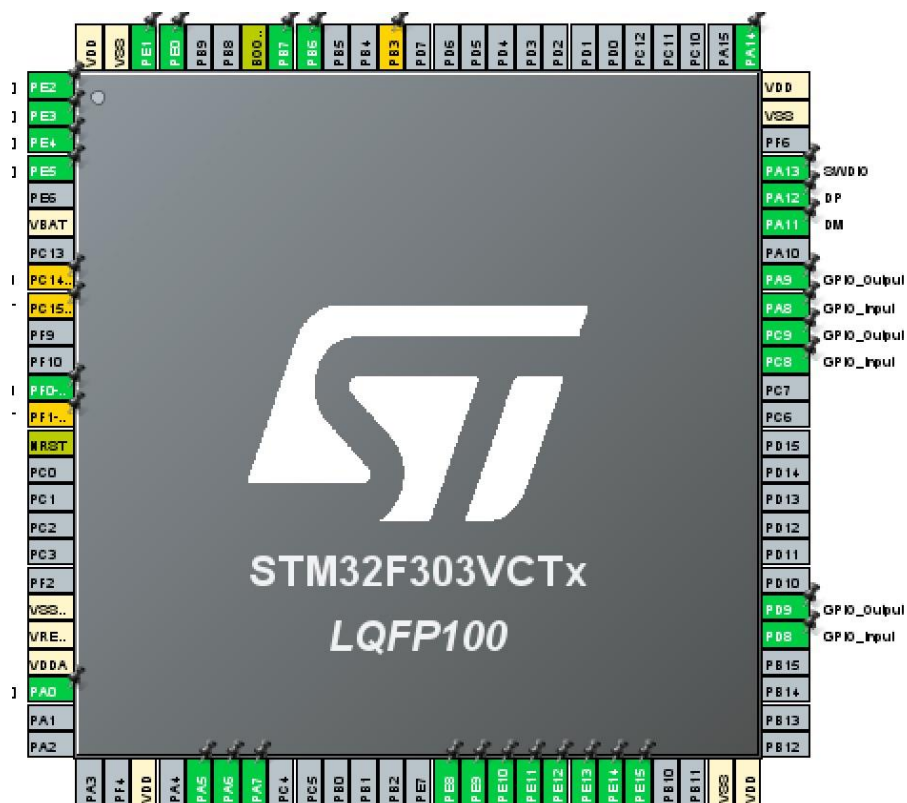


Рисунок 26 – Конфигурация пинов

Разобравшись с настройками таймеров и подключением датчиков, перейдём к реализации алгоритма считывания расстояния до объекта. Блок-схема алгоритма считывания расстояния представлена на рисунке 27.

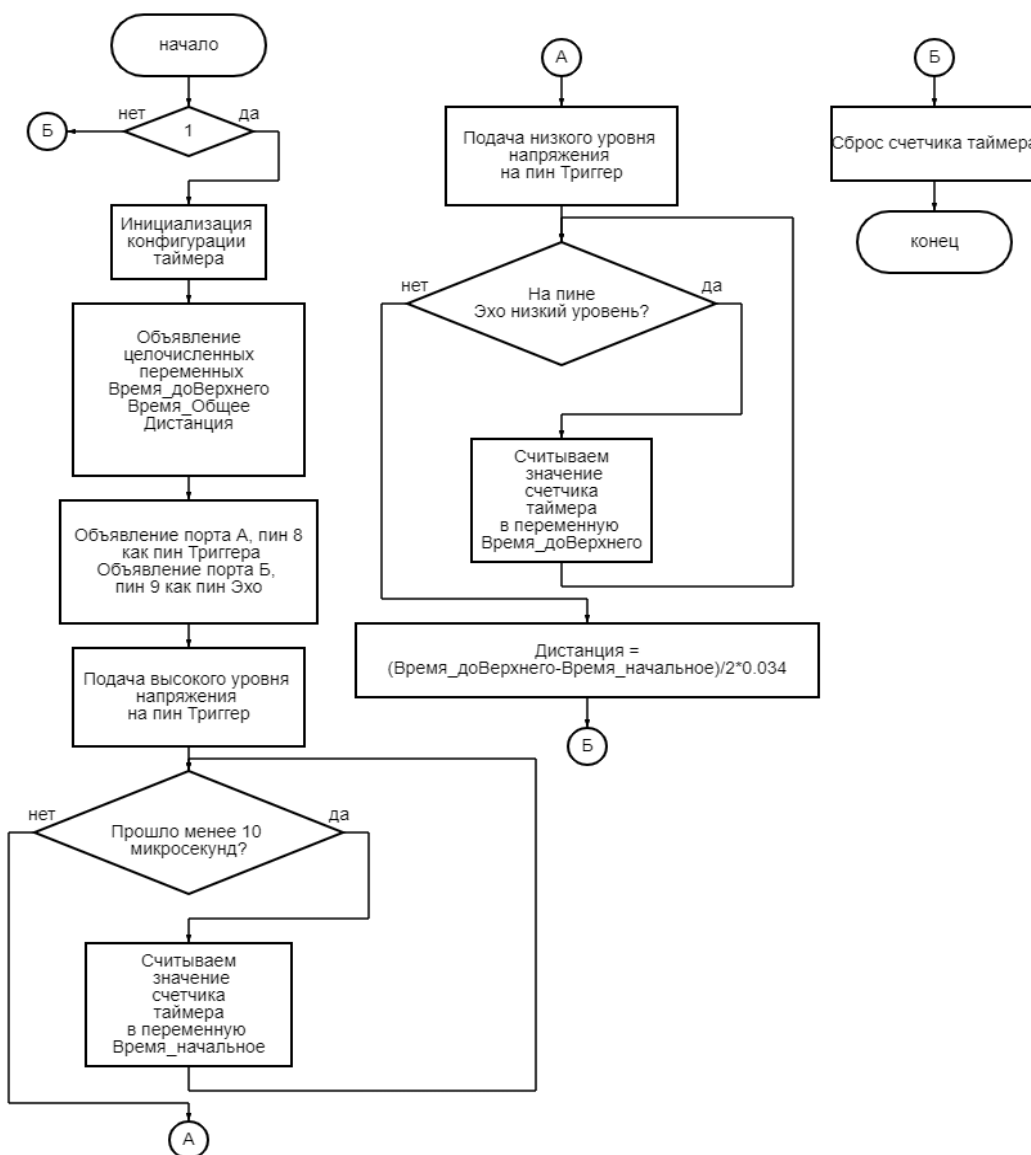


Рисунок 27 – Блок-схема алгоритма определения расстояния до препятствия

Как видно из рисунка 27, алгоритм полностью основан на работе ультразвукового датчика: изначально подается высокий уровень напряжения на пин триггера, затем фиксируется время появления нижнего фронта [32] на пине эхо (для этого используется таймер, конфигурация которого была описана ранее). Момент появления верхнего фронта на пине эхо также фиксируется при помощи таймера. Затем, с учетом скорости распространения звука по воздуху, равной 340 метров в секунду, рассчитывается расстояние до объекта по формуле:

$$S = v * t \quad (12)$$

Реализовав программу для считывания данных с датчиков, перейдем к разработке алгоритма автоматической остановки перед препятствием и алгоритма автоматического объезда препятствий.

3.4 Разработка алгоритма остановки перед препятствием и алгоритма объезда препятствия

Теперь, в зависимости от значений, получаемых с датчиков расстояния, будем корректировать скважность импульсов, передаваемых на выходы PE11 и PE13. Для начала реализуем алгоритм остановки перед препятствием.

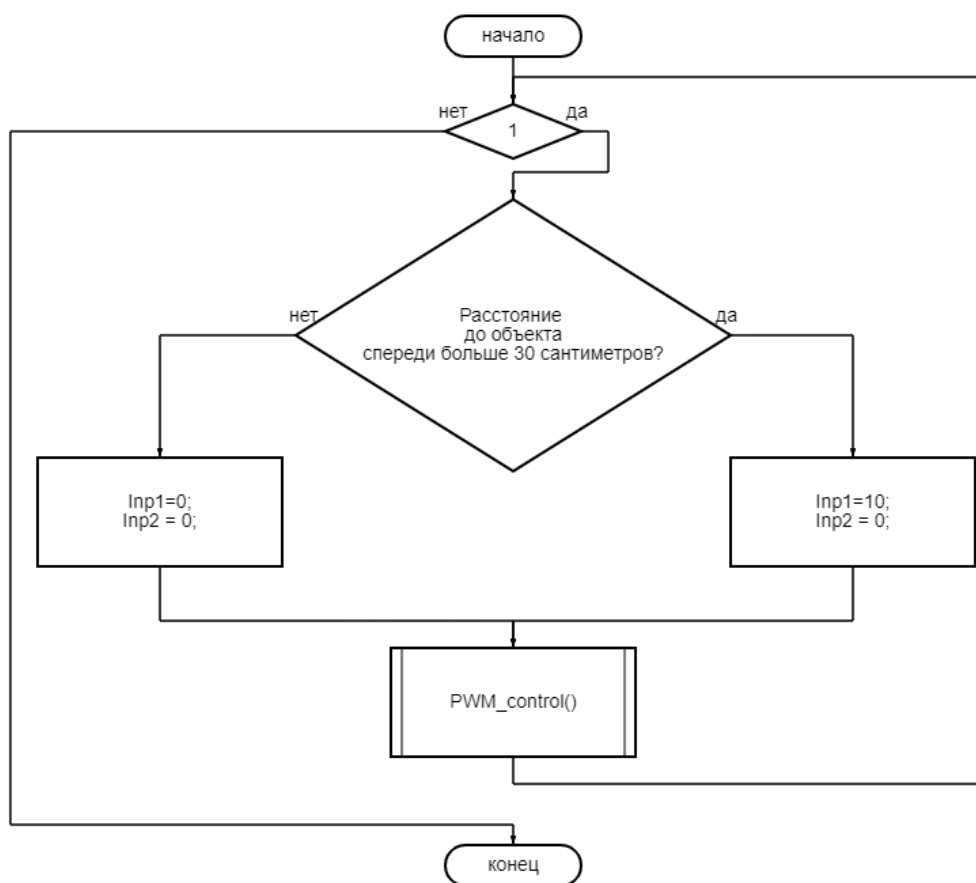


Рисунок 28 – Алгоритм остановки перед препятствием

Как видно из рисунка 8, при обнаружении препятствия происходит принудительное обнуление импульсов, поступающих на мотор-колёса. В случае же, когда препятствия нет, продолжается движение вперед со скоростью 0,1 м/с (именно такой скорости соответствует значение 10 переменной Inp1).

Теперь приступим к реализации алгоритма объезда препятствия, который будет несколько сложнее.

