

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»



SATBAYEV
UNIVERSITY

Институт Автоматики и информационных технологий

Кафедра Робототехники и технических средств автоматизации

Юлдашов Сардор Бердибекович

Разработка персонального мобильного робота помощника

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту

6B07113 – Робототехника и мехатроника

Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»



SATBAYEV
UNIVERSITY

Институт Автоматики и информационных технологий

Кафедра Робототехники и технических средств автоматизации

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой РТиТСА
кандидат технических наук,
профессор
Ожикенов К. А.
«05» 06 2025 г.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту

На тему: «Разработка персонального мобильного робота помощника.»

6B07113 – Робототехника и мехатроника

Выполнил

Юлдашов С.Б.

Рецензент

Научный руководитель

PhD, старший преподаватель

Магистр технических наук,

Алимбаева Ж.Н.

старший преподаватель

Бигалиева Ж.С.

«30» май 2025 г.

«05» май 2025 г.

Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»



SATBAYEV
UNIVERSITY

Институт Автоматики и информационных технологий

Кафедра Робототехники и технических средств автоматизации

6B07111 – Робототехника и мехатроника

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой РТиТСА
кандидат технических наук,
профессор
Ожикенов К. А.
«05» 06 2025 г.

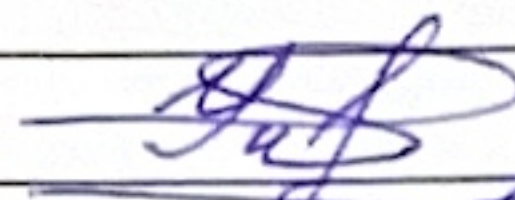
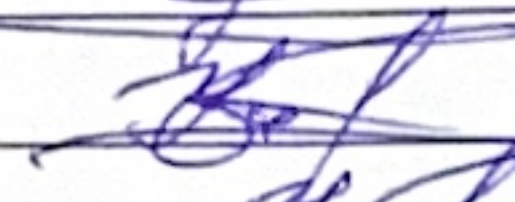
ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

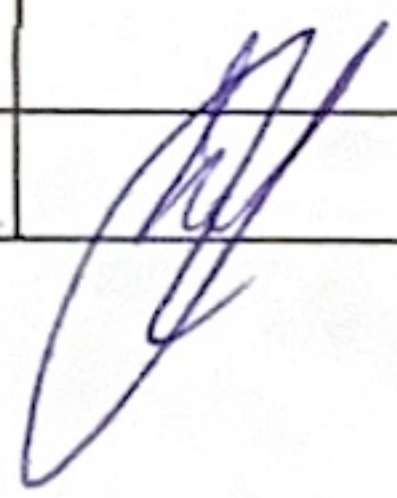
Студенту Юлдашова Сердару
Тема: Разработка программного модульного робота пошива
Утверждена приказом ректора _____ № _____ от «__» _____ 202_ г.
Срок сдачи законченной работы _____ «__» _____ 202_ г.
Исходные данные к дипломному проекту: _____
Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте вопросов:
а) проектирование внешнего контура
б) разработка системы управления
в) проектирование системы шитья

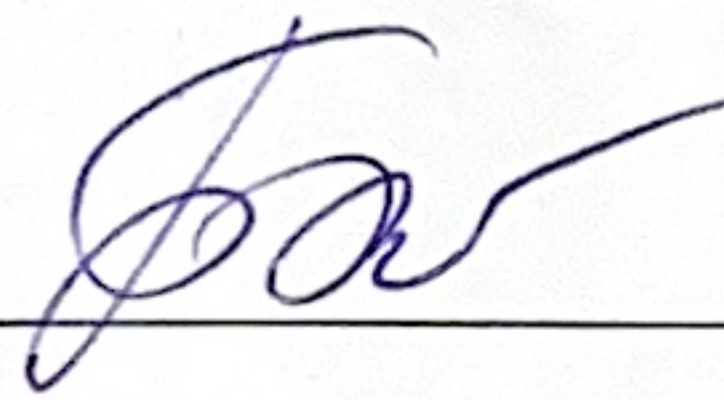
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): представлены слайды презентации работы
Рекомендуемая основная литература:

ГРАФИК подготовки дипломной работы (проекта)

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечания
система управления	15.04.2025.	
система логистики	30.04.2025.	
Дистанционное урф	15.05.2025.	

Подписи
консультантов и норм контролера на законченную дипломную работу
(проект)с указанием относящихся к ним разделов работы (проекта)

Наименование разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Экономическая часть			
Охрана труда			
Нормконтроллер	Амелина Е.Г.	03.06.2025г.	

Научный руководитель:  Бигалиева Ж.С

Задание принял к исполнению обучающийся:  Юлдашов С.Б

Дата «05» 06 2025

АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыс медицинадағы мобильді көмекші роботты әзірлеуге және зерттеуге арналған, оның мақсаты пациенттің өмірлік көрсеткіштерін бақылау және қызметкерлермен қашықтан байланыс. Денсаулық сақтау саласына робототехниканы енгізудің теориялық саласын зерттеуге арналған бірінші тарауда жұмыс Денсаулық сақтау саласындағы роботтардың қолданылуы мен өзектілігін талдайды және медициналық мехатроникалық жүйелердің даму тарихына шолу жасайды, сонымен қатар осы саладағы заманауи технологиялар мен тенденцияларды қарастырады.

Практикалық бөлім мобильді роботтың дизайны мен дизайнын, аппараттық компоненттерді таңдауды, құрылғыны құрастыруды және басқару жүйесін енгізу мен бағдарламалауды қамтиды. Жұмыста байланыс схемалары, сенсорлар мен байланыс модульдерінің өзара әрекеттесу ерекшеліктері келтірілген.

Жұмыс қозғалыс алгоритмдері мен бейне мониторингінің толық сипаттамасын қамтиды. Сонымен қатар, роботтың болашағы мен одан әрі модификациясы көрсетілген.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа посвящена разработке и исследованию мобильного робота-помощника в медицине, цель которого – мониторинг жизненных показателей пациента и удаленный контакт с персоналом. В первой главе, посвященной исследованию теоретической области внедрения робототехники в здравоохранение, работы анализируются применение и актуальность мобильных роботов в сфере здравоохранения и приводится обзор истории развития медицинских мехатронных систем, а также рассматриваются современные технологии и тенденции в этой области.

Практическая часть включает разработку конструкции и дизайна мобильного робота-помощника, выбор подходящих аппаратных компонентов, полную сборку устройства, а также реализацию и программирование системы управления. В работе приведены схемы подключения питания, расчет мощности и времени автономной работы, описаны особенности сенсоров и обоснован выбор каждого компонента.

Работа содержит подробное описание проектированию системы питания, созданию качественного источника питания, подбору и управлению приводами, подключению различных сенсоров, написанию алгоритмов по движению робота и видео мониторинга.

ABSTRACT

This thesis is devoted to the development and research of a mobile assistant robot in medicine, the purpose of which is to monitor the patient's vital signs and remote contact with staff. The first chapter, devoted to the study of the theoretical field of the introduction of robotics in healthcare, analyzes the use and relevance of robots in the field of healthcare and provides an overview of the history of the development of medical mechatronic systems, as well as modern technologies and trends in this field.

The practical part includes the design and construction of a mobile robot, the selection of hardware components, the assembly of the device, as well as the implementation and programming of the control system. The paper presents connection diagrams, features of the interaction of sensors and communication modules.

The paper contains a detailed description of motion algorithms and video monitoring. Additionally, the prospects and further modification of the robot are indicated.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 Роботы в здравоохранении	8
1.1 Актуальность применения мобильных роботов в сфере здравоохранения	8
1.2 Применения мобильных роботов в сфере здравоохранения	9
2 Конструирование мобильного робота	10
2.1 Общая архитектура робота	11
2.2 Система питания робота	14
2.3 Управление бесколлекторным мотором посредством BLDC контроллера через широтно-импульсную модуляцию	16
2.4 Электроника робота. Сенсоры. Одометрия.	20
2.5 Проектирование эргономичной внешней конфигурации	22
2.6 Затраты на макет	25
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	27
ГЛОССАРИЙ	30
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	31
	32

ВВЕДЕНИЕ

Здравоохранение – это сфера деятельности, которая одновременно не может позволить допущения ошибок, и требует внедрения новейших технологий. От того, насколько верно будет оценена надежность и полезность, по сравнению с существующим медицинским персоналом, той или иной инновации зависят жизни. Не стоит торопиться, доверяя роботизированным системам комплексные задачи, такие как венепункция, забор крови и определение состояния человека по цвету лица. Однако, имеет смысл полагать, что имплантация системы, выполняющей практически механические функции, необходимы. Простой мониторинг жизненных показателей, как минимум не причинит вреда. [1]

Целью настоящей дипломной работы является разработка робота помощника для больниц и поликлиник, способного заменить медицинский персонал в выполнении механических задач для экономии времени. Система должна быть оснащена модулем, обеспечивающим извлечение информации о температуре тела пациента, модулем трансляции кардиограммы (опционально) и видео мониторингом в реальном времени.

