

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

Заурбек Жанерке Мухтарқызы

Разработка робота для проверки загрязненности внутри труб

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту

6B07113 – Робототехника и мехатроника

Алматы 2024

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 автоматки

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой РТиТСА
кандидат технических наук,
профессор

Ожикенов К. А.

«30» май 2024 г.



ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту

На тему: «Разработка робота для проверки загрязненности внутри труб»

6B07113 – Робототехника и мехатроника

Выполнил

Заурбек Ж.М.

Рецензент

Научный руководитель

К. ф.-м. н., ассоциированный профессор

Магистр технических наук,

Тюлепбердинова Г.А.

старший преподаватель

Бигалиева Ж.С.

«30» май 2024 г.

«30» май 2024 г.

Алматы 2024

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 автоматике

6B07113 – Робототехника и мехатроника



ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студенту Заурбек Жанерке Мухтаркызы

Тема: «Разработка робота для проверки загрязненности внутри труб»

Утверждена приказом ректора 2023 № 548-ПР от «4» мая 2023 г.

Срок сдачи законченной работы

«3» июня 2024 г.

Исходные данные к дипломному проекту:

Теоретическая часть по методам исследования в трубопроводах

Теоретическая часть по типам передвижения роботов

Теоретическая часть по видам загрязнения в трубопроводах

Теоретическая часть по роботам для инспекций в трубопроводах

Теоретическая часть по размерным видам трубопроводов

Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте вопросов:

- а) Исследования актуальности загрязнения в трубопроводах и причины их возникновения
- б) Изучение существующих аналоговых автономных роботов и методы их передвижения

- в) Изучение компонентов для передвижения робота под землей и выявление их особенности
- г) Разработка электронной схемы подключения и программирование кода для прототипа робота
- д) Моделирование 3д макета модернизированного робота с улучшенными компонентами
- Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): представлены слайдов презентации работы
- Таблицы: 4
- Рисунки: 28

Рекомендуемая основная литература: из 17 наименований 17

ГРАФИК

подготовки дипломной работы (проекта)

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечания
Теоретическая часть	10.03 – 1.04.2024 г.	выполнено
Практическая часть	20.03-30.04.2024 г.	выполнено
Специальная часть	01.05-10.05.2024 г.	выполнено

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
Норм контролер	Игимбай Ерболат Айдынулы, Магистр технических наук, старший преподаватель	30.05.24г.	

Научный руководитель: Бигалиева Ж.С.

Задание принял к исполнению обучающийся: Заурбек Ж.М.

Дата

«30» мая 2024 г.

АНДАТПА

Дипломдық жұмыс құбырлардағы ластануды диагностикалауға арналған роботтарды әзірлеуге, құбырлардың күйін тиімді және қауіпсіз бақылауға арналған инновациялық шешімге арналған. Әзірленген робот құбырлардағы ластану мәселесін уақтылы анықтауға және жоюға мүмкіндік береді.

Бірінші бөлімде теориялық бөлім сипатталған, онда осы мәселенің өзектілігі талданады, сонымен қатар роботтың мақсатын, оның өлшемдері мен қозғалыс түрін анықтай отырып, қозғалыс түрлеріне бөлінген әр түрлі аналогтар қарастырылады.

Практикалық бөлім макет үшін қажетті компоненттерді таңдауды, содан кейін электрондық схеманы құруды және осы компоненттерге шығындарды қамтиды, соңында 3D моделі түрінде жақсартылған нұсқасы ұсынады. Нәтижесінде жақсартылған нұсқалардың сенімділігі мен экономикалық есебі есептелді және қорытындыларда дайын робот макетінің фотосуреттері ұсынылды.

Дипломдық жұмыстың негізгі идеясы-диаметрі 150 мм құбырларға арналған мобильді роботты құру, өйткені құбырлардың осы диаметріне сәйкес келетін аналогтық Роботтар жоқ. Мұндай құбырлар мұнай, газ және басқа да әртүрлі сұйықтықтарды тасымалдау үшін қолданылады, бұл оны уақтылы диагностикалау мен ағып кетуді жоюдың маңыздылығын дәлелдейді. Менің ойымша, мұндай шешім бұл мәселені шешуді жеңілдетеді.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа посвящена разработке роботов для диагностики загрязнения в трубопроводах, инновационного решения для эффективного и безопасного мониторинга состояния труб. Разработанный робот позволяет эффективно подойти к актуальной проблеме загрязнения в трубопроводах, их своевременного обнаружения и ликвидации.

В первом разделе описывается теоретическая часть, где анализируется актуальность данной проблемы, так же рассматриваются разные существующие аналоги распределенные на типы передвижения, в конце определяясь с целью робота, его габаритами и типом передвижения.

Практическая часть включает в себя подбор нужных компонентов для макета, далее построения электронной схемы, и затраты на эти компоненты, в конце предоставлена более улучшенная версия в виде 3D модели. В результате чего был вычислен расчет надежности и экономический расчет улучшенной версий, и в заключениях предоставлены фотографий готового макета робота.