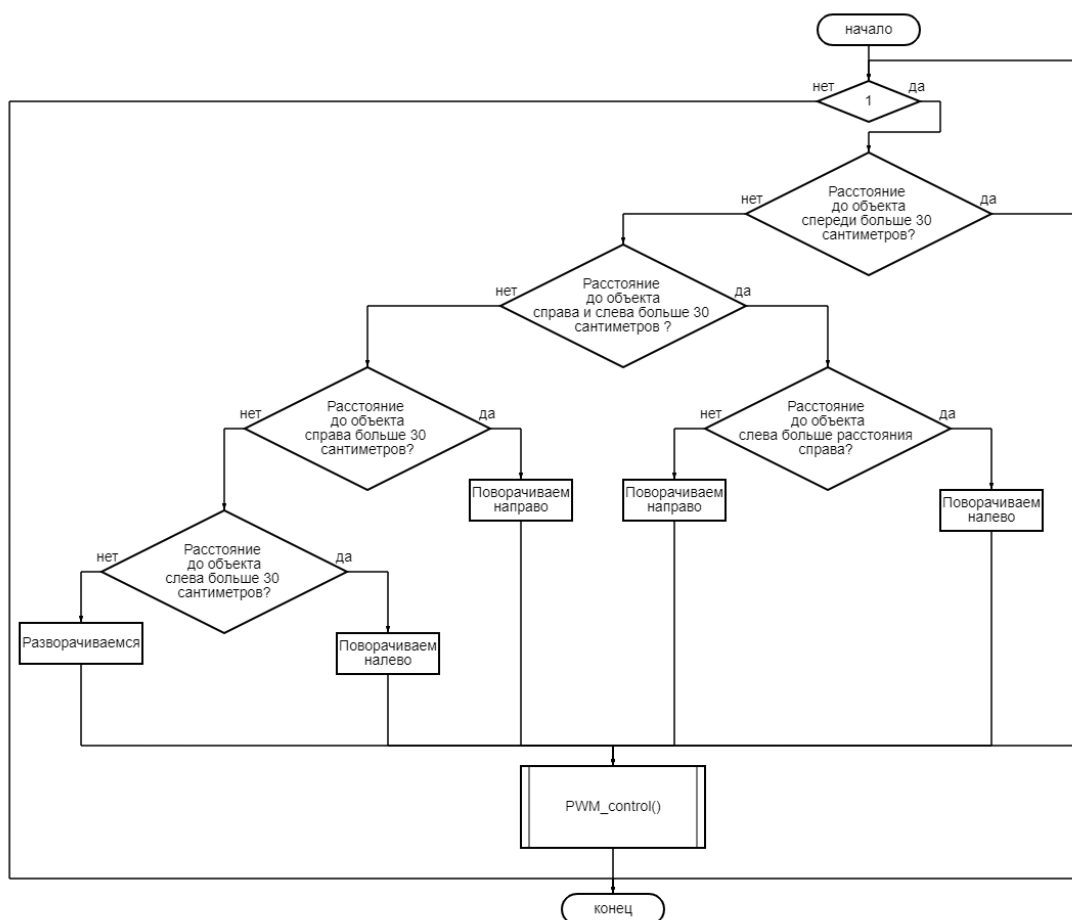


Рисунок 29 – Алгоритм объезда препятствий

Как видно из рисунка 29, теперь, исходя из показаний датчиков расстояния, платформа будет осуществлять маневрирование в помещении. В случае отсутствия препятствий она будет двигаться прямо, а при появлении препятствия – пытаться объехать его. Приоритетное направление объезда при этом - с левой стороны. В случае невозможности объезда слева, будет совершена попытка объезда с правой стороны, а в случае, когда препятствие нельзя объехать, платформа совершит разворот.

Реализуем алгоритм объезда препятствий в обработчике прерываний таймера Tim1, отвечающего за генерацию управляющих импульсов для транспортной платформы.

Составим таблицу переменных, необходимых для реализации алгоритма.

Таблица 4 – Переменные, используемые в проекте

Название	Тип данных	Назначение	Диапазон
Distance1	Uin16_t	Расстояние до препятствия спереди	0 - 400
Distance2	Uin16_t	Расстояние до препятствия слева	0 - 400
Distance3	Uin16_t	Расстояние до препятствия справа	0-400
Inp1	Uin16_t	Управляющий импульс для движения вперед	-60-60
Inp2	Uin16_t	Управляющий импульс для поворота	-60-60

Таблица 5 – Задействованные порты GPIO

Номер вывода	Назначенная функция	Пользовательская метка
PE11	Tim1_channel1	Inp1_forward
PE13	Tim1_channel2	Inp2_rotation
PD9	GPIO_Output	Trigger_left
PC9	GPIO_Output	Trigger_right
PA9	GPIO_input	Trigger_forward
PD8	GPIO_input	Echo_left
PC8	GPIO_input	Echo_right
PA8	GPIO_input	Echo_forward

Примем во внимание, что описанная в предыдущих исследовательских работах логика управления транспортной платформой, построена на изменении скважностей управляющих сигналов по движению вперед и повороту в диапазоне от -60 до +60. При этом для переменной Inp1, отвечающей за движение вперед, отрицательные значения скважности соответствуют движению назад, положительные – движению вперед. Для

переменной Inp2, отвечающей за поворот, отрицательные значения скажности соответствуют повороту по часовой стрелке, положительные – против часовой стрелки.

Для осуществления поворотов с нужным радиусом можно сочетать управляющие импульсы по движению вперед и повороту. В таблице 6 приведены экспериментально полученные значения для поворотов с разной скоростью.

Таблица 6 – Типы поворотов в зависимости от управляющих сигналов

Тип поворота	Значение переменной Inp1	Значение переменной Inp2
Плавный поворот налево	10	15
Плавный поворот направо	10	-15
Поворот налево со средней скоростью	15	25
Поворот направо со средней скоростью	15	-25
Резкий поворот налево	25	50
Резкий поворот направо	25	-50
Разворот по часовой стрелке	0	-30
Разворот против часовой стрелки	0	30

На основе таблиц 4-6, а также разработанных алгоритмов, была реализована на языке Си программа автономного объезда препятствий. Работа программы была организована следующим образом: одновременно происходила обработка информации с трех датчиков расстояния, а внутри обработчика прерываний таймера Tim1 происходило формирование управляющих импульсов для транспортной платформы, которое зависело от значений, получаемых с ультразвуковых датчиков. После реализации программы была начата сборка прототипа робота для её проверки.

4 Сборка прототипа и проведение тестирований

После завершения этапа разработки программного обеспечения было принято решение о необходимости проверки разработанных алгоритмов. Для этого начались работы по сборке прототипа транспортной платформы.

4.1 Сборка прототипа

Для тестирования разработанных алгоритмов был собран прототип транспортной платформы сервисного робота. Изначальный вариант прототипа был сделан из фанеры, однако для повышения грузоподъемности и улучшения эстетического вида, было решено изготовить новую раму, из металлического профиля. Для решения данной задачи был приобретен алюминиевый профиль длиной 3 метра и толщиной 1 миллиметр. Из данного профиля была сварена новая рама транспортной платформы, габаритами 55*40 сантиметров. Такие габариты позволят будущему сервисному роботу беспрепятственно перемещаться внутри стационара, в том числе – между койками в палатах. На раме была расположена отладочная плата, к которой были припаяны монтажные провода для облегчения процесса коммутации. Для изоляции от металлического дна рамы отладочная плата была помещена в пластиковый бокс, который был закреплен на транспортной платформе вместе с аккумулятором.

Поскольку работа над сервисным роботом ведется одновременно в двух направлениях: разрабатывается транспортная платформа и система навигации, было решено усовершенствовать конструкцию, добавив деревянную подставку под ноутбук, а также крепление для лидара.

Таким образом, появилась возможность тестирования не только транспортной платформы, но и системы навигации. На рисунке 30 представлен внешний вид металлической рамы, на рисунке 31 представлен внешний вид собранного прототипа сервисного робота.



Рисунок 30 – Внешний вид металлической рамы



Рисунок 31 – Внешний вид прототипа

4.1 Проведение тестирования

Тестирование прототипа, а также программного обеспечения проводились на специально оборудованном полигоне, в несколько этапов. На первом этапе главной задачей сервисного робота была остановка перед препятствием. На втором этапе проверялись алгоритмы объезда препятствий в различном направлении: слева, справа, а также разворот в случае невозможности объезда препятствия. Третьим этапом стала проверка всех алгоритмов на полигоне. Целью робота была проехать всю территорию полигона, построив при этом карту и не врезаться в препятствия.

По результатам тестирования были сделаны следующие выводы:

1. Конструкция робота является надежной, позволяет совершать маневры различной степени сложности и перевозить грузы весом более десяти килограммов. Тем не менее, есть возможность улучшить её, люк для более удобного и быстрого доступа к аккумуляторной батарее.

2. Программное обеспечение справляется с поставленными задачами. Алгоритм остановки перед препятствием полностью работоспособен, его можно использовать для безопасной отладки других алгоритмов во избежание возможной аварии. Алгоритм объезда препятствий работает хорошо, однако в случае нахождения робота внутри сильно загроможденного помещения, в котором находятся в том числе слишком узкие препятствия, например, ножки стульев, датчикам расстояния не хватает угла обзора. При этом тестирования на полигоне показали высокую надежность алгоритма при отсутствии большого числа мелких препятствий.

3. При тестировании работы датчиков расстояния было обнаружено, что при подключении второй платы (силовой), управляющей мотор-колёсами, наблюдаются помехи (скачки в значениях расстояния), которые необходимо устранить в будущем. Сделать это можно, изолировав силовую плату.

Тестирование на полигоне показало, что для повышения надежности алгоритма и устранения вероятности столкновения с препятствием, находящимся в слепой зоне, можно усовершенствовать алгоритм управления,

добавив функцию «подворота», когда препятствие появляется слева или справа от транспортной платформы. Данная функция позволит избежать, например, столкновения задних колес со стенами. Поскольку реализация функции объезда препятствия находится в обработчике прерываний таймера Tim1, генерирующего управляющие импульсы различной скважности с частотой 50 Гц, то есть 50 раз за 1 секунду, существует возможность оперативно проверять расположение препятствий как с левой, так и с правой стороны, избегая при этом лишней движений и поворотов. Усовершенствованная блок-схема объезда препятствий представлена на рисунке 32.

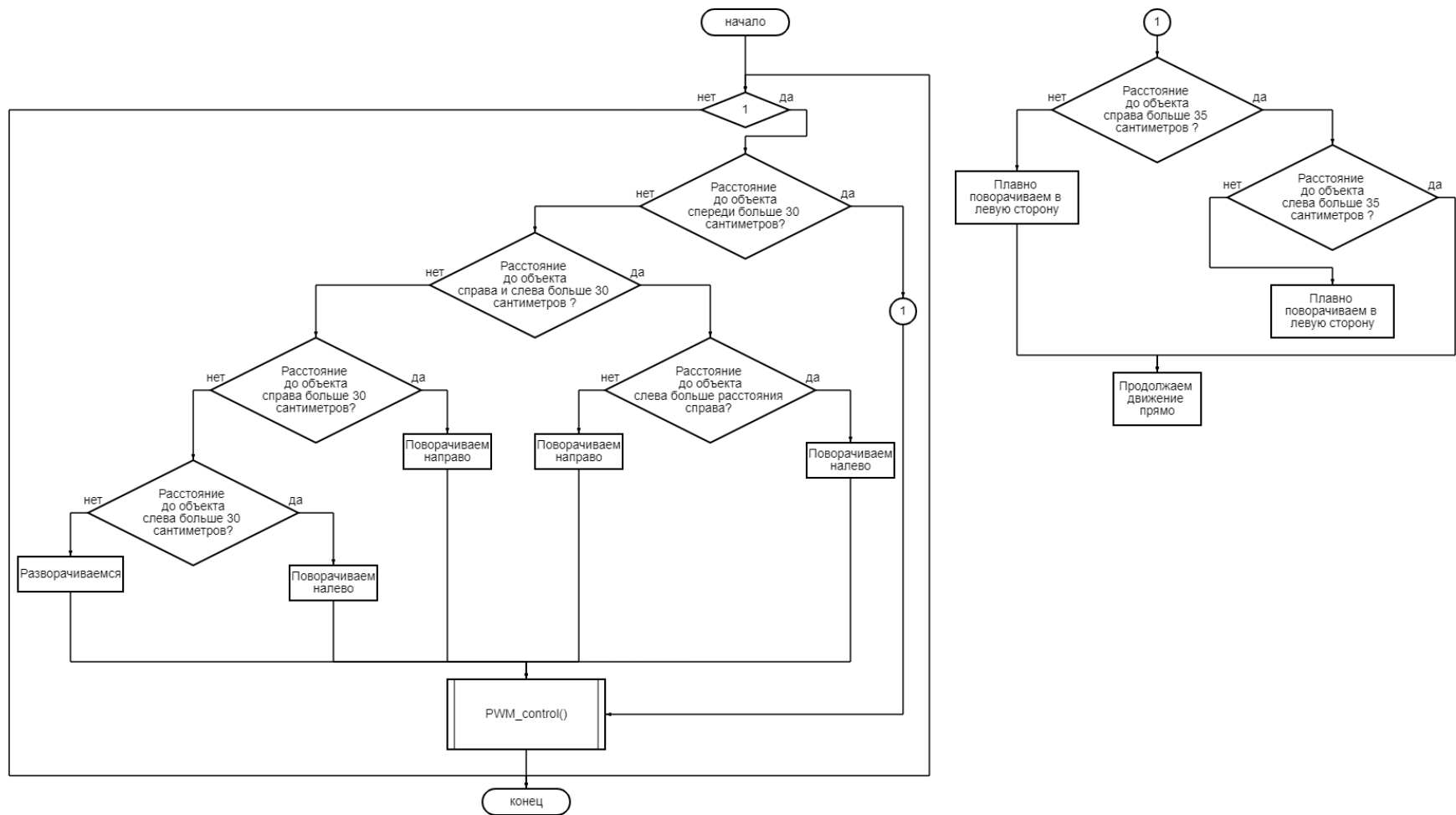


Рисунок 32 – Блок-схема усовершенствованного алгоритма объезда препятствий

ЗАДАНИЕ К РАЗДЕЛУ «КОНЦЕПЦИЯ СТАРТАП-ПРОЕКТА»