Для выполнения поставленной цели необходимо выполнить ряд задач:

1. Осуществление управления бесколлекторным двигателем;
2. Разработка схемы управления двигателем;
3. Выбор оптимальных компонентов системы;
4. Проектирование алгоритма управления
5. Создание эргономичного и дружелюбного дизайна робота.
6. Сборка всех компонентов и отладка системы.

В связи с нарастающим широким спросом на подобные мобильные робототехнические системы перед мною выстроился план по реализации мобильного колесного робота с функцией локализации и картографирования местности отечественного производства, с минимальными импортными компонентами узлов и деталей машин.

1 РОБОТЫ В ЗДРАВООХРАНЕНИИ

1.1 Актуальность применения мобильных роботов в сфере здравоохранения

Система здравоохранения в настоящее время переживает активную трансформацию, связанную с демографическими изменениями, эпидемиологическими рисками и стремительным развитием цифровых и роботизированных технологий. Увеличение количества пожилых людей, рост числа хронических заболеваний, острая нехватка медицинских работников (особенно в отдалённых населённых пунктах), а также новые эпидемиологические угрозы создают серьёзные вызовы для медицинской отрасли. В связи с этим особую актуальность приобретает внедрение современных технических решений, включая мобильные робототехнические системы, которые способны оптимизировать процессы оказания медицинской помощи и снизить риски для здоровья как пациентов, так и персонала [2].

Мобильные медицинские роботы — это интеллектуальные автоматизированные устройства, предназначенные для самостоятельного передвижения, сбора и анализа информации, а также выполнения заранее заданных функций без постоянного участия человека. *В условиях лечебных учреждений такие устройства находят применение в следующих направлениях:*

- автоматизированная доставка медикаментов, анализов и оборудования между отделениями;
- дистанционное наблюдение за состоянием пациентов;
- обеспечение телекоммуникационного взаимодействия между пациентами и врачами в рамках телемедицинского обслуживания.

Эффективность использования мобильных роботов была особенно заметна в период пандемии COVID-19, когда такие системы применялись в ряде стран (КНР, Италия, Республика Корея) для доставки лекарств и питания, контроля температуры тела и первичного осмотра пациентов. Это позволило снизить физическую нагрузку на медперсонал и минимизировать прямой контакт с инфицированными, что, в свою очередь, сократило риск распространения инфекции. Роботизация в медицинских учреждениях способствует повышению эффективности внутренних процессов, снижению вероятности распространения внутрибольничных инфекций и улучшению качества и безопасности оказываемых услуг [3].

С точки зрения клинической практики использование роботизированных систем позволяет ускорить выполнение повторяющихся операций и обеспечивает непрерывный мониторинг состояния пациентов, особенно в отделениях интенсивной терапии или при необходимости круглосуточного наблюдения. Оснащённые множеством сенсоров (например, пульсоксиметрами, инфракрасными термометрами, тонометрами), такие устройства автоматически фиксируют жизненно важные параметры и передают информацию в электронную медицинскую карту пациента.

Мобильные роботизированные платформы значительно расширяют возможности телемедицины и обеспечивают качественный удалённый контроль состояния больных, что особенно важно в условиях эпидемических ограничений и удалённости от лечебных центров [4].

Особую ценность мобильные роботы приобретают в регионах с ограниченной доступностью медицинской инфраструктуры. *В таких условиях они могут использоваться для:*

- доставки медикаментов и инструментов в отдалённые населённые пункты;
- обеспечение канала связи между местными жителями и врачами через встроенные средства телекоммуникации.

Тем самым мобильные системы становятся не только медицинским, но и социально значимым ресурсом, снижая изоляцию и повышая уровень доверия к медицинским службам.

Интеграция телемедицины в робототехнические комплексы позволяет пациентам с ограниченной мобильностью или находящимся в послеоперационном восстановлении взаимодействовать с врачами в реальном времени, демонстрировать изменения своего состояния, получать консультации и корректировать план лечения. Кроме того, благодаря функциям аудиовизуального сопровождения, такие роботы способствуют снижению уровня тревожности и чувства одиночества, что положительно влияет на общее состояние пациента.

Необходимо отметить важную роль роботизированных решений в ситуациях повышенного риска, включая эпидемии, стихийные бедствия и военные конфликты. В таких обстоятельствах роботы могут применяться в медицинских пунктах, карантинных зонах и других труднодоступных или опасных для человека локациях, обеспечивая бесперебойное оказание помощи и сохранение оперативности медицинских операций.

Существенный прогресс в разработке сенсорных устройств, беспроводных коммуникаций (Wi-Fi, Bluetooth, 5G) и алгоритмов машинного обучения даёт возможность создавать более интеллектуальные и адаптивные роботизированные системы, способные в режиме реального времени анализировать изменения состояния пациента и при необходимости оповещать медицинский персонал о критических отклонениях. Совмещение технологий искусственного интеллекта и современных сенсорных модулей открывает путь к созданию персонализированных решений, нацеленных на улучшение медицинского сервиса и клинических результатов [5].

Экономическая составляющая также играет немаловажную роль в развитии робототехники для медицины. Несмотря на высокую стоимость внедрения на начальном этапе, в долгосрочной перспективе использование мобильных роботов приводит к положительному результату.



Рисунок 1.1 – Результаты внедрения роботизированных систем

Для эффективного и безопасного внедрения мобильных роботов в сферу здравоохранения требуется всесторонний и комплексный подход. В первую очередь необходимо обеспечить соответствие всех технических решений действующим нормативам и стандартам медицинской безопасности. Это включает не только надежность и стерильность оборудования, но и его совместимость с существующими системами здравоохранения.

Не менее важным аспектом является соблюдение принципов конфиденциальности и надёжной защиты персональных данных пациентов, особенно в условиях цифровизации и расширенного использования телемедицинских технологий. Передача, хранение и обработка медицинской информации должны осуществляться с использованием сертифицированных систем кибербезопасности.

Одновременно с этим необходимо обеспечить подготовку медицинского персонала к работе с роботизированными платформами.

Особое внимание при проектировании интерфейсов и систем взаимодействия должно уделяться учёту индивидуальных и культурных особенностей пациентов. Персонализированный подход повышает уровень доверия и комфорта при использовании роботизированных ассистентов, особенно в условиях длительного лечения или реабилитации.

Следует отметить, что мобильные робототехнические платформы уже перестали быть элементом футуристических прогнозов и уверенно входят в повседневную практику медицинских учреждений. Они становятся важной составляющей современной медицинской инфраструктуры, способствуя повышению доступности и качества медицинской помощи, оптимизации клинических процессов, снижению операционных издержек и рисков, а также увеличению эффективности реагирования в условиях кризисных и чрезвычайных ситуаций.

1.2 Применения мобильных роботов в сфере здравоохранения

Автономность — это способность системы функционировать самостоятельно, без постоянного внешнего вмешательства человека, на основе встроенных алгоритмов восприятия, обработки информации, принятия решений и управления исполнительными механизмами.

Мобильные роботизированные системы – это автономные или частично управляемые человеком устройства, предназначенные для передвижения и выполнения запрограммированных операций. В отличие от стационарных промышленных роботов, они обладают мобильной базой, что позволяет им функционировать в разнообразных условиях – от закрытых помещений до открытых пространств с труднопроходимым ландшафтом, а также под водой и в воздухе.

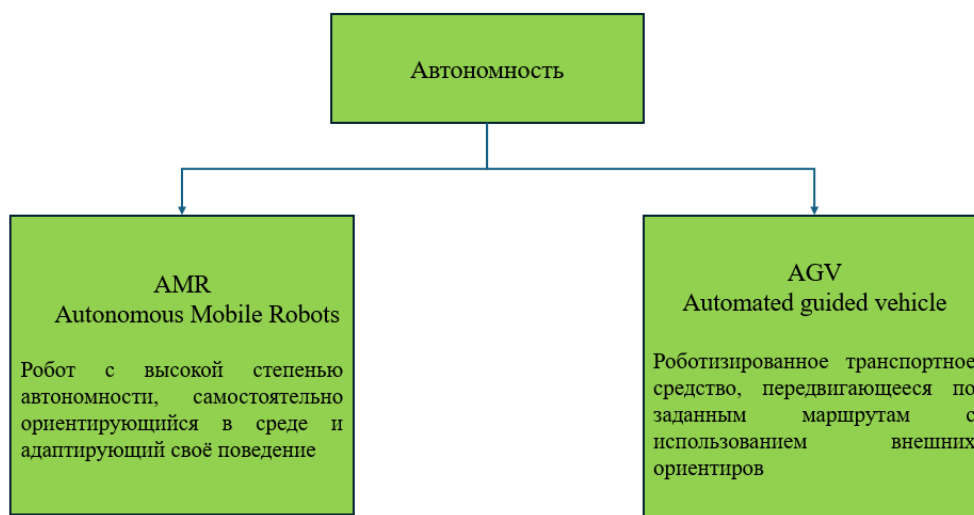


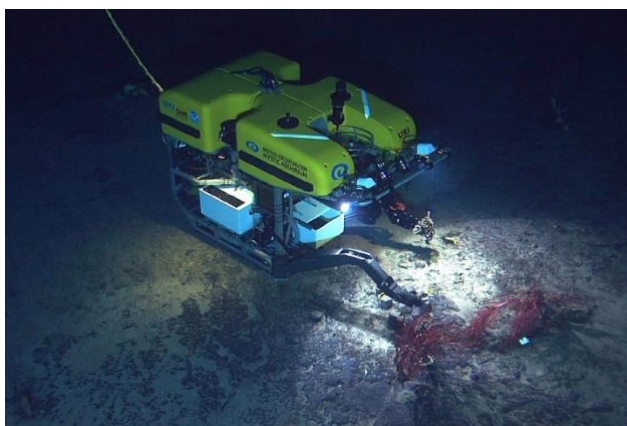
Рисунок 1.2 – Виды автономности роботов

Виды мобильных роботов по среде, в которой передвигаются:

Морские - они бывают подводными и надводными. Подводные морские роботы аппараты, такие как батискафы, исследуют морские глубины и экосистемы, а надводные - нужны для патрулирования и спасательных операций. Они могут работать в сложных условиях и на больших расстояниях от берега. Рисунок, а.

Воздушные - вертолеты, дроны-беспилотники. Они применяются в сельском хозяйстве для мониторинга посевов и распыления удобрений, а также в киноиндустрии для съемок с воздуха. А еще, используются для доставки товаров и повышения безопасности. Рисунок, б.

Наземные: это колесные, гусеничные и шагающие машины. К ним относятся луноходы и гусеничные роботы марсоходы для исследования планет, а также транспортные модели, роботы-пылесосы для уборки и логистики. Рисунок, в.



а



б



в

Рисунок 1.3 – Виды роботов

Каждый из вышеописанных типов мобильных роботов имеет уникальные конструктивные особенности, систему навигации и область применения. Ниже представлена обобщающая таблица, демонстрирующая соответствие между типами среды, примерами роботов и их функциональными задачами.

Таблица 1.1– Классификация мобильных роботов по среде передвижения

Среда передвижения	Тип робота	Основные функции
Морская	Подводный и надводный	Исследование, мониторинг, патрулирование, спасение
Воздушная	Дроны и беспилотники	Съёмка, доставка, агротехнологии, мониторинг
Наземная	Колёсные, гусеничные, шагающие	Логистика, исследование, сопровождение, помощь

В зависимости от степени самостоятельности принятия решений мобильные роботы делятся на следующие категории:

Таблица 1.2 – Классификация мобильных роботов по уровню автономности

Уровень автономности	Описание	Примеры
Дистанционно управляемые	Управляются оператором через пульт или интерфейс	ROV, дроны с ручным управлением
Полуавтономные	Имеют встроенные алгоритмы, но требуют вмешательства	Логистические роботы, складские AGV
Полностью автономные	Функционируют без вмешательства, используют ИИ	дроны с автопилотом

В настоящее время мобильные роботы всё чаще появляются в больницах и клиниках. Их основная задача — это помогать людям, пациентам и врачам. Они могут передвигаться по помещениям самостоятельно, ориентируясь с помощью датчиков и камер, и выполнять полезные функции.

- Доставка лекарств и материалов.
- Дезинфекция помещений.
- Помощь пациентам.
- Контроль за состоянием пациента.
- Общение и поддержка.
- Работа в зараженных местах.

Таблица 1.3 – Примеры применения мобильных роботов в медицине

Название робота	Производитель / страна	Назначение	Основные функции	Где применяется	Фото
TUG	Aethon / США	Логистика, доставка внутри больниц	Транспортировка медикаментов, еды, белья Самостоятельная навигация	Более 140 больниц в США, Канаде, Европе и Азии	
Moxi	Diligent Robotics / США	Помощник медицинского персонала	– Доставка лекарств и материалов – Манипулятор для взаимодействия с объектами – Распознавание окружающей среды	Больницы в Техасе, Калифорнии, других штатах США	

TMiRob	TMiRob / Китай	Комплексная санитарная обработка	– Дезинфекция UV и аэрозолями – Контроль качества воздуха – Работа в инфекционных зонах	Больницы в Китае и Юго-Восточной Азии	
--------	-------------------	--	---	---------------------------------------	---

2 КОНСТРУИРОВАНИЕ РОБОТА

2.1 Общая архитектура робота

Архитектура мобильного робота-помощника медицинского назначения представляет собой многоуровневую систему, объединяющую аппаратную и программную часть для автономного или полуавтономного передвижения, взаимодействия с человеком и выполнения простых задач и дистанционного управления. Структура выбрана с учётом требований к стоимости, энергоэффективности, возможности дистанционного управления и отсутствию сложных сенсоров типа камер или LiDAR, делая упор на простые компоненты и решения.

2.1.1 Приводы

Шасси робота представляет из себя простую четырехколесную базу, с двумя ведущими и двумя ведомыми колесами расположенных перпендикулярно друг другу. В качестве двигателя были выбраны безредукторные мотор типа BLDC, часто применяемые для изготовления гироскутеров. Такой выбор основан на том, что бесколлекторные двигатели постоянного тока имеют высокий крутящий момент без дополнительного редуктора. Такие моторы имеют низкий уровень шума, имеют высокий КПД, но сложны в управлении. Для управления такими видами моторов, необходим дополнительный внешний специальный контроллер на MOSFET транзисторах.

2.1.2 Система управления

Центральным элементом управления выступает микроконтроллер ESP32, обладающий достаточной вычислительной мощностью и встроенными беспроводными интерфейсами (Wi-Fi и Bluetooth). Данный модуль отвечает за:

- управление двигательной системой
- обработку данных от датчиков
- обеспечение беспроводной связи
- выполнение алгоритмов принятия решений

Использование двухъядерного процессора позволяет параллельно выполнять критически важные задачи (например, управление приводами) и поддерживать связь с внешними устройствами без потери производительности.

2.1.3 Система ориентации

Вместо сложных и дорогостоящих сенсоров (лазерных сканеров, камер) применены надежные и экономичные ультразвуковые и инфракрасные датчики(опционально). Ультразвуковые сенсоры (типа HC-SR04), расположенные по периметру корпуса, обеспечивают обнаружение препятствий, а инфракрасные датчики дополняют их работу на малых дистанциях.

Для оценки пройденного пути используется одометрическая система на основе «энкодеров», установленных на ведущих колесах. Точность такого метода ограничена, но его достаточно для базового перемещения по простым траекториям.

2.1.4 Энергетическая система

Электропитание всех компонентов осуществляется от литий-ионного аккумулятора с напряжением 40В постоянного тока и емкостью 2.8мАч. Использование повышенного напряжения позволяет снизить рабочие токи при сохранении мощности, что уменьшает тепловые потери и повышает общую эффективность.

Для питания управляющей электроники и датчиков применяются понижающие преобразователи напряжения, обеспечивающие стабильные уровни 5В и 3.3В. Система включает защиту от перегрузок, с возможностью дальнейшей интеграции модуля мониторинга состояния батареи.

2.1.5 Конструктивное исполнение

Каркас робота выполнен из фанеры 8мм, вырезан вручную ручным электроинструментом по резке дерева. Такой подбор материала обусловлен тем, что он обеспечивает оптимальное сочетание прочности, легкости и экономичности. Основные преимущества фанеры:

- доступность материала
- простота механической обработки
- экология.

Внутреннее пространство корпуса робота организовано по модульному принципу и вмещает все ключевые компоненты: управляющую электронику, драйверы двигателей, различные датчики и источник питания. Конструкция предусматривает возможность легкого доступа к компонентам и установки дополнительных функциональных модулей (проекторных систем, аудиоустройств, индикаторов).

2.2 Система питания робота

Система питания робота состоит из нагрузки и источника питания. Нагрузкой, или потребителем, называется все электронные компоненты, которым нужно питание. В данном роботе, электронные компоненты можно разделить на сенсоры, контроллеры и приводы. А источником питания в роботе является блок аккумулятора на 37В- 40В, которую самостоятельно собрал из 10 литий-ионных банок типа 18650.