Основная идея дипломной работы заключается в создании мобильного робота для трубопроводов с диаметром 150 мм, так как нет аналоговых роботов подходящих под этот диаметр труб. Подобные трубы используются для транспортировки нефти, газа и других разных жидкостей, что доказывает важность его своевременной диагностики и устранения утечки. Я считаю, что подобное решение упростит и облегчит решения данной проблемы.

ABSTRACT

The thesis is devoted to the development of robots for the diagnosis of pollution in pipelines, an innovative solution for effective and safe monitoring of the condition of pipes. The developed robot makes it possible to effectively approach the urgent problem of pollution in pipelines, their timely detection and elimination.

The first section describes the theoretical part, which analyzes the relevance of this problem, as well as considers various existing analogues distributed into types of movement, finally determining the purpose of the robot, its dimensions and type of movement.

The practical part includes the selection of the necessary components for the layout, then the construction of an electronic circuit, and the costs of these components, at the end a more improved version in the form of a 3D model is provided. As a result, the reliability calculation and economic calculation of the improved versions were calculated, and photographs of the finished robot layout were provided in the conclusions.

The main idea of the thesis is to create a mobile robot for pipelines with a diameter of 150 mm, since there are no analog robots suitable for this pipe diameter. Such pipes are used to transport oil, gas and other various liquids, which proves the importance of its timely diagnosis and elimination of leakage. I believe that such a solution will simplify and facilitate solutions to this problem.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	8
1 Теоретическая часть	9
1.1 Актуальности загрязнения трубопроводов	9
1.2 Анализ существующих роботов для контроля загрязнения труб	11
2 Практический раздел	18
2.1 Характеристические особенности робота	18
2.2 Составная часть макетного робота	19
2.3 Затраты на макет	23
2.4 Электронная схема подключения и программный код	23
2.5 3D модель робота и улучшенные компоненты	26
3. Расчеты	32
3.1 Расчет надежности	32
3.2 Экономический расчет дипломного проекта с улучшенными компонентами	34
4 Готовый макет робота	36
Заключение	38
Список терминов и сокращений	39
Список использованной литературы	40
Приложение А	42
Приложение Б	44

ВВЕДЕНИЕ

В наше время вопрос обеспечения безопасности и эффективности транспортировки промышленного сырья становится затруднительной. Первостепенной задачей является контроль состояния трубопроводов, который применяется в разных отраслях промышленности — от нефтегазовой до химической и коммунальной сфер. Загрязнение в трубопроводах могут привести к снижению их эффективности эксплуатации, ухудшению качества транспортируемых материалов, а так же в запущенной случаи приводит к аварийным ситуациям, которая вредит экологию и человеческому здоровью.

На данный момент уже существующие методы контроля загрязненности трубопроводов, но являются сложными в реализациях и требуют высокие затраты, вдобавок не всегда могут оказать оперативный осмотр и точность измерений. В связи с этим, разработка автоматизированных роботов, который способен эффективно анализировать внутренней поверхностей трубопровода, и распознавать все возможные повреждения, загрязнения и утечки, становится важной задачей.

Цель данной работы направлена на разработку робота для проверки загрязнённости внутри труб. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

1. Обзор литературы. В данной главе будет исследованы различные факторы, которые приводят к загрязнению труб, к примеру было взято загрязнение водопровода. Так же были рассмотрены уже существующих методов по исследованию внутренней поверхности труб.

2. Проектирование и конструирование робота. На этом этапе было спроектировано электронная схема робота, выбор необходимых изделия, а также разработка 3D модели, а также программный код робота.

3. Разработка программного обеспечения для робота, тестирование и оценка его эффективности. Этот этап включает в себя создание программ, управляющих роботом и обрабатывающих полученные данные, а также тестирование работы робота на моделях труб и оценку его эффективности.

В результате этой работы робота можно использовать в различных сферах, где очень важен контроль загрязнения в трубопроводах. Подобный робот сможет уменьшить загрязнение и повысить безопасность промышленных объектов и снизить риски для окружающей среды, что актуально в условиях повышения требований к экологической безопасности и устойчивости производственных процессов.