Обучающемуся:

Группа	ФИО
8Е92	

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавр	Направление/ООП/ОПО II	Мехатроника и робототехника

Перечень вопросов, подлежащих разработке:	
<i>Проблема конечного потребителя, которую решает продукт, который создается в результате выполнения НИОКР (функциональное назначение, основные потребительские качества)</i>	Составить описание продукта, выделить его ключевые особенности
<i>Способы защиты интеллектуальной собственности</i>	Рассмотреть возможности патентной защиты разрабатываемых технологий
<i>Объем и емкость рынка</i>	Провести оценку рынка, выделить границы доступного рынка
<i>Современное состояние и перспективы отрасли, к которой принадлежит представленный в ВКР продукт</i>	Рассмотреть развитие медицинских технологий, темпов модернизации больниц и стационаров
<i>Себестоимость продукта</i>	Оценить затраты на разработку продукта
<i>Конкурентные преимущества создаваемого продукта и Сравнение технико-экономических характеристик продукта с отечественными и мировыми аналогами</i>	Провести сравнение разрабатываемого продукта с имеющимися на рынке решениями, выделить конкурентные преимущества разработки
<i>Целевые сегменты потребителей создаваемого продукта</i>	Определить конечных потребителей продукта
<i>Бизнес-модель проекта, производственный план и план продаж</i>	Составить модель функционирования и развития бизнеса, описать производственные процессы при разработке продукта
<i>Стратегия продвижения продукта на рынок</i>	Описать возможности продукта по расширению на рынке
Перечень графического материала:	
	3 таблицы, 2 рисунка

Дата выдачи задания к разделу в соответствии с календарным учебным графиком	04.04.2023
---	------------

Задание выдал консультант по разделу «Концепция стартап-проекта» (со-руководитель ВКР):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШИИП	Силифонова Екатерина Валерьевна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е92	Шакин Владислав Юрьевич		

5 Концепции стартап-проекта

5.1 Описание продукта

Разрабатываемый медицинский сервисный робот поможет снизить нагрузку на медицинский персонал, повысит качество медицинской помощи в медицинских учреждениях. Кроме того, внедрение сервисного робота в частных клиниках позволит повысить их привлекательность в глазах потенциальных клиентов, ведь зачастую услугами частных медицинских учреждений пользуются именно из-за высокого уровня сервиса, уверенности в квалификации персонала, а применение в стационаре современных технологий робототехники говорит о высочайшем качестве оказываемых услуг.

Разработка сервисного робота ведется на основе существующих технических решений в области сервисной робототехники. Основой разрабатываемого робота является транспортная платформа, оснащенная мотор-колесами, а также двумя управляющими платами – среднего и верхнего уровня. Плата верхнего уровня осуществляет непосредственное управление моторами, плата среднего уровня задаёт направление движения.

Навигация робота в помещении осуществляется при помощи метода SLAM, подразумевающего непрерывное обновление карты помещения в реальном времени и одновременное определение положения робота в пространстве. В систему навигации робота входят пространственный дальномер, камера, ультразвуковые датчики, а также гироскопический сенсор.

Взаимодействие с оператором планируется реализовать при помощи клиент-серверного приложения, позволяющего контролировать получение таблеток пациентами, а также местонахождение робота. Робот будет оснащен сейфом, разделенным на именные ячейки для таблеток. Выдача таблеток происходит при помощи технологии RFID, каждому пациенту выдается ключ-карта, при помощи которой он может открыть только свою ячейку с таблетками.

В рамках реализации стартап-проекта планируется как продолжение сотрудничества с ОГАУЗ Поликлиникой № 8 г. Томска для внесения конструктивных корректировок в разрабатываемый прототип, так и поиск новых потенциальных партнеров. Для этого планируется проведение customer development - серии встреч с владельцами частных клиник, в рамках которых им будут представлены имеющиеся наработки по проекту, будут обсуждаться необходимые конструктивные корректировки, а также перспективы внедрения разрабатываемого продукта в их учреждениях. В течение первого времени функционирования предприятия будут вестись переговоры преимущественно с частными клиниками. После проведения тестов и внедрения разработки внутри коммерческих медицинских организаций планируется взаимодействие с государственными медицинскими учреждениями, в том числе - с муниципалитетами. Разработка продукта ведется при помощи итеративного подхода к управлению проектами и разработке программного обеспечения – методологии agile.

5.2 Способы защиты интеллектуальной собственности

На данный момент разработан алгоритм управления транспортной платформой для движения в заданном направлении при помощи широтно-импульсной модуляции, алгоритм построения карты помещения в реальном времени при помощи лидара. В дальнейшем планируется получение патента на следующие узлы разрабатываемого продукта.

Так, может быть получен патент на полезную модель защитного сейфа-таблетницы, используемого для перевозки лекарственных средств. Отличительными особенностями применяемого нашей командой сейфа будут являться разделение на ячейки с препаратами и возможность идентификации пациента при помощи технологии RFID с применением карт доступа и индивидуальных многоразовых браслетов. По результатам патентного поиска было установлено, что данное решение обладает патентной чистотой и является уникальным в области хранения и транспортировки медицинских препаратов. Для того чтобы удостовериться в возможности получения патента

на полезную модель сейфа-таблетницы, был произведен патентный поиск в базе данных ФИПС [33]. Было установлено, что ближайшим аналогом является электронная таблетница-будильник [34], оснащенная микроконтроллером и открывающаяся в заданное время, предоставляя пациенту доступ к медицинским препаратам. Существенным отличием разрабатываемого сейфа-таблетницы являются его размеры, а также поддержка технологии RFID для организации индивидуального доступа пациентов к лекарственным средствам.

Кроме того, планируется получение патента на программу для ЭВМ, защищающий программное обеспечение разрабатываемого робота. В состав патентуемой разработки входят алгоритмы навигации и локализации сервисного робота, а также реализация работы в автономном и ручном режимах. Поскольку программное обеспечение является многоуровневым, включает в себя авторскую реализацию системы ориентирования в пространстве на основе уже известных методов построения карты и позиционирования, в том числе метода SLAM при помощи лидара, необходимо защитить его при помощи патента.

Поскольку процесс патентования является ресурсозатратным, планируется получение патентов в том числе за счет грантового финансирования.

5.3 Объем и емкость рынка

Потенциальный объем рынка

Число медицинских учреждений со стационарными условиями в конце 2022 года составляло около 5 тысяч. Доля частных клиник в России не превышает 10–20 % от их общего количества.

В России функционируют 2,8 тыс. государственных домов престарелых, в которых проживают около 300 тыс. россиян. Частных пансионатов по всей России насчитывается 1,4 тыс., при этом 255 из них входят в реестр поставщиков соцуслуг. При этом, в силу новизны применения роботов в стационарах, в качестве потенциального объема рынка будем

рассматривать лишь специализированные медицинские учреждения со стационарными условиями.

Учитывая стоимость сервисного робота в 400 тысяч рублей, получаем:

$$PAM = 5000 * 400000 = 2 \text{ млрд. рублей} \quad (12)$$

Общий объем целевого рынка

В качестве общего объема целевого рынка рассмотрим специализированные медицинские учреждения со стационарными условиями, расположенные в Сибирском федеральном округе. Общее число заинтересованных стационаров, домов престарелых и пансионатов составляет порядка 1,1 тысяч.

При стоимости сервисного робота, равной 400 тысячам рублей, получаем:

$$TAM = 1100 * 400000 = 440 \text{ млн. рублей} \quad (13)$$

Доступный объем рынка

Доступным представляется рынок, территориально ограниченный Томской областью, в которой расположено около 90 учреждений, которые заняты стационарным лечением пациентов, уходом за больными.

В таком случае, доступный объем рынка при стоимости робота в 400 тысяч рублей составляет:

$$SAM = 90 * 400000 = 36 \text{ млн. рублей} \quad (14)$$

Реально достижимый объем рынка

Достижимым рынком с учетом мощностей предприятия в первые годы, являются медицинские заведения-партнеры: Поликлиника №8 г. Томска, а также клиники Сибирского государственного медицинского университета, для которых требуется поставка трех роботов.

Реально достижимый объем рынка составляет:

$$SOM = 3 * 400000 = 1,2 \text{ млн. рублей} \quad (15)$$

5.4 Анализ современного состояния и перспектив развития отрасли

Робототехника является активно развивающейся областью в медицинской отрасли в России. Сегодня робототехнические технологии используются в нейрохирургии, кардиологии, онкологии, офтальмологии, эндоскопии, реабилитации, а также в других областях медицины.

Одно из самых популярных робототехнических устройств в медицине – это дистанционно управляемые хирургические системы. Такие системы используются для выполнения сложных операций с высокой точностью и меньшим риском осложнений. Кроме того, в России также активно идет работа по созданию роботизированных протезов, которые могут помочь людям с ограниченными возможностями, используются роботы-ассистенты в сфере реабилитации после травм и операций.

Медицинские сервисные роботы – это роботы, которые могут быть использованы в медицинских учреждениях для выполнения различных задач, связанных с уходом за пациентами и обеспечением безопасности в клинической среде. Примеры медицинских сервисных роботов включают в себя роботов-санитаров, которые могут автоматически очищать и дезинфицировать зоны, которые могут быть заражены бактериями или вирусами, и роботов-помощников, которые могут помогать перевозить и поднимать пациентов, а также выполнять другие задачи, связанные с уходом за пациентами. Некоторые роботы могут автоматически проверять клинические испытания на соответствие нормам безопасности, а другие могут использоваться для обнаружения и предотвращения вспышек инфекции в больничных палатах.

Говоря о модернизации больниц, можно выделить слова президента РФ Владимира Владимировича Путина:

«Всего за прошедшие два года этими программами были охвачены более десяти тысяч объектов первичного звена здравоохранения, были отремонтированы здания больниц, поликлиник, возведены новые корпуса, закуплена техника, оборудование и автотранспорт. В текущем году работа по

программам модернизации будет, безусловно, продолжена, и здесь хочу напомнить про возможность их опережающего финансирования в рамках бюджетных лимитов на 2024 год», – сказал президент [35].