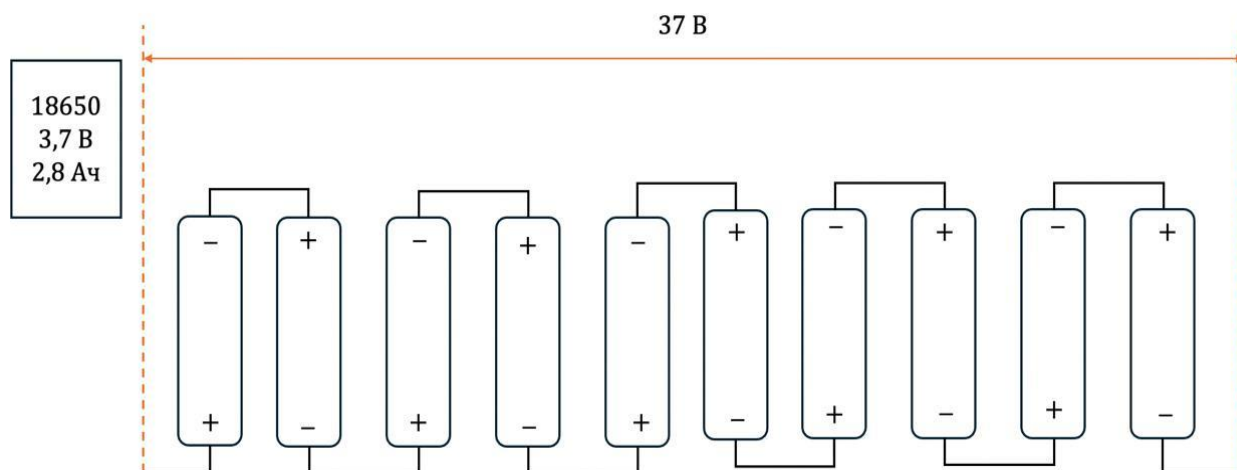


Рисунок 2.1 – Схема подключения литий-ионных банок

На рисунке изображена схема подключения литий-ионных банок для сборки блока аккумулятора на 37В. Для сборки нужно 10 литий-ионных банок типа 18650 с емкостью 2.8Ач, с напряжением 3.7В. Чтобы собрать необходимо соединить банки ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО, потому что при таком виде соединений напряжение складывается между собой, а сила тока остается постоянной, то есть 2.8Ач. Для моих задач такой емкости хватает, но для длительного автономного использования необходимо будет ПАРАЛЛЕЛЬНО подключить к каждой ячейке, с добавлением 10 банок, емкость увеличиться в два раза.



Рисунок 2.2 – Контактная сварка литий-ионных банок

Соединение банок, осуществляется путем контактной сварки специально-предназначенного им устройства, как на рисунке 2.2

Чтобы защитить от короткого замыкания, переразряда, перезаряда, перегрева и чтобы заряжать аккумуляторы правильно, необходимо установить BMS плату. Оно позволит заряжать каждую банку равномерно, не перезаряжая ее.

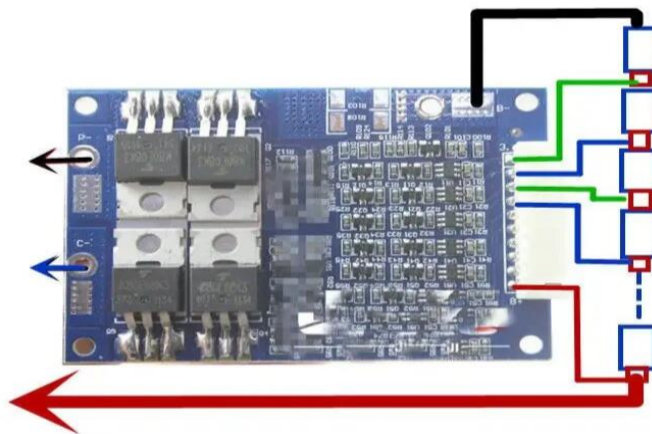


Рисунок 2.3 – Схема подключения BMS платы защиты

На рисунке 2.4 изображено блок схема, подключения электронных компонентов и произведен расчет потребления тока и напряжения питания каждого элемента.

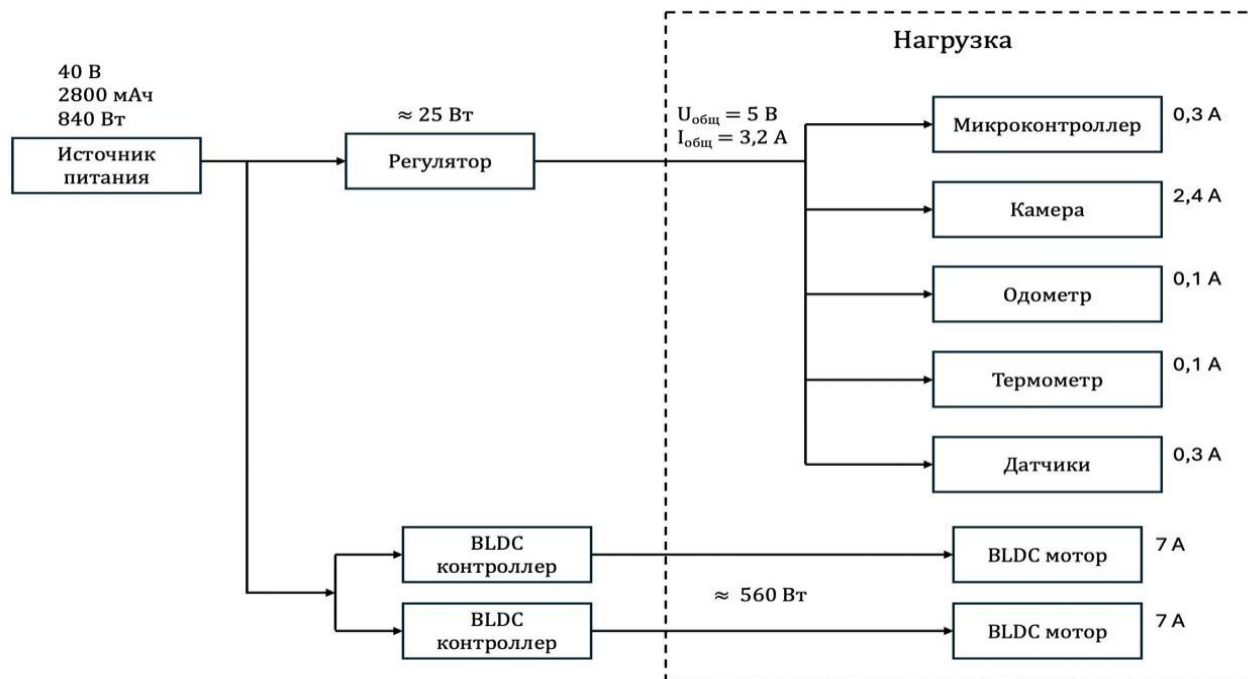


Рисунок 2.4 – Блок схема системы питания

Микроконтроллер, камера, одометр, термометр, датчики расстояния суммарно потребляют 3.2А при 5В питания. Чтобы была необходимое напряжение мы в роботе используем понижающий преобразователь типа DC/DC, данный модуль понижает с 40В до необходимых рабочих 5В. Закон Кирхгофа

$$P = UI$$

$$P = 5V * 3.2A = 16Вт$$

При расчете мощности я решил взять с запасом потребляемую нагрузку, до 5А. Соответственно мощность преобразователя напряжения должна превышать 25Вт для корректной работы.

Приводами в роботе являются бесколлекторные моторы с мощностью до 300Вт.

Для управления такими типами колес необходимо применение специального контроллера, контроллер питается напрямую от аккумулятора. Нужды в дополнительном виде понижающего или повышающего преобразователя, нету.