В обновленных медучреждениях следует сделать ставку на широкое использование передовых информационных технологий, отметил Владимир Владимирович Путин. «Нам еще многое предстоит сделать для того, чтобы граждане вне зависимости от места проживания получали качественную, современную медицинскую помощь. Речь не только о развитии материально-технической базы медицинских учреждений. В числе других ключевых приоритетов – наращивание возможностей для оказания специализированной и высокотехнологичной помощи, повышение уровня подготовки медицинских специалистов, а также более широкое использование передовых информационных технологий», – перечислил президент.

Всего в рамках нацпроекта «Здравоохранение» в России с 2019 года построили и реконструировали свыше 360 больниц и поликлиник, а капитально отремонтировали – более 1800 таких объектов. Для них закупили свыше 55 тысяч единиц медицинского оборудования и более 11,1 тысяч автомобилей. В рамках федерального проекта «Модернизация первичного звена здравоохранения Российской Федерации» было создано свыше 3 тысяч фельдшерско-акушерских пунктов (ФАП) и врачебных амбулаторий, что позволило сделать медицинскую помощь доступнее и ближе для более чем 3 миллионов граждан. До конца 2025 года будет дополнительно введено в эксплуатацию более 3,8 тысяч ФАПов и амбулаторий, а отремонтировано – еще 2,8 тысяч таких объектов.

Согласно данным Международной федерации робототехники (IFR), в 2019 году Россия заняла второе место по производству сервисных роботов, опередив Японию и Китай. В РФ насчитывается 73 компании, занимающиеся выпуском такой продукции. Международная федерация робототехники дает

прогноз только до 2024 года, предполагая, что ближайшие три года рынок будет расти по 6% в год в единицах, и не дает прогноз в денежном выражении.

Согласно прогнозу BSG, общий объем мирового рынка робототехники достигнет от 160 до 260 миллиардов долларов. Рост до 2030 года в денежном выражении может составить от 5,4 до 9,4 раза, или от 48 до 93% ежегодно, что говорит о перспективности реализации данного стартапа.

5.5 Себестоимость продукта

Рассчитаем расходы на разработку и проектирование сервисного робота. Отразим расходы на разработку и проектирование в таблице 7.

Рассчитаем себестоимость единицы продукта, отразив расходы на производство и реализацию в таблице 8.

Таблица 7 – Расходы на производство и реализацию продукта

Статья расходов	Перечень работ	Сумма расходов, тыс. Руб
Доработка транспортной платформы	<ol style="list-style-type: none"> 1. Доработка рамы сервисного робота: избавление от углов и заострений, покраска 2. Закупка дополнительных ультразвуковых датчиков 3. Реализация алгоритма определения дистанции по датчикам внутри одного таймера, при помощи механизма Capture 4. Разработка алгоритма объезда препятствий с применением нечеткой логики. 5. Проведение работ по доработке транспортной платформы для повышения помехозащищенности. Возможно – переработка функциональной и принципиальной схемы. 	155
Доработка системы навигации	<ol style="list-style-type: none"> 1. Разработка алгоритма построения траектории с учетом оптимизации пути движения 2. Реализация алгоритмов локализации и построения карты при помощи RGBD-камеры 3. Реализация технологии «двойного SLAM», включающего в себя в том числе объединение данных навигации с камеры глубины и лидара 4. Разработка алгоритма передачи данных с верхнего уровня на средний при помощи виртуального COM-порта. 5. Перенос разработанных алгоритмов на микрокомпьютер 	200

Продолжение таблицы 7

<p>Разработка прототипа системы защиты лекарственных средств – сейфа с возможностью доступа при помощи карточки (технология RFID)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Разработка алгоритма считывания данных с карты доступа 2. Разработка управления электромагнитным замком 3. Разработка структурной и функциональной схемы системы. Подбор компонентов 4. Разработка принципиальной схемы, изготовление печатной платы 5. Сборка электронной схемы на печатной плате 6. Изготовление каркаса сейфа 7. Проведение тестирования прототипа системы 	<p>150</p>
<p>Разработка автомата Мура для выдачи лекарственных средств пациентам</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Разработка алгоритма выдачи лекарственных препаратов по ячейкам в виде блок-схемы 2. Разработка логических переходов. Построение таблицы переходов и её реализация на логических элементах, в том числе RS-триггерах. 3. Разработка печатной платы 4. Реализация схемы на печатной плате. Сбор прототипа автомата 	<p>120</p>
<p>Проведение рекламной кампании продукции</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Участие в выставках и конференциях. Выступление на форумах, посвященных медицинской технике. 2. Написание статей в медицинских журналах 3. Участие в теле- и радиопередачах, посвященным робототехнике, цифровым технологиям, а также актуальным проблемам медицины, медицинской техники 	<p>170</p>
<p>Проведение маркетинговых исследований</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Проведение Customer development с тремя категориями граждан: медсестрами, клиентами частных клиник, руководителями частных и государственных медицинских учреждений 2. Проведение опросов в социальных сетях и на информационных порталах с целью идентификации отношения населения к медицинской робототехнике и сервисной робототехнике в медицине. 	<p>60</p>

Продолжение таблицы 7

<p>Сборка сервисного робота и подготовка к эксплуатации</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Реализация полноценного пользовательского интерфейса на основе программного обеспечения для системы защиты лекарственных средств, а также системы навигации 2. Проектирование дизайна корпуса в программе Autodesk Inventor 3. Печать спроектированного корпуса робота на 3D-принтере. 4. Сбор прототипа робота: распайка печатной платы и проведение коммутации, сбор рамы, корпуса и периферии для системы навигации в единое целое. 	<p>200</p>
<p>Проведение тестирования образца в условиях медицинского учреждения</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Подготовка к проведению тестирования: предварительное построение карты этажа в медицинском учреждении, организация рабочей зоны. Нанесение разметки. 2. Проведение тестового запуска: организация доставки воды, продуктов питания и лекарств в условиях одного отделения в течение 4-8 часов. 3. Получение обратной связи от медицинского персонала, а также пациентов больницы 	<p>20</p>
<p>Доработка сервисного робота с учетом обратной связи, полученной по результатам тестирования в медицинском учреждении</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обработка полученной информации: выделение проблемных зон, поиск возможных вариантов решения 2. Внесение конструктивных корректировок, доработка программного обеспечения, реализация дополнительных функций с учетом опыта эксплуатации. 	<p>200</p>

Как видно из таблицы 7, суммарная стоимость разработки медицинского сервисного робота составляет 1 255 000 рублей, без учета расходов на лицензирование продукции. С учетом необходимости получения

медицинской лицензии, стоимость разработки может возрасти до 4-5 миллионов рублей.

Получение денег на разработку и лицензирование планируется участие в грантовых программах от фонда Содействия Инновациям, в том числе программах «Студенческий стартап», «Умник» и «Старт». После проведения испытаний, себестоимость работа существенно сократится, поскольку будет отлажен стек технологий для его производства. Расходы на производство продукции отражены в таблице 8.

Таблица 8 – Расходы на производство продукта

Статья расходов	Количество единиц товара	Цена товара, тыс. руб	Сумма расходов, тыс. руб (на год)
Заработная плата сборщиков	2	20 тыс. руб/месяц	240
Покупка микрокомпьютера	1	25	25
Покупка промышленного лидача	1	65	65
Закупка ультразвуковых датчиков	6	1	6
Закупка оптических датчиков	6	1	6
Корпус робота	1	25	25
RGBD-камера	1	30	30

Сборку сервисных роботов планируется осуществлять в мастерской, помещении площадью не менее 60 квадратных метров, оснащенном паяльными станциями (не менее двух штук), сборочными инструментами, фрезеровочным станком, а также 3D-принтером. Разработка программного

обеспечения будет производиться в офисе, оборудованном компьютерами с высокопроизводительными видеокартами (не менее двух штук), двумя мониторами на каждое рабочее место, а также периферией для компьютера. Себестоимость робота складывается из затрат на основные компоненты (лидар, микрокомпьютер, система защиты и выдачи лекарственных средств, датчики) и затрат на заработную плату. Микрокомпьютер необходим для сбора верхнего уровня управления для прототипа сервисного робота. Промышленный лидар позволит сервисному роботу ориентироваться внутри помещения, получать карту помещения и обновлять ее в режиме реального времени с высокой частотой (до нескольких десятков раз в секунду), что позволит избежать аварии. Дополнять лидар будет камера глубины (RGBD-камера), решающая схожие задачи – построение и обновление карты помещения. Реализация навигации по камере глубины и лидару одновременно позволит реализовать подход «двойного SLAM», являющийся одним из передовых решений в области навигации в помещении.

Еще одним компонентом, дополняющим основную систему навигации, являются датчики, в частности, ультразвуковые и инфракрасные, которые необходимы для аварийной остановки в случае перебоев в работе верхнего уровня, а также для обеспечения дополнительной безопасности при работе в штатном режиме.

В течение первых пяти лет процесс производства планируется организовывать с привлечением сторонних компаний для решения задач, связанных с разработкой дизайна корпуса, эргономики робота. Кроме того, рассматривается возможность изготовления печатных плат на заказ в случае возникновения трудностей с решением данной задачи самостоятельно. С учетом затрат на маркетинг, компоненты, а также заработной платы для сотрудников, себестоимость одного робота составляет примерно 317 тыс. руб..

5.6 Конкурентные преимущества создаваемого продукта и сравнение технико-экономических характеристик продукта с отечественными и мировыми аналогами

Прямых отечественных аналогов данной разработки не существует. Ближайшим отечественным аналогом является медицинская версия сервисного робота от компании Promobot, однако она не обладает даже ящиком хранения для перевозки грузов и решает лишь задачу обслуживания пациентов (измерения давления, температуры) в поликлиниках.

Существующие зарубежные аналоги тоже имеют ряд недостатков:

- отсутствует система защиты от употребления пациентом чужих таблеток, робот предоставляет доступ ко всем лекарствам, находящимся в корпусе, что не позволяет реализовывать полностью автоматизированную доставку;

- из-за малого диаметра колес (6-10 сантиметров) роботы не способны преодолевать пороги, которые присутствуют, например, в российских стационарах, расположенных в сельской местности;

- закупка зарубежных моделей в государственные медицинские учреждения невозможна в силу трудностей с техническим обслуживанием на территории Российской Федерации;

- программное обеспечение иностранных роботов не является надежным, поскольку в условиях санкций зарубежные компании могут вводить ограничение на его использование, что может привести к снижению функционала модели, вплоть до полной непригодности;

- средняя цена зарубежных роботов-аналогов – Moxi, TUG, Pudu, составляет более 1 000 000 рублей, что обосновано высокими затратами на перевозку из-за рубежа.

Отразим в таблице 9 наиболее известных сервисных роботов и сравним их с нашим продуктом.

Таблица 9 – Сравнение сервисных роботов

Название сервисного робота	Наш продукт	Hospi	Promobot V.4	Pudubot	Концепт от ABB	Яндекс. Ровер
Возможность работы в условиях стационара	+	+	+	+	+	-
Наличие ячеек для хранения медицинских препаратов	+	+	-	-	-	-
Наличие системы защиты препаратов	+	+	-	-	-	-
Возможность интеграции робота в медицинский стационар	+	-	+	+	-	-

Обобщая вышесказанное, разработка российского сервисного робота с собственным ПО является актуальной. Разрабатываемая модель будет оснащена ходовой системой, позволяющей эффективно перемещаться даже в условиях плохо оборудованного стационара (преодолевать пороги высотой до 7,5 сантиметров), системой защиты от употребления пациентом чужих таблеток. Применение такого типа защиты является инновационным, оно позволит существенно снизить вероятность несчастного случая.

5.7 Целевые сегменты

Основным целевым сегментом для нашего проекта являются частные и государственные стационары крупных городов, с возможностью прямых продаж организациям. Однако сервисный медицинский робот предполагает возможность работы и в минимально оборудованных медицинских и оздоровительных учреждениях. Соответственно, больницы и стационары городов с небольшой численностью постоянно проживающих в нем граждан, а также больницы и стационары поселков городского типа в том числе могут

быть заинтересованы в разрабатываемом продукте. Стоит учитывать, что медицинский сервисный робот, как и любое другое медицинское оборудование, должен пройти процедуру лицензирования. В связи с этим на первом этапе функционирования бизнеса планируется сосредоточение на B2B сегменте, с реализацией продукции в частных стационарах и домах престарелых.

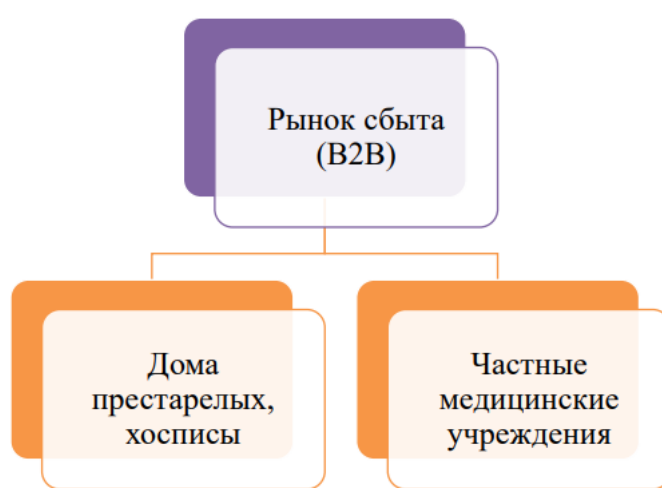


Рисунок 33 – Целевые сегменты в первые годы функционирования бизнеса

Также в покупке медицинского сервисного робота могут быть заинтересованы и компании-дистрибьюторы медицинских технологий, занимающихся продажей товара на государственном или региональном рынке. С учетом политики продаж разрабатываемого продукта, дистрибьюторы должны будут предоставлять техническое обслуживание продукта на протяжении гарантийного срока. Для этого необходимо будет реализовать программу обучения сертификации компаний для поддержания уровня сервиса.

5.8 Бизнес-модель проекта, производственный план и план продаж

Составим бизнес-модель проекта по Остервальдеру:

Таблица 10 – Бизнес-модель проекта по Остервальдеру

<p>Ключевые партнеры: бизнес-партнеры, поставщики компонентов, партнеры по маркетингу и продажам, партнеры по обслуживанию и техническому обеспечению.</p>	<p>Ключевые виды деятельности: проектирование и разработка медицинских сервисных роботов, производство роботов, их маркетинг, продажа и обслуживание.</p>	<p>Ценностные предложения: предоставление высококачественного медицинского обслуживания и мониторинга здоровья с использованием технологий робототехники.</p>	<p>Отношение с клиентами: при покупке продукции – сервисного робота, заказчику будет предоставляться бесплатное техническое обслуживание на протяжении трёх лет – планируемого срока службы робота, а также бесплатная интеграция робота в медицинское учреждение</p>	<p>Потребительские сегменты: Частные и государственные стационары крупных городов, больницы и стационары малых городов, компании-дистрибьюторы.</p>
	<p>Ключевые ресурсы: опытные инженеры и специалисты в области робототехники, производственные мощности, различные технологии.</p>		<p>Каналы продаж: прямые продажи через специализированных дистрибьюторов или напрямую медицинским учреждениям.</p>	
<p>Структура издержек: затраты на исследования и разработку новых технологий, дизайн робота; затраты на закупку компонентов и сборку робота; затраты на оборудование, запасы, оплату труда работников, аренду помещений, сервисное обслуживание, оплата юридических услуг, налоги и другие административные расходы.</p>			<p>Потоки поступления доходов: продажа сервисных роботов, продажа дополнительного программного обеспечения по подписке.</p>	

Производственный план для сервисного медицинского робота выглядит следующим образом:

1. **Определение требований клиента и дизайна:** этот этап включает определение основных характеристик робота, его функциональных возможностей, дизайна и технического задания.

2. **Исследования и разработка:** этот этап включает исследования и разработку новых технологий, разработку и дизайн сервисного робота, проектирование узлов и механизмов, а также создание 3D-модели робота.

3. **Создание прототипа:** после этапа исследования и разработки следует создание рабочего прототипа, который должен пройти испытания и оценку клиентов.

4. **Производство сервисного робота:** осуществляется сборка и проверка требованиям заказчика.

5. **Установка и настройка:** после этапа производства медицинский сервисный робот должен быть установлен и настроен в учреждении, в том числе требуется сканирование построение карты помещения для успешного ориентирования в пространстве.

6. **Тестирование и приемка:** этот этап включает проверку работоспособности робота, его соответствие техническому заданию и требованиям клиента.

7. **Сервисное обслуживание:** после перехода сервисного робота в эксплуатацию следует его сервисное обслуживание, которое включает обновление и модификацию программного обеспечения, ремонт и замену деталей.

Каждый этап создания сервисного робота осуществляется с помощью метода Agile. В течение первых двух лет планируется разработка робота, проведение тестирования в условиях стационара, а также прохождение процедуры лицензирования. Получение средств, необходимых для разработки, планируется путем участия в грантовых конкурсах. В перспективе сервисный робот может стать частью единой системы интеллектуальной доставки лекарственных средств, путем интеграции в современные госпитали,

применения баз данных для мониторинга состояния пациентов. На рисунке 34 представлена стратегия разработки медицинского сервисного робота.



Рисунок 34 – Стратегия разработки и продвижения

В долгосрочной перспективе производственный план сервисного медицинского робота может подлежать уточнению и корректировкам.

Продавать сервисных роботов с предустановленным программным обеспечением планируется в частные медицинские клиники, а также в государственные медицинские учреждения. На начальном этапе планируется продажа роботов в частные медицинские учреждения, при возможности – в санатории, пансионаты и дома престарелых. В перспективе продажа роботов будет реализована через муниципалитеты в государственные медицинские учреждения.

Продажа продукта организациям будет производиться напрямую, что очень важно при формировании конечной цены продукта и позволяет избавиться от посредников в процессе сделки. Более того, обслуживание медицинского сервисного робота будет осуществляться в максимально короткий срок самим производителем, что, несомненно, является большим плюсом.

При условии обучения персонала сторонних компаний по продаже медицинской техники, мы также сможем реализовывать имеющуюся

продукцию при помощи сертифицированных дистрибьюторов, поскольку это сможет решить вопрос с поддержкой и обслуживанием сервисного робота.

5.9 Стратегия продвижения продукта на рынок

Для реализации продукции планируется проведение презентации в рамках таких научно-технических форумов и выставок, как международная выставка «Медицинская техника, изделия медицинского назначения и расходные материалы», выставка роботов и современных технологий (г. Новосибирск), конференция «Робототехника для промышленности. Фокус на отечественные решения». Данный способ продвижения связан со спецификой продукта, его наукоемкостью. Кроме того, одной из задач на будущее является создание сайта компании, сообществ в социальных сетях.

Не стоит также забывать про личные рекомендации продукта как способ обмена информацией между людьми. Это может быть полезно при продаже медицинского сервисного роботов, ведь люди склонны доверять своим друзьям и знакомым.

Планируется разработка узнаваемого бренда и проведение рекламной кампании с использованием различных информационных каналов.

Всё это должно повысить интерес к проекту, помочь найти потенциальных заказчиков. На первом этапе планируется производство не более трёх роботов в год, для медицинских учреждений, являющихся партнерами.

Стоит отметить, что стратегия продвижения продукта на рынке была выбрана неслучайно: имея опыт выступления на конференциях различного уровня, команда проекта отметила, что зачастую после презентации проекта на мероприятиях, связанных с медицинской сферой, а также на выставках и конкурсах, где присутствуют медицинские работники, удаётся не только получить обратную связь относительно выступления со стороны представителей медицины, но и обменяться контактами и даже найти потенциальных заказчиков. Так, после выступления на одном из томских

форумов, с нами связались представители одного из двух крупных медицинских учреждений города Томска – клиник Сибирского государственного медицинского университета.

В ходе личной встречи с руководством клиники команда проекта смогла не только вживую ознакомиться со стационарными условиями, в которых разрабатываемый робот должен будет работать, но и получить рекомендации и пожелания от медработников касательно функционала робота. На основе полученных рекомендаций был незначительно скорректирован функционал робота: так, было принято решение добавить возможность голосового взаимодействия с пользователем для вызова пациентов, которые могут передвигаться самостоятельно, на процедуры. Итогом всей встречи стало письмо поддержки, отражающее заинтересованность медицинского учреждения в разработке. Подписанное главным врачом клиник Сибирского государственного медицинского университета письмо представлено в приложении В.

Кроме того, ранее проект уже получал поддержку со стороны медицинских учреждений: в завершении разработки также заинтересованы представители Поликлиники №8 города Томска. Данное медицинское учреждение оказывает медицинские услуги в рамках дневного стационара, поэтому для него актуальна доставка медицинских препаратов при помощи сервисного робота. Письмо поддержки от Поликлиники №8 города Томска представлено в приложении Г.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Обучающемуся:

Группа	ФИО
8Е92	Шакину Владиславу Юрьевичу

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	Отделение автоматизации и робототехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.06 Мехатроника и робототехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации 	<p>Объект исследования: Сервисный робот Области применения: Доставка лекарственных средств пациентам, образовательная сфера (использование в качестве стенда) Рабочая зона: Производственное помещение Размеры помещения: 30*30 м. Количество и наименование оборудования рабочей зоны: персональный компьютер, зарядная станция. Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляемые в рабочей зоне: перемещение в заданном направлении, перевозка лекарственных средств, контроль предметов окружения.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 19.12.2022, с изм. от 11.04.2023).</p> <p>Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места ГОСТ 22269-76.</p> <p>Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования ГОСТ 12.2.032-78.</p>
<p>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов 	<p>Опасные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий. <p>Вредные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Повышенный уровень шума 2. Отсутствие или недостаток естественного света; 3. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения; 4. Монотонность труда, вызывающая монотонию;

	<p>5. Длительное сосредоточенное наблюдение.</p> <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: Соблюдение техники безопасности и распорядка дня на рабочем месте.</p>
<p>3. Экологическая безопасность при эксплуатации</p>	<p>Влияние на атмосферу происходит при производстве работа посредством вредных выбросов.</p> <p>Влияние на литосферу осуществляется при утилизации сервисного работа.</p> <p>Влияния на селитебную зону и гидросферу пренебрежимо малы.</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации</p>	<p>Возможные ЧС:</p> <ul style="list-style-type: none"> – химические аварии; – взрыв веществ; – пожар. <p>Наиболее типичная ЧС - пожар.</p>
<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	
<p>04.04.2023</p>	

Задание выдал консультант по разделу «Социальная ответственность»:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Старший преподаватель ООД ШБИП</p>	<p>Мезенцева Ирина Леонидовна</p>			

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>8E92</p>	<p>Шакин Владислав Юрьевич</p>		

6 Социальная ответственность

Данная работа включает в себя проектирование транспортной платформы сервисного робота, а также разработку программного обеспечения для автономного функционирования в условиях помещения. Разработка применима в медицинской сфере, для доставки воды и продуктов питания пациентам медицинских учреждений, а также в ресторанном бизнесе, например, для доставки заказов клиентам. Кроме того, разработанная транспортная платформа применима и в образовательной отрасли, поскольку создавалась как стенд для апробации алгоритмов в условиях помещения.