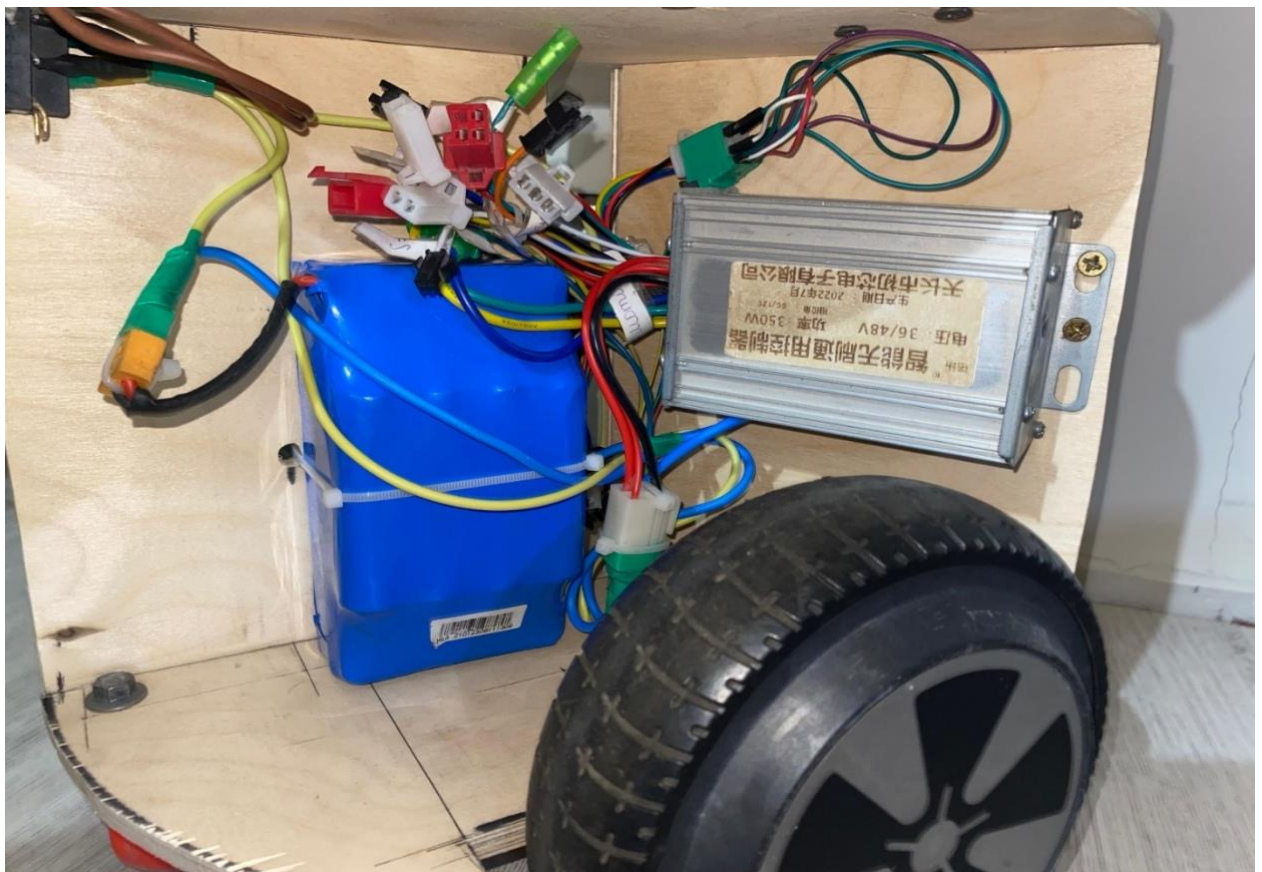


Рисунок 2.5 – Размещение силовых компонентов на роботе

2.3 Управление бесколлекторным мотором посредством BLDC контроллера через широтно-импульсную модуляцию

BLDC-мотор, или бесщёточный двигатель постоянного тока (от англ. *Brushless DC motor*), представляет собой тип электродвигателя, в котором отсутствует механический коммутатор в виде щёток и коллектора. Вместо этого используется электронная коммутация, обеспечивающая переключение фаз обмоток статора с помощью датчиков положения ротора или алгоритмов обратной ЭДС. Такой подход не только снижает износ и шум, но и значительно повышает эффективность и надёжность двигателя [6].

Когда я начал разрабатывать своего мобильного робота помощника, сразу стало понятно, что классические коллекторные двигатели с их износом и нестабильной работой на высоких оборотах — не лучший выбор. BLDC-моторы привлекли меня именно своей долговечностью, компактностью и высоким КПД. Особенно важно, что они позволяют точно управлять скоростью и моментом, что критично для робототехнических приложений, где необходима аккуратная навигация и стабильное движение. Ниже представлена таблица сравнения с другими типами электродвигателей. [7]

Таблица 1.4 – Сравнение типов электродвигателей

Параметр	BLDC(бесщёточный двигатель постоянного тока)	DC(щёточный двигатель постоянного тока)	АС(асинхронный двигатель переменного тока)
Наличие щёток	Отсутствуют	Присутствуют	Отсутствуют
Срок службы	Длительный (до 10 000 ч и более)	Ограниченный (до 2 000–3 000 ч)	Длительный
КПД	Высокий (до 90–95%)	Средний (до 75–85%)	Средний (до 80–90%)
Шум при работе	Низкий	Высокий (трение щёток)	Средний
Сложность управления	Высокая (необходим контроллер)	Низкая	Средняя
Стоимость	Высокая	Низкая	Средняя
Обслуживание	Минимальное	Требуется замена щёток	Минимальное
Применение	Робототехника, БПЛА, электровелосипеды	Простые механизмы, игрушки	Промышленное оборудование, вентиляторы
Управление	С помощью ШИМ и электронного контроллера	Прямое управление или через ШИМ	Через инвертор или напрямую от сети

Конструктивные элементы, BLDC-мотор состоит из двух основных частей: ротора и статора.

Ротор — это подвижная часть, содержащая постоянные магниты. Количество полюсов на роторе может варьироваться, и от этого зависит частота коммутации и характеристики момента.

Статор — неподвижная часть, в которой размещены обмотки. Обычно обмотки соединяются по схеме "звезда" или "треугольник". При прохождении тока через определённые фазы статора создаётся вращающееся магнитное поле, которое взаимодействует с магнитами на роторе, вызывая его вращение.



Рисунок 2.6 – Схема устройства BLDC мотора

В конструкции присутствует:

Датчик положения ротора — чаще всего используются датчики Холла или инкрементальные энкодеры. Они позволяют определить положение ротора для корректного управления фазами.

Электронный контроллер — заменяет щётки и коммутатор в классических двигателях. Управляет подачей тока в обмотки на основе информации о положении ротора.

Принцип работы:

BLDC-моторы требуют поочерёдной подачи питания на определённые фазы обмоток в зависимости от положения ротора. Для реализации этой задачи используется инвертор на шести ключах, собранный на базе шести MOSFET-транзисторов (по два на каждую из трёх фаз: один верхний и один нижний транзистор на фазу).

MOSFET-ключи включаются и выключаются в нужный момент с помощью широтно-импульсной модуляции (ШИМ), что позволяет управлять не только направлением, но и величиной тока, подаваемого в каждую фазу, а следовательно - регулировать скорость и крутящий момент двигателя.

Время переключения фаз определяется положением ротора. Чем точнее определено это положение, тем эффективнее происходит коммутация и выше энергетическая эффективность двигателя.

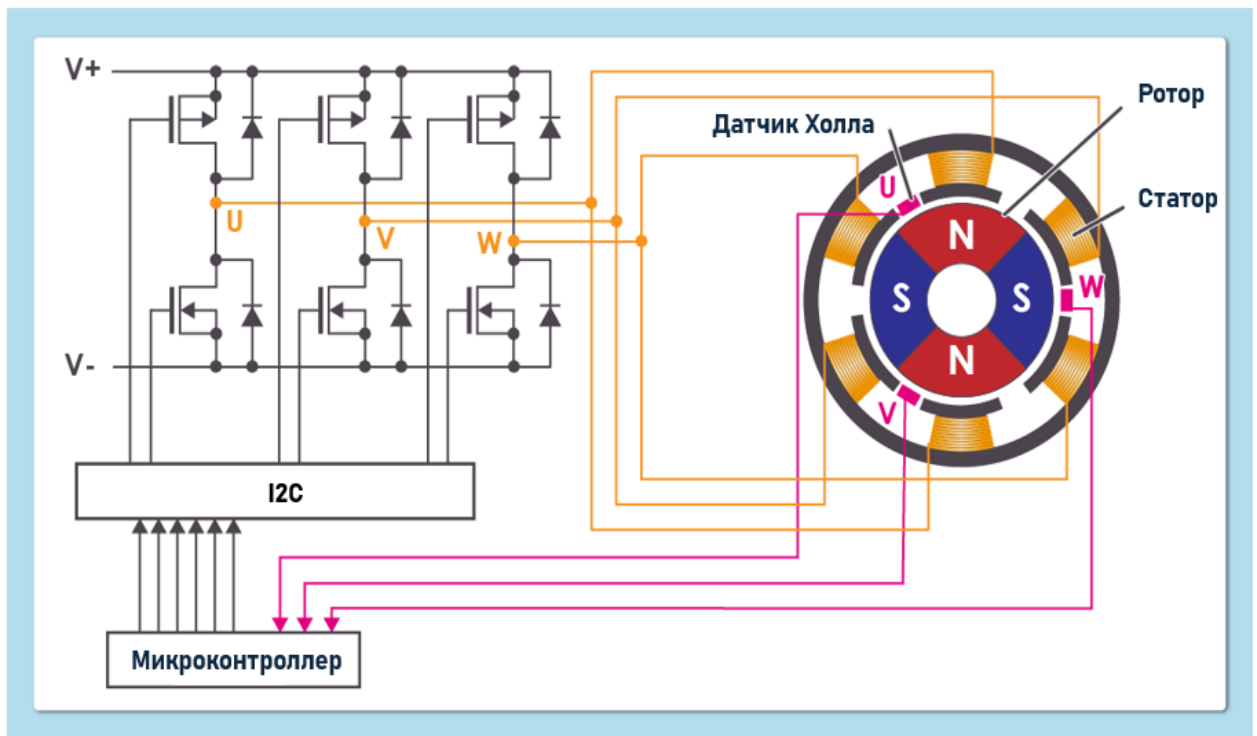


Рисунок 2.7 – Схема инвертора на 6 транзисторах для управления бесколлекторным двигателем

В качестве такого инвертора был выбран готовый контроллер для BLDC двигателя.