Разработка сервисного робота осуществлялась в лаборатории Томского политехнического университета, оснащенной персональным компьютером и паяльными станциями. Местом будущей эксплуатации (в первую очередь, в качестве стенда для образовательных целей) является производственное помещение размером помещения 30*30 метров. Помещение оснащено персональным компьютером, зарядной станцией, макетами препятствий, сделанными из фанеры. Рабочими процессами при эксплуатации являются перемещение в заданном направлении, перевозка грузов, контроль параметров окружения.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации

Правовое регулирование трудовых отношений в Российской Федерации выполняется согласно Трудовому кодексу Российской Федерации.

Согласно Трудовому кодексу [36], для проведения работы по научно-исследовательскому проекту установлена шестидневная рабочая неделя с одним выходным днем. Рабочее время с понедельника по субботу с 8:00 до 15:00, обеденный перерыв 11:30-12:30. Таким образом, продолжительность рабочего времени равна 36 часам в неделю. Рабочий день заканчивается в 15

часов, поскольку исполнители работ, как правило, являются студентами магистратуры и учатся вечером.

Основными видами работ, проводимыми с роботом, будут работа на ПК и редко, работа с аппаратной частью робота, поэтому важно то, как будет скомпоновано рабочее место студента. Средством отображения информации является монитор ПК, а часто используемые органы управления – это мышь и клавиатура. Рабочее место оператора должно удовлетворять требованиям ГОСТ 22269-76. Так, следует учесть возможность обзора самого рабочего места, а также рабочей зоны – производственного помещения для контроля перемещений робота. Кроме того, рабочее место оборудуется в соответствии требованиями ГОСТ 12.2.032-78 [37]. Оно должно занимать площадь не менее 6 м², высота помещения должна быть не менее 4 м, а объем - не менее 20 м³ на одного человека. Высота над уровнем пола рабочей поверхности, за которой работает оператор, должна составлять 720 мм. Оптимальные размеры поверхности стола 1600 x 1000 кв. мм. Под столом должно иметься пространство для ног с размерами по глубине 650 мм. Рабочий стол должен также иметь подставку для ног, расположенную под углом 15° к поверхности стола. Длина подставки 400 мм, ширина - 350 мм. Так же рабочий стол должен быть устойчивым, иметь однотонное неметаллическое покрытие, не обладающее способностью накапливать статическое электричество.

6.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации

Таблица 11 – Возможные опасные и вредные факторы на рабочем месте оператора сервисного робота

Факторы	Нормативные документы
Опасные факторы	
Факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов

Продолжение таблицы 11

Вредные факторы	
Повышенный уровень шума	СП 51.13330.2011. Защита от шума
Отсутствие или недостаток естественного или искусственного освещения	СП 52. 13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95
Монотонность труда, вызывающая монотонию	Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса.
Длительное сосредоточенное наблюдение	Критерии и классификация условий труда.

6.2.1 Факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий

Источником данного фактора являются аккумулятор транспортной платформы, а также её силовая часть: управляющая плата, преобразователь напряжения. Поражение электрическим током возможно также при контакте с силовыми цепями электродвигателя. При работе с компьютером существует опасность поражения электрическим током: – при прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения изоляции токоведущих частей ПЭВМ); – при прикосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением; – имеется опасность короткого замыкания в высоковольтных блоках: блоке питания и блоке дисплейной развертки. Поражение электрическим током является наиболее опасным из всех видов вредного воздействия, по причине того, что электрический ток является невидимым для глаз человека. Действие электрического тока на организм человека носит своеобразный и разносторонний характер. Проходя через организм человека, электрический ток производит термическое, электролитическое и биологическое действие. Для того, чтобы избежать

поражение электрическим током, помещение, где размещается рабочее место и разрабатываемое устройство, должно быть оборудовано защитным заземлением в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации. Основными техническими средствами защиты, являются защитное заземление, как указывалось ранее, автоматическое отключение питания, устройства защитного отключения, изолирующие электрозащитные средства, знаки и плакаты безопасности. Перед началом работы с разрабатываемым роботом необходимо изучить правила электробезопасности, которые описаны в требованиях к электробезопасности [38].

6.2.2 Повышенный уровень шума

Источником шума в рабочей зоне может является электродвигатель транспортной платформы, при запусках в различном режиме. Кроме того, оператор транспортной платформы, проводя диагностику, а также при разборе (сборке), может использовать инструмент, такой как дрель, шуруповёрт.

Одним из важных факторов, влияющих на качество выполняемой работы, является шум. Шум ухудшает условия труда, оказывая вредное действие на организм человека. Работающие в условиях длительного шумового воздействия испытывают раздражительность, головные боли, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, боли в ушах. Такие нарушения в работе ряда органов и систем организма человека могут вызвать негативные изменения в эмоциональном состоянии человека вплоть до стрессовых. Под воздействием шума снижается концентрация внимания, нарушаются физиологические функции, появляется усталость в связи с повышенными энергетическими затратами и нервнопсихическим напряжением, ухудшается речевая коммутация. Все это снижает работоспособность человека и его производительность, качество и безопасность труда.

В таблице 12 приведены предельно допустимые и допустимые уровни звукового давления, уровни звука, эквивалентные и максимальные уровни

звука проникающего шума для помещения лабораторий для проведения экспериментальных работ согласно СП 51.13330.2011. Защита от шума [39].

Таблица 12 – Предельно допустимые и допустимые уровни звукового давления, уровни звука, эквивалентные и максимальные уровни звука проникающего шума в помещениях лабораторий для проведения экспериментальных работ

Уровни звукового давления (эквивалентные уровни звукового давления), дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровень звука L_A (эквивалентный уровень звука L_A экв), дБА	Максимальный уровень звука L_A макс, дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
103	91	83	77	73	70	68	66	64	75	90

Для снижения уровня шума и снижения риска получить травму, связанную с длительным воздействием шума при эксплуатации транспортной платформы можно:

- привлекать к работам лиц, не имеющих медицинских противопоказаний по шуму;
- производить работу с шумным инструментом в наушниках или берушах;
- использовать материалы и конструкции, препятствующие распространению шума и вибрации для защиты работников соседних помещений.

6.2.3 Отсутствие или недостаток естественного или искусственного освещения

Правильное освещение помещений и рабочих зон одно из главных условий создания безопасных и благоприятных условий труда. В условиях работы в производственном помещении могут возникать проблемы с поступлением естественного света. Согласно нормам освещенности [40]

недостаточная освещенность рабочей зоны является вредным фактором, который приводит к развитию утомления зрения, понижается общая работоспособность и производительность труда, возрастает количество брака, повышается опасность производственного травматизма, низкая освещенность способствует развитию близорукости. Средствами нормализации освещенности производственных помещений рабочих мест являются:

- источники света;
- осветительные приборы;
- световые проемы;
- светозащитные устройства.

В таблице 13 представлены регламентированные допустимые характеристики освещенности рабочих мест. Кроме того, для того чтобы снизить влияние данного фактора на здоровье, необходимо соблюдать допустимое время нахождения перед монитором компьютера и делать перерывы в работе. Помимо этого, возможно использование дополнительных источников света, таких как настольные лампы для компьютерного стола, а также светильники для рабочего помещения.

Таблица 13 – Допустимые характеристики освещенности

Естественное освещение		Совмещенное освещение		Искусственное освещение				
КЕО, %		КЕО, %		Освещенность, лк			Показатель дискормфорты, М, не более	Коэффициент пульсации освещенности, Кп, %, не более
При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	Всего	При общем освещении			
					От общего			
3,2	1,2	2,1	0,7	-	-	400	40	10

6.2.4 Монотонность труда, вызывающая монотонию

Работа оператора сервисного работа подразумевает, при необходимости, сборку и разборку транспортной платформы, что сопряжено с монотонным трудом, поскольку разработанная платформа состоит в том числе из нескольких десятков гаек, шайб, болтов. Таким образом, внесение любых конструктивных изменений, которое может понадобиться в ходе эксплуатации, например, в случае выхода из строя какого-либо из внутренних механизмов, является вредным фактором – источником монотонного труда. Выполнение монотонных операций может привести к ухудшению самочувствия человека. Так, при длительном выполнении однообразных, повторяющихся заданий или действий, появляется сонливость, снижается

общий уровень активности работоспособности, концентрации, что также может привести к получению производственной травмы.

Для снижения влияния фактора монотонного труда, необходимо делать перерывы в работе, в том числе – не пренебрегать обеденным перерывом. Кроме того, оператору, как и любому другому работнику, следует соблюдать режим сна, заниматься физической активностью.

6.2.5 Длительное сосредоточенное наблюдение

Оператор сервисного робота должен контролировать перемещение внутри производственного помещения, что является одной из главных его обязанностей. Таким образом, большую часть времени работник вынужден проводить в сосредоточенном наблюдении. Длительное сосредоточенное наблюдение может привести к снижению концентрации, быстрой утомляемости, что увеличивает вероятность ошибки оператора и получение им производственной травмы. Для снижения влияния данного фактора необходимо рационально организовывать трудовой процесс, предусматривать перерывы в работе, уделять внимание оформлению рабочего места.

6.3 Экологическая безопасность.

В данном подразделе необходимо рассмотреть характер воздействия проектируемого робота на окружающую среду, а также выявить предполагаемые источники загрязнения окружающей среды, возникающие в результате изготовления робота.

6.3.1 Защита атмосферы

Сильнее всего при производстве сервисного робота страдает атмосфера, поскольку часть узлов (например, ходовая часть, подвеска), являющиеся важными компонентами робота, изготавливаются на машиностроительных предприятиях, выбрасывающих в атмосферу множество вредных веществ, таких как диоксид серы и оксид углерода, а также множество других вредных примесей. Кроме того, в процессе сборки транспортной платформы часть деталей была обработана с помощью металлорежущих станков, применение которых ведет к образованию твердых

отходов (стружка), которые частично попадают в атмосферу. При эксплуатации робота существенного вреда атмосфере не причиняется, поскольку его основой является электрический двигатель. Для снижения влияния процесса производства робота на атмосферу, необходимо утилизировать образующиеся в процессе обработки деталей стружку и иные отходы. Кроме того, в перспективе существует возможность отказаться от части металлических деталей, заменив их на детали из перерабатываемого пластика.

6.3.2 Защита литосферы

Утилизация сервисного робота сопряжена с загрязнением литосферы, поскольку робот содержит большое количество пластика в корпусе, а также работает от аккумуляторной батареи, которую необходимо сдавать в специальный пункт приема при утилизации. Для снижения влияния на литосферу необходимо при утилизации разбирать сервисного робота на составные части для утилизации аккумуляторной батареи в специализированном пункте приёма, а также сдачи пластикового корпуса на переработку. Процесс переработки пластика включает в себя сбор, сортировку, очистку и непосредственно переработку. Для переработки пластик измельчается в порошок или в хлопья, которые затем, можно переплавить его и снова вытянуть нить для 3D-принтера. Так же требуется утилизировать электронные компоненты датчиков, исполнительных механизмов и информационных устройств.

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

6.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

Поскольку применение сервисного робота может осуществляться в различных условиях, для перевозки грузов на территории заводов, энергетических объектов любого типа, при эксплуатации могут возникнуть следующие аварии: химические аварии (при использовании на производстве, содержащем резервуары с химическими веществами или при перевозке при

помощи работа химических веществ), взрыв веществ (при перевозке взрывоопасных грузов на производстве), пожар: при эксплуатации работа может возникнуть возгорание, при коротком замыкании двух полюсов аккумуляторной батареи. Наиболее вероятным ЧС является именно пожар, поскольку данная чрезвычайная ситуация может произойти при эксплуатации сервисного работа в условиях любого помещения, а также на улице.