Данный контроллер имеет ряд преимуществ:

- Простота подключения
- Большой запас мощности
- Простое управление
- Режим обучения
- Считывает данные с датчиков Холла
- Размещен в алюминиевом корпусе



Рисунок 2.8 – BLDC контроллер

2.4 Система управления робота. Сенсоры. Одометрия.

Система управления была собрана на макетной плате в программе WokwiSimulator. Микроконтроллер ESP32 подключен следующим образом:

Ультразвуковой датчик HC-SR04 получает питание отдельно от источника питания в 5В, а его земля соединяется с GND. Сигнальный пин TRIG подключается к цифровому пину GPIO 5, а пин ECHO к GPIO 18. Это позволяет отправлять ультразвуковой импульс и принимать отражённый сигнал для измерения расстояния.

Энкодер KY-040 подключается к питанию 3.3V и общему GND. Его сигнальные пины CLK и DT подключаются соответственно к GPIO 32 и GPIO 33, что позволяет определять направление и скорость вращения колес.

Модуль MPU6050 (гироскоп и акселерометр) также питается от 3.3V и подключается к GND. Для передачи данных используется интерфейс I2C: линия SDA подключается к пину GPIO 21, а SCL к GPIO 22 на ESP32. Это обеспечивает обмен информацией о движении и наклоне устройства.

Два BLDC контроллера получают питание от внешнего источника 37V, а их земля соединяется с общим GND, используемым и для ESP32. Сигнальный провод первого контроллера подключается к GPIO 13, а второго к GPIO 12. Эти пины управляются с помощью широтно-импульсной модуляции для установки скорости.

Пример подключения изображен на рисунке 2.8:

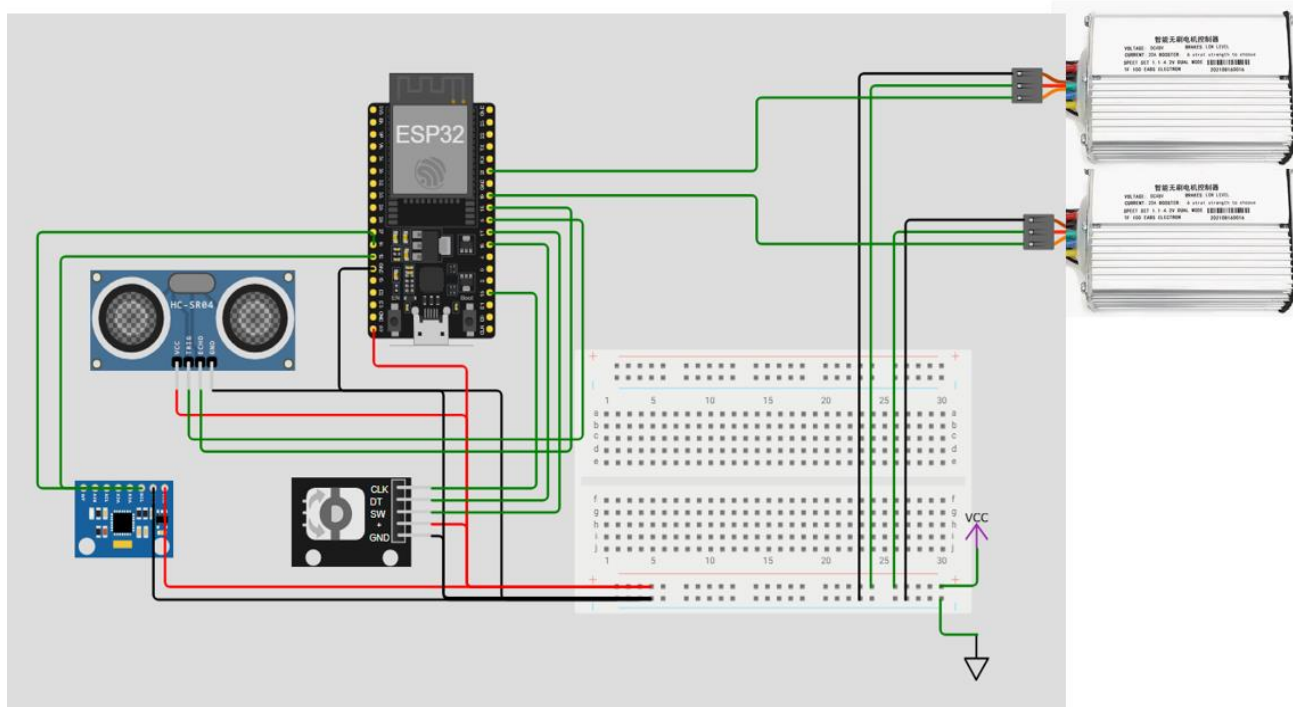


Рисунок 2.8 – Подключение компонентов на макетной плате

2.5 Проектирование эргономичной внешней конфигурации

В работе, где приходится взаимодействовать с людьми, необходимо иметь дружелюбность и открытость, не представлять опасность или угрозу. Учитывая данный факт, я проектировал своего робота на бумаге опираясь на различные концепции «милых» и «дружелюбных» роботов в интернете. Робот имеет габариты 60x35 см.

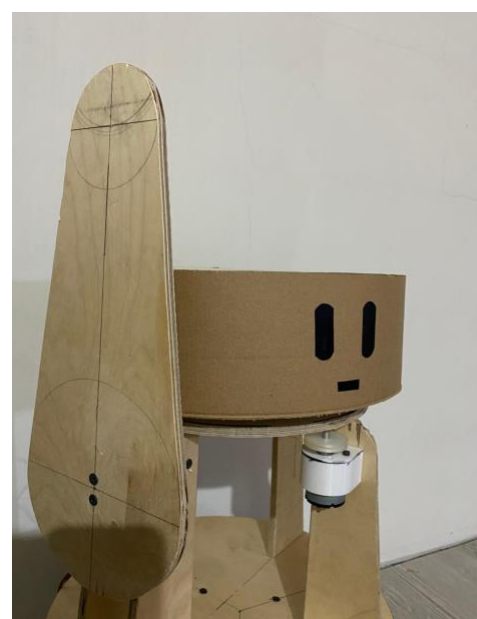


Рисунок 2.9 – Каркас медицинского робота помощника

Робот разделен на три этажа.

– Шасси. Основанием мобильного робота служит шасси, на котором установлены ведущие колеса(приводы). Там же расположена вся силовая электроника.

– Тело. Основной каркас спроектирован таким образом, чтобы было пространство для установки дополнительного оборудования, навесных элементов, электроники и тд.

– Голова. В этой части робота будет располагаться камера для видео мониторинга пациентов, и расположена вся управляющая электроника.

Дополнительно у робота есть «правая рука», оно выполняет функцию штатива, на данную «руку» можно установить захват манипулятора, дополнительную камеру, ящик с медикаментами, кварцевую лампу, проектор и многое другое.

2.6 Затраты на макет

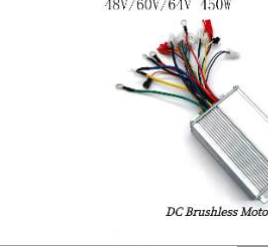
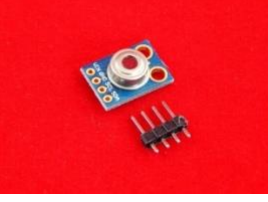
Компоненты для сборки макета робота были приобретены по доступным ценам в городе Алматы. При выборе учитывались такие важные факторы, как широкая доступность на рынке, простота в установке и замене, а также возможность быстрого ремонта при необходимости.

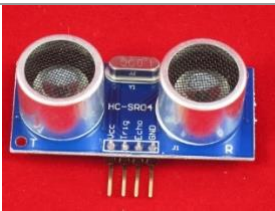
В конструкции использовались следующие элементы:

- BLDC мотор
- Контроллер для BLDC двигателей
- ESP 32
- Камера
- Электрический бесконтактный термометр
- Ультразвуковой датчик расстояние
- Одометр
- Литий ионный аккумулятор

Таблица 1.5 – Смета расходов

Компоненты	Название моделей макета	Цены тенге	Ссылка	Фотография
------------	-------------------------	------------	--------	------------