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

Для предотвращения ЧС, связанной с возгоранием батареи, применяется аккумуляторная батарея с защитой от короткого замыкания. Поскольку аккумуляторная батарея содержит в себе металлы, существует риск возникновения пожара класса D.

На основании Федерального закона от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) [41] первичным средством тушения такого пожара является специальный порошковый огнетушитель.

Таким образом, на случай возникновения возгорания производственное помещение должно быть оснащено специальным порошковым огнетушителем. Чтобы предотвратить ЧС в помещении при изготовлении работа, пожарная безопасность должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями. Исходя из установленной номенклатуры обозначений зданий по степени пожарной опасности, анализируемое в данной работе помещение относится к категории В [42].

Основные источники возникновения пожара:

- неработоспособное электрооборудование, неисправности в проводке, розетках и выключателях;
- электрические приборы с дефектами;
- перегрузка в электроэнергетической системе и короткое замыкание в электроустановке.

Человек, выполняющий работы в аудитории, в случае возникновения пожара или его признаков (задымление, запах горения или тления различных материалов, повышение температуры и т.п.) обязан:

- немедленно сообщить об этом по телефону «01» в пожарную часть (при этом необходимо четко назвать адрес учреждения, место возникновения пожара, а также сообщить свою должность и фамилию);
- задействовать систему оповещения людей о пожаре, приступить самому и привлечь других лиц к эвакуации людей из здания в безопасное место согласно плану эвакуации;
- принять по возможности меры по тушению пожара имеющимися в учреждении средствами пожаротушения и сохранности материальных ценностей;
- известить о пожаре руководителя или другого работника. Меры безопасности обеспечиваются системами предотвращения пожара и противопожарной защиты исходя из требований пожарной безопасности [43].

Средствами обеспечения пожаробезопасности являются:

- огнетушитель, которым должно быть обеспечено производственное помещение, а также пожарный кран, находящийся в здании;
- системы автоматической пожарной сигнализации;
- средства организации эвакуации, в том числе технические.

Мероприятиями, обеспечивающими пожаробезопасность, являются:

- обучение, в т.ч. распространение знаний о пожаробезопасном поведении (о необходимости установки домашних индикаторов задымленности и хранения зажигалок и спичек в местах, недоступных детям);
- пожарный надзор, предусматривающий разработку государственных норм пожарной безопасности и строительных норм, а также проверку их выполнения;

– обеспечение оборудованием и технические разработки (установка переносных огнетушителей и изготовление зажигалок безопасного пользования).

Перед началом работы необходимо пройти инструктаж и оставить свою роспись в журнале о прохождении инструктажа по пожарной безопасности.

6.5 Вывод

В данной главе были рассмотрены основные источники возникновения опасных факторов при разработке и эксплуатации медицинского сервисного робота. На основе проведенного анализа факторов, были составлены требования по безопасности при эксплуатации сервисного робота, а также предложены мероприятия, направленные на минимизацию влияния негативных факторов. Были проанализированы факторы загрязнения окружающей среды и даны рекомендации по снижению влияния разрабатываемого сервисного робота на атмосферу и литосферу.

Рабочее место соответствует всем необходимым нормам. По электробезопасности помещение относится к категории «без повышенной опасности». Персонал по электробезопасности согласно Правил по охране труда и эксплуатации электроустановок [44] относится к группе I. По тяжести труда в соответствии с СанПин 1.2.3685-21 работа при разработке относится к категории Ia. Рабочее помещение согласно СП 12.13130.2009 относится к категории В – пожароопасность.

Объект разработки и связанные с ним исследования не оказывают значительного негативного влияния на окружающую среду.

Заключение

В ходе выполнения работы был проведен обзор конструктивных решений уже существующих сервисных роботов, применяемых в медицинской сфере. На основе проведенного обзора были сформулированы требования к функциям и параметрам разрабатываемой транспортной платформы. Для обеспечения требований был проведен подбор компонентов, спроектированы структурная и функциональная схемы, а также разработаны алгоритмы для автономного функционирования платформы. Для проверки работоспособности алгоритмов согласно функциональной схеме был собран прототип транспортной платформы, на котором было проверено реализованное на языке Си программное обеспечение. По результатам тестирования была проведена доработка алгоритма, что улучшило качество объезда препятствий. В дальнейшем планируется продолжение работы по данной тематике и расширение функционала транспортной платформы.

Список публикаций обучающегося

1. Шакин В.Ю. Разработка модуля идентификации для системы роботизированной маркировки образцов керна / Ф.В. Сухов, В.Ю. Шакин // XXIII Всероссийская конференция молодых ученых по математическому моделированию и информационным технологиям, 24-28 октября 2022 г. / Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий. – Новосибирск: Изд-во Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий", 2022. – 79 с – [С. 67].

Список используемых источников

1. Дефицит среднего медицинского персонала в первичном звене на данный момент составляет более 130 тыс. специалистов [Электронный ресурс] // URL: <https://medvestnik.ru/content/news/Tatyana-Semenova-iz-pervichnogo-zvena-uhodit-srednii-medpersonal.html>
2. Дефицит кадров назвали главной проблемой здравоохранения [Электронный ресурс] // URL: <https://tass.ru/obschestvo/10977363>
3. Забота на износ. Причины нехватки медицинских сестёр. [Электронный ресурс] // URL: https://murmansk.aif.ru/society/persona/zabota_na_iznos_pochemu_segodnya_ne_hvataet_medicinskih_sestyor
4. Pudubot [Электронный ресурс] // URL: <https://www.pudurobotics.com/product/detail/pudubot>
5. Pudubot2 [Электронный ресурс] // URL: <https://www.pudu.sg/products/pudubot2/>
6. Panasonic Medication Dispensing and Delivery Robot [Электронный ресурс] // URL: https://panasonic.ru/press_center/news/detail/465769
7. Mercy TUG Robot in Action [Электронный ресурс] // URL: <https://aethon.com/mercy-hospital-installs-their-fleet-of-aethon-robots/>
8. Franciscan Health Crown Point Robots Assisting In Kitchen, Environmental Deliveries [Электронный ресурс] // URL: <https://aethon.com/franciscan-health-installs-6-aethon-robots-for-food-service-and-environmental-logistics/>
9. Робот-медсестра [Электронный ресурс] // URL: <https://theidealist.ru/moxi/>
10. СП 158.13330.2014 Здания и помещения медицинских организаций. Правила проектирования (с Изменением N 1) [Электронный ресурс] // URL: <https://www.dokipedia.ru/document/5343846?pid=265>
11. Группы истираемости и коэффициенты скольжения линолеума [Электронный ресурс] // URL: <https://kontraktpol.ua/blog/linoleum/gruppy->

istiraemosti-i-koeffitsienty-skolzheniya-linoleuma/

12. Расчет порога, преодолеваемого колесом [Электронный ресурс] // URL: https://studopedia.ru/27_32865_porog-preodolevaemiy-kolesom-avtomobilya.html
13. Электропривод для колес автомобиля [Электронный ресурс] // URL: <https://granpatron.ru/elektroprivod-dlya-koles-avtomobilya/>
14. Мотор-колесо 10.5 дюймов [Электронный ресурс] // URL: https://www.ozon.ru/search/?deny_category_prediction=true&from_global=true&text=Аксессуар+для+гироскутера&product_id=800548012
15. Мотор-колеса. Схема подключения [Электронный ресурс] // URL: <https://remnabor.net/motor-koleso-ot-giroskutera-shema-podklyucheniya>
16. Ультразвуковой датчик HC-SR04 [Электронный ресурс] // URL: <https://amperka.ru/product/hc-sr04-ultrasonic-sensor-distance-module>
17. Ультразвуковой датчик JSN-SR04T [Электронный ресурс] // URL: <https://mysku.club/blog/aliexpress/35057.html>
18. Ультразвуковой датчик расстояния HY-SRF05 [Электронный ресурс] // URL: <https://robot-kit.ru/3093/>
19. Гироскутер. Электрическая схема драйверной платы [Электронный ресурс] // URL: <https://smartadm.ru/giroskuter-skhema-elektricheskaya-materinskoj-platy/>
20. Преобразователь напряжения LMR33630ADDAR HSOP8 [Электронный ресурс] // URL: <https://www.chipdip.ru/product0/8016170709>
21. Datasheet - STM32F303xB STM32F303xC [Электронный ресурс] // URL: <https://www.st.com/resource/en/datasheet/stm32f303cb.pdf>
22. STM32CubeMX Tutorial Series: PWM [Электронный ресурс] // URL: https://www.waveshare.com/wiki/STM32CubeMX_Tutorial_Series:_PWM
23. PWM generation on STM32 Microcontrollers using HAL [Электронный ресурс] // URL: [https://simonmartin.ch/resources/stm32/dl/STM32%20Tutorial%2002%20-%20PWM%20Generation%20using%20HAL%20\(and%20FreeRTOS\).pdf](https://simonmartin.ch/resources/stm32/dl/STM32%20Tutorial%2002%20-%20PWM%20Generation%20using%20HAL%20(and%20FreeRTOS).pdf)

24. Микроконтроллеры STM32: основы использования таймеров, прерываний и ШИМ [Электронный ресурс] // URL: <https://eax.me/stm32-interrupts-timers-pwm/>
25. Таймеры STM32 в режиме счетчиков. Генерация циклических прерываний от таймеров [Электронный ресурс] // URL: <http://mypractic.ru/urok-16-tajmery-stm32-v-rezhime-schetchikov-generaciya-ciklicheskix-preryvanij-ot-tajmerov.html>
26. STM32 и RCC. Настройки тактирования в STM32CubeMx [Электронный ресурс] // URL: <https://microtechnics.ru/stm32cube-rcc-nastrojki-taktirovaniya/>
27. Keil MDK-arm [Электронный ресурс] // <https://www.keil.com>
28. STM32 Timer Interrupt [Электронный ресурс] // URL: <https://deepbluembedded.com/stm32-timer-interrupt-hal-example-timer-mode-lab/>
29. Ультразвуковой датчик HC-SR04. Принципы работы. [Электронный ресурс] // URL: <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-datchiki/ultrazvukovoj-dalnomer-hc-sr04/>
30. Таймеры stm32 HAL - часть первая [Электронный ресурс] // URL: <https://istarik.ru/blog/stm32/118.html>
31. Порты ввода-вывода GPIO [Электронный ресурс] // URL: <http://dimoon.ru/obuchalka/stm32f1/programmirovanie-stm32-chast-5-portyi-vvoda-vyivoda-gpio.html>
32. Фронт сигнала [Электронный ресурс] // URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1342282>
33. Патентный поиск ФИПС [Электронный ресурс] // URL: <https://new.fips.ru/about/vptb-otdelenie-vsrossijskaya-patentno-tekhnicheskaya-biblioteka/patentnyu-poisk.php>
34. Электронная таблица-будильник [Электронный ресурс] // URL: https://rusneb.ru/catalog/000224_000128_2014112460_20151010_A_RU/

35. Путин поручил быстрее проводить модернизацию первичного звена здравоохранения [Электронный ресурс] // URL: <https://tass.ru/obschestvo/17058061>
36. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 05.02.2018).
37. ГОСТ 12.02.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
38. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты ГОСТ 12.1.019-2017.
39. СП 51.13330.2011. Защита от шума.
40. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.
41. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»
42. Нормы пожарной безопасности. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности НПБ 105-03.
43. Пожарная безопасность. Общие требования ГОСТ 12.1.004-91.
44. Приказ Минтруда РФ от 15.12.2020 N 903Н об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок.