Микроконтроллер	Esp32	4500	https://ampermarket.kz/arduino/esp32-wifi-bluetooth-usb-type-c/	
Приводы	Мотор-колесо	20000	https://luks.kz/dlya-detey/giroskutery-i-komplektuyushie-motor-koleso-dlya-giroskutera-8-dyujmov-350w.htm	
Источник питания	Аккумулятор	15000	https://kaspi.kz/show/xiaomi-msds-10s2p-36v-4-4ah-103915274/	
Контроллер	Контроллеры	16000	https://aliexpress.ru/item/100500622453696.html?sku_id=1000036355913354&spm=a2g2w.productlist.search_results.1.61e57f9V1xDXP	
Камера	камера	15000	https://kaspi.kz/show/xiaomi-kamera-videonabljudeniya-mi-smart-camera-c200-2-rasshirenije-1920x1080-108430617/?c=75000000	
Датчик температуры	GY 906	5000	https://radiomart.kz/datchiki-temperature/1603-gy-906-mlx90614esf-beskontaktnyj-datchik-temperature/9031803800.html	
Преобразователь	DC-DC понижающий преобразователь	3000	https://radiomart.kz/dc-dc-preobrazovateli/563-dc-dc-ponizhayushij-	

			preobrazovatel-9a-300w-5-40v-8504403008.html	
Парктроник	HC-SR04	2000	https://radiomart.kz/datchiki-rasstoyaniya/88-ultrazvukovoj-modul-izmereniya-rasstoyaniya-hc-sr04-9029100009.html	
Гироскоп	MPU-6050	1100	https://radiomart.kz/datchiki-polozheniya/475-giroskop-gy521-mpu-6050-akselerometr-9031809100.html	
Мотор	мотор-редуктор	4500тг	https://radiomart.kz/postoyannogo-toka-dc/7095-motor-s-reduktorom-jgb37-520-12b-1810-12-obmin-8501310000.html	
Итого				

На основе предоставленной таблицы можно сказать, что инвестиции в компоненты макета робота являются оправданными и умеренными учитывая, что это экспериментальная модель. Конечно, сумма затрат на компоненты могла быть меньше, но в таком случае качество компонентов была бы хуже, что снизила бы качество и долговечность робота.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В вопросах внедрения автоматизированных устройств в сферу охраны здоровья нет места приборам, находящимся в подвешенном состоянии. Перегрузка комплексными модулями чревата нанесением вреда здоровью пациенту. Чем более точная и жесткая система, тем лучше, так как у медицинских роботов, как и медицинского персонала, нет права на промах, потому функционал робота, спроектированного в ходе выполнения данной дипломной работы, ограничен и точен.

Спроектирована система электропитания, нагрузка включила в себя микроконтроллер, камеру, одометр, термометр, датчики, требующие минимум 16 Вт мощности, и два бесколлекторных мотора, на которые суммарно необходимо предусмотреть выше 560 Вт, поэтому был выбран источник питания мощностью в 840 Вт и 40 В, необходимых для питания двигателей, а для прочих компонентов это значение понижается регулятором. Источник питания построен на базе десятка аккумуляторов типа 18650 в последовательном соединении.

Далее разработана схема управления двигателем, что необходимо для корректности считывания данных, задаваемых роботу извне для движения по определенной траектории.

В основе алгоритма управления лежит микроконтроллерный модуль ESP32, задачами которого являются управление двигательной системой, обработка данных от датчиков, обеспечение беспроводной связи, а также выполнение алгоритмов принятия решений.

ГЛОССАРИЙ

Энкодер — датчик, преобразующий механическое движение (обычно вращение вала) в электрический сигнал, позволяющий определить положение, направление и скорость вращения.

Бесколлекторный двигатель — электрический двигатель постоянного тока без коллектора и щёток. Отличается высокой надёжностью, КПД и долговечностью, широко применяется в робототехнике и авиации.

COVID-19 — острое респираторное вирусное заболевание, вызванное коронавирусом SARS-CoV-2. Пандемия COVID-19 ускорила развитие технологий дистанционного мониторинга здоровья, включая применение медицинских роботов.

Wi-Fi — технология беспроводной передачи данных, основанная на стандартах IEEE 802.11. Используется для подключения устройств к локальной сети и Интернету.

Bluetooth — беспроводная технология передачи данных на короткие расстояния, основанная на радиосвязи в диапазоне 2,4 ГГц. Применяется для соединения устройств в персональных сетях.

LiDAR (Light Detection and Ranging) — технология дистанционного зондирования, использующая лазерное излучение для измерения расстояния до объектов и построения трёхмерных карт окружающей среды.

5G — пятое поколение мобильной связи, обеспечивающее высокую скорость передачи данных, минимальные задержки и широкие возможности подключения для Интернета вещей и робототехники.

BLDC (Brushless DC motor) — бесколлекторный двигатель постоянного тока. Имеет высокую эффективность и надёжность, применяется в мобильных роботах и беспилотных системах.

MOSFET (Metal–Oxide–Semiconductor Field-Effect Transistor) — полевой транзистор с изолированным затвором, используемый в схемах управления мощностью и переключения.

ESP32 — многофункциональный микроконтроллер с поддержкой Wi-Fi и Bluetooth, применяемый в встраиваемых системах и IoT-устройствах. Обладает высокой производительностью и большим набором периферии.

КПД (Коэффициент полезного действия) — отношение полезной энергии, получаемой на выходе устройства, к затраченной энергии на его входе. Выражается в процентах.

HC-SR04 — ультразвуковой дальномер, предназначенный для измерения расстояния до объекта с помощью ультразвуковых волн.

DC/DC-преобразователь — электронное устройство, преобразующее постоянное напряжение одного уровня в напряжение другого уровня, сохраняя форму тока.

DC (Direct Current) — постоянный ток, при котором электрический заряд течёт в одном направлении. Применяется в большинстве электронных устройств

и систем питания, включая аккумуляторы, двигатели постоянного тока и различные модули управления.

ШИМ (Широтно-импульсная модуляция, PWM) — метод управления мощностью, основанный на изменении длительности импульсов в периоде. Применяется для регулировки яркости, скорости вращения двигателей и др.

GPIO (General Purpose Input/Output) — универсальные цифровые входы/выходы микроконтроллера, используемые для подключения внешних устройств и сенсоров.

SCL (Serial Clock Line) — сигнальная линия тактирования в интерфейсе I²C, синхронизирующая передачу данных между устройствами.

MPU6050 — интегральный модуль, сочетающий трёхосевой гироскоп и акселерометр, используемый для измерения ориентации и ускорения объекта.

Wokwi — онлайн-симулятор микроконтроллеров и схем Arduino, позволяющий моделировать поведение электронных устройств без физической сборки.

GND (Ground) — обозначение общего провода (земли) в электрической цепи. Используется как нулевой потенциал для всех компонентов системы.

KY-040 — модуль вращающегося энкодера с цифровым выводом, применяемый для считывания положения и направления вращения.

ECHO — сигнальный пин модуля HC-SR04, который получает отражённый ультразвуковой импульс для расчёта расстояния.

CLK (Clock) — сигнальный пин, передающий тактовые импульсы, синхронизирующие передачу данных в цифровых интерфейсах.

DT (Data) — сигнальный пин передачи данных, используемый в энкодерах и других цифровых модулях.

BMS (Battery Management System) — система управления аккумуляторной батареей, предназначенная для мониторинга, защиты и оптимизации работы аккумуляторов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Explainability for artificial intelligence in healthcare: a multidisciplinary perspective
<https://bmcmmedinformdecismak.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12911-020-01332-6>
- [2] Global strategy on human resources for health: Workforce 2030
<https://www.who.int/publications/i/item/9789241511131>
- [3] Цюй Куйдун. Система управления мобильным медицинским роботом // Молодой ученый. – 2020. – № 16. – С. 112–115.
<https://moluch.ru/archive/316/72114/>
- [4] Панкратов С.Г., Знаменская Т.Ю. Мобильные технологии в здравоохранении (mHealth): концепция и перспективы. Часть I, 2014 - 14 с.
<https://cyberleninka.ru/article/n/mobilnye-tehnologii-v-zdravooohranenii-mhealth-kontseptsiya-i-perspektivy-chast-ii/viewer>
- [5] Роботы в современной медицине, 2023
<https://sbermed.ai/roboty-v-medicine>
- [6] Вольдек А.И., Попов В.В. Электрические машины. Введение в электромеханику. Машины постоянного тока и трансформаторы / Учебник для вузов. — СПб: Питер, 2008. — 320 с.: ил.
<https://www.twirpx.com/file/152201/>
- [7] Стальная М.И., Ерёмочкин С.Ю. Элементы систем аналоговой и дискретной автоматики / Учебное пособие. — Барнаул: Межрегиональный центр электронных образовательных ресурсов, 2021. — 108 с.
<https://www.twirpx.com/file/3863924/>
- [8] Шахов А. Н. *Мобильные роботы: проектирование и программирование*. — М.: ДМК Пресс, 2020. — 328 с.
- [9] Siciliano B., Khatib O. *Springer Handbook of Robotics*. — Springer, 2016. — 2228 p. DOI: 10.1007/978-3-319-32552-1
- [10] Nilsson N.J. *Artificial Intelligence: A New Synthesis*. — Morgan Kaufmann, 1998.
- [11] Sabatini A.M., Genovese V. *Autonomous Robots and Smart Sensors for Healthcare Applications*. — MDPI, 2022. ISBN: 9783036544521
- [12] Гайнутдинов Р. М. *Программирование микроконтроллеров ESP32 для IoT-проектов*. — СПб: БХВ-Петербург, 2021.
- [13] Чжан Цзянь. *Сенсорные системы в робототехнике*. — М.: Техносфера, 2019. — 280 с.
- [14] ISO 13482:2014 – Robots and robotic devices – Safety requirements for personal care robots.

РЕЦЕНЗИЯ

на дипломный проект студента образовательной программы
6B07113 – Робототехника и мехатроника
Юлдашова Сардора Бердибековича

Тема работы: «Разработка персонального мобильного робота помощника»

Объём выполненной работы:

- а) графическая часть — ____ листов
- б) пояснительная записка — ____ страниц

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Дипломный проект посвящён разработке мобильного роботизированного устройства, ориентированного на применение в медицинской сфере для мониторинга состояния пациентов и дистанционного взаимодействия с персоналом. Работа отличается высокой практической направленностью и демонстрирует владение студентом основами проектирования, программирования и системной интеграции.

Актуальность темы обоснована современными тенденциями в цифровизации здравоохранения и необходимостью снижения нагрузки на медицинский персонал. Теоретическая часть содержит обзор применения мобильных роботов в клинической практике, классификацию платформ и анализ преимуществ роботизации в условиях пандемии и удалённого обслуживания.

Практическая часть включает обоснованный выбор аппаратных компонентов, разработку схем управления, системы питания и сенсорики, а также реализацию базового алгоритма навигации. Работа выполнена с использованием современных решений, таких как микроконтроллер ESP32, ультразвуковые сенсоры, BLDC-моторы, что свидетельствует о самостоятельности автора и умении применять инженерные подходы в разработке сложных систем.

ОТМЕЧАЕМЫЕ ОСОБЕННОСТИ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Вместе с тем, в работе не представлен экспериментальный прототип или натурная верификация модели; краткое сравнение с аналогами выполнено, но могло бы быть дополнено техническими характеристиками; динамический анализ конструкции изложен поверхностно; не затронуты вопросы адаптации изделия к условиям серийного производства и оценки стоимости, а также требуется лёгкая стилистическая доработка текста.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В целом, дипломный проект соответствует требованиям к выпускным квалификационным работам бакалавра, демонстрирует хорошую подготовку автора, его профессиональную ориентированность и способность решать прикладные задачи в области робототехники. Работа заслуживает оценки «отлично» (А) с рекомендацией к защите.

Рецензент



« 07 » 06 2025 ж

Старший преподаватель кафедры
информационных технологий и
библиотечного дела Казахского
национального женского педагогического
университета, PhD Алимбаева Ж. Н.

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на дипломную работу студента образовательной программы
6B07113 – Робототехника и мехатроника

Юлдашова Сардора Бердибековича

на тему: «Разработка персонального мобильного робота помощника»

Дипломная работа посвящена разработке и реализации мобильного робота, предназначенного для медицинского применения — мониторинга жизненно важных показателей пациента и обеспечения удалённого взаимодействия с медицинским персоналом. Актуальность выбранной темы подтверждается мировыми тенденциями внедрения автоматизированных решений в здравоохранение, необходимостью снижения нагрузки на персонал в условиях пандемий и демографических изменений.

В теоретической части грамотно раскрыл текущее состояние проблематики, представил обзор применяемых мобильных роботов в медицине, классификацию существующих решений, а также осветил вопросы автономности и развития телемедицинских технологий.

Практическая часть работы отличается продуманной архитектурой разработанного устройства: выбран микроконтроллер ESP32, реализована интеграция сенсоров (HC-SR04, GY-906, MPU6050), собран источник питания на аккумуляторах 18650, применены бесколлекторные моторы с соответствующей системой управления. Студент продемонстрировал навыки системного проектирования, проведения технических расчётов, а также применения современных методов разработки робототехнических систем.

К числу значительных достоинств работы относятся высокая практическая значимость проекта, обоснованный выбор технических компонентов, качественное выполнение схмотехнической части и продуманная конструкция корпуса с учётом эргономики. Существенным плюсом является реализация функции мониторинга в реальном времени, что придаёт проекту прикладной характер.

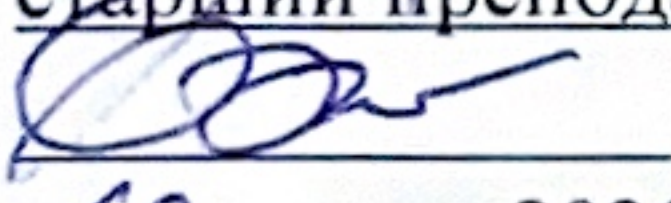
Тем не менее, в работе недостаточно полно рассмотрены вопросы кибербезопасности, в частности — защита передаваемых медицинских данных. Кроме того, отсутствует сравнительный анализ с существующими аналогами, что позволило бы более аргументированно оценить эффективность предложенного решения.

Вывод: дипломная работа соответствует требованиям, предъявляемым к выпускным квалификационным работам бакалавра. Юлдашов Сардор продемонстрировал высокий уровень подготовки, самостоятельность и профессиональный подход к решению поставленных задач. Работа может быть рекомендована к защите с оценкой «отлично» и имеет потенциал для практического применения в учреждениях здравоохранения.

Научный руководитель:

магистр технических наук,

старший преподаватель кафедры РТиТСА

 Бигалиева Ж.С.

«10» июнь 2025 г.



Отчет подобия

Метаданные

Название организации

Satbayev University

Название

Разработка персонального робота помощника

Автор

Научный руководитель / Эксперт

Юлдашов Сардор БердибековичЖанар Бигалиева

Подразделение

ИАиИТ

Объем найденных подобиий

КП-ия определяют, какой процент текста по отношению к общему объему текста был найден в различных источниках.. Обратите внимание!Высокие значения коэффициентов не означают плагиат. Отчет должен быть проанализирован экспертом.



КП1

25

Длина фразы для коэффициента подобия 2



КП2

4018

Количество слов



КЦ

33572

Количество символов

Тревога

В этом разделе вы найдете информацию, касающуюся текстовых искажений. Эти искажения в тексте могут говорить о ВОЗМОЖНЫХ манипуляциях в тексте. Искажения в тексте могут носить преднамеренный характер, но чаще, характер технических ошибок при конвертации документа и его сохранении, поэтому мы рекомендуем вам подходить к анализу этого модуля со всей долей ответственности. В случае возникновения вопросов, просим обращаться в нашу службу поддержки.

Замена букв		0
Интервалы		0
Микропробелы		0
Белые знаки		0
Парафразы (SmartMarks)		5

Подобия по списку источников

Ниже представлен список источников. В этом списке представлены источники из различных баз данных. Цвет текста означает в каком источнике он был найден. Эти источники и значения Коэффициента Подобия не отражают прямого плагиата. Необходимо открыть каждый источник и проанализировать содержание и правильность оформления источника.

10 самых длинных фраз

Цвет текста

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ И АДРЕС ИСТОЧНИКА URL (НАЗВАНИЕ БАЗЫ)	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	https://official.satbayev.university/download/document/42423/%D0%97%D0%B0%D1%83%D1%80%D0%B1%D0%B5%D0%BA%20%D0%96%D0%B0%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%BA%D0%B5%20%D0%9C%D1%83%D1%85%D1%82%D0%B0%D1%80%D0%BA%D1%8B%D0%B7%D1%8B%20%D0%94%D0%A0.pdf	33 0.82 %

2	https://official.satbayev.university/download/document/42423/%D0%97%D0%B0%D1%83%D1%80%D0%B1%D0%B5%D0%BA%20%D0%96%D0%B0%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%BA%D0%B5%20%D0%9C%D1%83%D1%85%D1%82%D0%B0%D1%80%D0%BA%D1%8B%D0%B7%D1%8B%20%D0%94%D0%A0.pdf	14 0.35 %
3	https://yablochniiguru.ru/blog/kak-ustroen-i-kak-rabotaet-dvigatel-postoyannogo-toka-principy-raboty-i-mexanizmy-vrashheniya/	7 0.17 %
4	https://yablochniiguru.ru/blog/kak-ustroen-i-kak-rabotaet-dvigatel-postoyannogo-toka-principy-raboty-i-mexanizmy-vrashheniya/	6 0.15 %
из базы данных RefBooks (0.00 %)		
ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
из домашней базы данных (0.00 %)		
ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
из программы обмена базами данных (0.00 %)		
ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
из интернета (1.49 %)		
ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	ИСТОЧНИК URL	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	https://official.satbayev.university/download/document/42423/%D0%97%D0%B0%D1%83%D1%80%D0%B1%D0%B5%D0%BA%20%D0%96%D0%B0%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%BA%D0%B5%20%D0%9C%D1%83%D1%85%D1%82%D0%B0%D1%80%D0%BA%D1%8B%D0%B7%D1%8B%20%D0%94%D0%A0.pdf	47 (2) 1.17 %
2	https://yablochniiguru.ru/blog/kak-ustroen-i-kak-rabotaet-dvigatel-postoyannogo-toka-principy-raboty-i-mexanizmy-vrashheniya/	13 (2) 0.32 %

Список принятых фрагментов (нет принятых фрагментов)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	СОДЕРЖАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	------------	---