Приложение А

(обязательное)

Листинг программы для считывания данных с датчиков расстояния

Листинг А.1 – Код программы для считывания данных с датчиков расстояния

```
1.  uint32_t pMillis1, pMillis2, pMillis3;
2.  uint32_t val1, val3, val5 = 0;
3.  uint32_t val2, val4, val6 = 0;
4.  uint16_t distance1 = 0, distance2 = 0, distance3 = 0;
5.  #define TRIG_PIN GPIO_PIN_9
6.  #define ECHO_PIN GPIO_PIN_8
7.  #define ECHO_PORT1 GPIOA
8.  #define TRIG_PORT1 GPIOA
9.  #define ECHO_PORT2 GPIOC
10. #define TRIG_PORT2 GPIOC
11. #define ECHO_PORT3 GPIOD
12. #define TRIG_PORT3 GPIOD
13. void sensor1(void)
14. {
15.  HAL_GPIO_WritePin(TRIG_PORT1, TRIG_PIN, GPIO_PIN_SET);
16.  __HAL_TIM_SET_COUNTER(&htim2, 0);
17.  while (__HAL_TIM_GET_COUNTER (&htim2) < 10);
18.  HAL_GPIO_WritePin(TRIG_PORT1, TRIG_PIN, GPIO_PIN_RESET);
19.  pMillis1 = HAL_GetTick();
20.  while (!(HAL_GPIO_ReadPin (ECHO_PORT1, ECHO_PIN)) && pMillis1 + 10 > HAL_GetTick());
21.  val1 = __HAL_TIM_GET_COUNTER (&htim2);
22.  pMillis1 = HAL_GetTick();
23.  while ((HAL_GPIO_ReadPin (ECHO_PORT1, ECHO_PIN)) && pMillis1 + 50 > HAL_GetTick());
24.  val2 = __HAL_TIM_GET_COUNTER (&htim2);
25.  distance1 = (val2-val1)* 0.034/2;
26.  distance1 = distance1;
27.  if (distance1 >400)
28.  {
29.  distance1=400;
30.  }
31.  }
32. void sensor2(void)
33. {
34.  HAL_GPIO_WritePin(TRIG_PORT2, TRIG_PIN, GPIO_PIN_SET);
35.  __HAL_TIM_SET_COUNTER(&htim3, 0);
36.  while (__HAL_TIM_GET_COUNTER (&htim3) < 10);
37.  HAL_GPIO_WritePin(TRIG_PORT2, TRIG_PIN, GPIO_PIN_RESET);
38.  pMillis2 = HAL_GetTick();
```

```

39. while (!(HAL_GPIO_ReadPin (ECHO_PORT2, ECHO_PIN)) && pMillis2 + 10 > HAL_GetTick());
40.     val3 = __HAL_TIM_GET_COUNTER (&htim3);
41.     pMillis2 = HAL_GetTick();
42.     while ((HAL_GPIO_ReadPin (ECHO_PORT2, ECHO_PIN)) && pMillis2 + 50 >
HAL_GetTick());
43.     val4 = __HAL_TIM_GET_COUNTER (&htim3);
44.     distance2 = (val4-val3)* 0.034/2;
45.         if (distance2 >400)
46.             {
47.                 distance2=400;
48.             }
49. }
50. void sensor3(void)
51. {
52.     HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, GPIO_PIN_9, GPIO_PIN_SET);
53.     __HAL_TIM_SET_COUNTER(&htim15, 0);
54.
55.     while (__HAL_TIM_GET_COUNTER (&htim15) < 10);
56.     HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, GPIO_PIN_9, GPIO_PIN_RESET);
57.     pMillis3 = HAL_GetTick();
58.     while (!(HAL_GPIO_ReadPin (GPIOD, GPIO_PIN_8)) && pMillis3 + 10 >
HAL_GetTick());
59.     val5 = __HAL_TIM_GET_COUNTER (&htim15);
60.     pMillis3 = HAL_GetTick();
61.     while ((HAL_GPIO_ReadPin (GPIOD, GPIO_PIN_8)) && pMillis3 + 50 > HAL_GetTick());
62.     val6 = __HAL_TIM_GET_COUNTER (&htim15);
63.     distance3 = (val6-val5)* 0.034/2;
64.         if (distance3 >400)
65.             {
66.                 distance3=400;
67.             }
68. }
69. while (1)
70. {
71.     sensor1();
72.     sensor2();
73.     sensor3();
74. }

```

Приложение Б

(обязательное)

Листинг программы для объезда препятствий

Листинг Б.1 – Код программы для объезда препятствий

```
1. #define From1000toQ24 16777
2. #define Q24_one 0x1000000
3. uint16_t Timer1 = 0, Timer1Max = 100;
4. int16_t Inp1, Inp2, temp1, temp2;
5. int16_t Input1, Input2;
6. int32_t InputQ1, InputQ2;
7. int32_t check, time, tt, stop_time = 0;
8. static __IO uint32_t uwTick;
9. void PwmCtrl(void)
10. {
11. if (distance1>29)
12. {
13. time = HAL_GetTick();
14. temp1 = 10;
15. Inp1=temp1;
16. Inp2=temp2;
17. if(distance2<22 && distance2>12)
18. {
19. Inp2 = -20;
20. Inp1 = 15;
21. }
22. if(distance2<22 && distance2<12)
23. {
24. Inp1 = -30;
25. }
26. if(distance3<22 && distance3>12)
27. {
28. Inp2 = 20;
29. Inp1 = 15;
30. }
31. if(distance3<22 && distance3<12)
32. {
33. Inp1 = -30;
34. }
35. if (distance2<29 && distance3<29 && distance1>29)
36. {
37. Inp2=-30;
38. }
39. }
```



```
40. else if (distance1 <29)
41. {
42. stop_time = time;
43. tt = stop_time+5000;
44. if(distance2<22 && distance2>12)
45. {
46. Inp2 = 15;
47. Inp1 = 10;
48. }
49. if(distance2<22 && distance2<12)
50. {
51. Inp1 = -10;
52. }
53. if(distance3<22 && distance3>12)
54. {
55. Inp2 = -15;
56. Inp1 = 10;
57. }
58. if(distance3<22 && distance3<12)
59. {
60. Inp1 = -10;
61. }
62. if(distance2>29 && distance3 > 29) // ЕСЛИ ЕСТЬ ПРОСТРАНСТВО ДЛЯ МАНЕВРА
63. {
64. if (distance2>distance3) // ПОВОРОТ НАЛЕВО
65. {
66.
67. Inp2 = 50;
68. Inp1 = 25;
69. }
70. else if (distance3>distance2) // ПОВОРОТ НАПРАВО
71. {
72. Inp2 = -50;
73. Inp1 = 25;
74. }
75. }
```

```

76. if (distance2 > 25 && distance3 < 25) // Поворот налево
77. {
78. Inp2 = 50;
79. Inp1 = 25;
80. }
81. else if (distance2 < 25 && distance3 > 25) // Поворот направо
82. {
83. Inp2 = -50;
84. Inp1 = 25;
85. }
86.
87. else if (distance2 < 25 && distance3 < 25) // ПАЗВОРОТ НА 180
88. {
89. tt = stop_time+3000;
90. if (tt>stop_time)
91. {
92. Inp2 = -60;
93. }
94.
98. }
99. }
100. if (Inp1 > 60) Inp1 = 60;
101. else if (Inp1 < -60) Inp1 = -60;
102. if (Inp2 > 60) Inp2 = 60;
103. else if (Inp2 < -60) Inp2 = -60;
104. Input1 = Inp1 - 850;
105. Input2 = Inp2 - 850;
106. if (Input1 > 1000) Input1 = 1000;
107. else if (Input1 < -1000) Input1 = -1000;
108. if (Input2 > 1000) Input2 = 1000;
109. else if (Input2 < -1000) Input2 = -1000;
110. InputQ1 = (int32_t)Input1 * From1000toQ24;
111. InputQ2 = (int32_t)Input2 * From1000toQ24;
112. htim1.Instance->CCR2 = (uint16_t)_IQ24mpy((InputQ1 + Q24_one) >> 1, htim1.Instance->ARR);
113. htim1.Instance->CCR3 = (uint16_t)_IQ24mpy((InputQ2 + Q24_one) >> 1, htim1.Instance->ARR);
114. }

```

Приложение В

(обязательное)

Письмо поддержки от клиник СибГМУ

Минздрав России
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования
«Сибирский государственный медицинский
университет» Министерства здравоохранения
Российской Федерации
(ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России)

КЛИНИКИ

Московский тракт, д. 2, г. Томск, 634050
Телефон (3822) 53 04 23;
Факс (3822) 53 33 09
e-mail: office@ssmu.ru
http://www.ssmu.ru
ОКПО 01963539 ОГРН 1027000885251
ИНН 7018013613 КПП 701701001

ФГБУ «Фонд содействия развитию
малых форм предприятий в научно-
технической сфере»
(Фонд содействия инновациям)
101000, г. Москва,
Большой Златоустинский
пер., д. 5, стр. 3
Генеральному директору
С.Г. Полякову

11.05.2023 № 2100

О поддержке проекта

Уважаемый Сергей Геннадьевич!

Проект студентов федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» Шакина Владислава Юрьевича и Сухова Фёдора Вячеславовича «Разработка сервисного робота для медицинских учреждений», направленный на автоматизацию процессов взаимодействия медицинских работников и пациентов в стационарах государственных и/или частных медицинских учреждений, актуален, поскольку его реализация способна повысить качество обслуживания пациентов.

Кроме того, сервисный робот является коммерчески привлекательной разработкой, поскольку он снижает нагрузку на персонал, а также косвенно свидетельствует о высоком уровне технологического оснащения медицинского учреждения и повышает привлекательность клиники в глазах пациентов.

Клиники СибГМУ готовы поддержать проект, предоставив площадку для тестирования сервисного робота, помогать с освещением проекта в средствах массовой информации, оказывать консультационную поддержку для соответствия сервисного робота техническим требованиям и успешного применения разработки в условиях медицинского стационара.

Главный врач

Зорькальцев М.А.
901-101 * 1505



С.В. Нестерович

Рисунок В.1 – Письмо поддержки от клиник СибГМУ

Приложение Г

(обязательное)

Письмо поддержки от ОГАУЗ Поликлиники №8 г.Томска



ДЕПАРТАМЕНТ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ
ОБЛАСТНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
«ПОЛИКЛИНИКА № 8»

634050, г. Томск, пр. Комсомольской, 62, стр.3 тел. 78-23-69, факс 78-23-63
e-mail: ogauz-pol8@tomsk.gov70.ru ИНН 7017002023 КПП 701701001

от 10.11.2022 № 602

на № 6/н от

О поддержке инициативы
студенческого проекта

Уважаемая комиссия!

Проект студентов группы 8E92 направления основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) 15.03.06 «Мехатроника и робототехника» Томского политехнического университета (ТПУ) Шакина Владислава Юрьевича и Сухова Фёдора Вячеславовича под названием «Интеллектуальная система ДЛС», направленный на автоматизацию доставки лекарственных средств в стационарах государственных и/или частных медицинских учреждений, действительно актуален, поскольку его реализация способна как повысить качество медицинского обслуживания, так и снизить нагрузку на средний медицинский персонал. Кроме того, в условиях пандемии применение технологий мехатроники и робототехники могло бы снизить риск заражения новой коронавирусной инфекцией при работе с пациентами.

Поскольку разработка интеллектуальной системы доставки лекарственных средств является актуальной и перспективной, ОГАУЗ «Поликлиника № 8» готова поддержать проект, предоставив площадку (дневной стационар) для тестирования сервисного робота, являющегося ключевым элементом разрабатываемой системы.

И.о. главного врача

А.Н.Борисова

Исполнитель: А.Н.Борисова
Тел. 8 (3822) 782-366

Рисунок Г.1 – Письмо поддержки от ОГАУЗ Поликлиники №8 г.Томска