1 Теоретическая часть

1.1 Актуальность загрязнения трубопроводов

В современном мире трубопроводы играют важную роль в снабжениях нефти, газов, бензина, а так же сточной воды [1]. Хотя и трубопроводы являются одним из самых безопасных способом транспортирования жидкостей, однако во время эксплуатации они изнашиваются и получают повреждения. В следствии чего авариями ситуаций не миновать. Такие происшествия на трубопроводах опасно химическими взрывоопасными выбросами, а так же утечкой нейтральных веществ, таких как жидких, газообразных или многофазных, которые в свою очередь несут ущерб окружающей среде. [2]

Говоря об актуальности, хотелось бы отметить об коррозии на стенках труб. Коррозия во внутренних трубах – это большая проблема которая ускоряет процесс изнашивания труб, и приводит в негодность. Она ухудшает прочность металла, что приводит к разрывам и поломкам, в следствии чего может привести к авариям и утечке содержимого. Утечка химический опасных веществ вредит окружающей среде и пагубно влияет на здоровье человека. Так же коррозия вызывает ржавчину, и на них могут задерживаться различные бактерий, таким образом загрязняя продукт. [3]

Процесс появления коррозии завит от разных причин. Во-первых, из-за химической реакций, когда метал взаимодействует с различными агрессивными веществами, к примеру щелочь, кислоты, соли и т.п. приводит к коррозии. [3] Подобная реакция существует в медных трубах, что приводит к повышенному содержанию меди в питьевой воде, и пагубно влияет на здоровье человека [4]. Во вторых, механические воздействия, такие как царапины, трещины и другие повреждение трубах могут спровоцировать коррозию. В третьих, налет на стенках труб тоже может приводить к коррозии. К образованию налета приводит низкая скорость потока в трубах. В четвертых, высокая температура может увеличить темп коррозии металла в трубопроводах. В пятых, наличия кислорода может пробудить возникновению коррозию металла в трубах. В шестых, агрессивные газы, подобные сероводороду, могут являться причиной. [3]

Так же коррозия может возникнуть из-за микробиологических процессов, а точнее из-за биообрастания внутренней поверхности труб. Размножение этих нарастаний приводит к снижению пропускной способности труб, следствие чего изменяется гидравлически режим работы. [5]

Образование охристых отложений на внутренних поверхностях труб также оказывает негативное воздействие на качество воды, что обусловлено срывом отложений при резких изменениях давления в системе. Кроме того, охристые отложения препятствуют адекватной аэрации трубопровода, что способствует протеканию коррозионных процессов. [5]

От возникновения коррозий никто не застрахован, она чаще всего возникает в старых трубах, но и на новых тоже . Конечно можно было бы не

использовать медные трубы и перейти на пластиковые. К примеру могут послужить трубы из перекрестно сшитого полиэтилена сокращенно “РЕХ”. Эти трубы легко гнутся, что упрощает их в использовании и в установке, так же они термоустойчивы, что выделяет их от остальных пластиковых труб, и конечно стоимость, они более доступные нежели трубы из меди. Самый большой превышающий фактор, который влияет на выбор - это их долговечность, они намного устойчивее к коррозиям и меньше подвержены к накипи. [6] [7] Основываясь на этот критерий жители США все больше переходят на использование этих труб. Особенно приверженцы эко домов, все больше склоняются к этому выбору, из-за их энерго эффективности. Так же эти трубы все больше используются в системах водоснабжения городов и населенных пунктах, где важен, преимущественно, где важно бюджетное строительство и простота в использованиях, чем уступает медные трубы. [6]

Тем не менее, Доктор Эндрю Уэлтон и его исследовательская группа провели исследование, где было обнаружено опасность использование этих труб. Трубы РЕХ могут выделять более 150 загрязняющих веществ в воду трубопровода. Они обоснуют это тем что химический состав у всех производителей РЕХ-труб марок разный, и нет никаких учреждений которые бы это контролировали. [6]

Причинами выделений этих веществ может быть разным. Прежде всего, хотелось бы отметить, что подобные трубы изготавливаются из полиэтилена, который в свою очередь получают из нефтехимических продуктов. В процессе производства РЕХ труб в состав материала могут входить различные добавки, которые способствуют его свойствам, таким как гибкость и устойчивость к коррозии. [7] Благодаря проведенным исследованиям было выяснено, что некоторые из этих химических добавок могут вымываться, особенно при новой установке, и при использованиях в условиях, способствующих химической реакции, к примеру, высокая температура воды. [6]

Делая вывод, можно отметить что загрязнения в трубопроводах не избежать, из какого она материала она не была изготовлена, за ним всегда нужно наблюдать, делать плановые проверки, и вовремя заменять. Что делает более актуальным вопрос создания автономного робота который сможет облегчить эту задачу, и обезопасит экологию и здоровья людей от вредных веществ.

1.2 Анализ существующих роботов для контроля загрязнения труб

На данный момент существует различные виды роботов для осмотра трубопроводов. Их можно классифицировать в два основных типа: роботы для внешнего осмотра – OPIR, и роботы для внутреннего осмотра – IPIR. В данной дипломной работе я буду рассматривать роботов для внутреннего осмотра. Подобные роботы в основном оснащены видеокамерой, что позволяет наблюдению в реальном времени. Подобных роботов можно оснащать разнообразными датчиками, что увеличивает их эффективность в работе. Таким образом IPIR роботы облегчают диагностическую работу, и предотвращает все возможные повреждения и утечки, которые в дальнейшем, если их не устранять, могут привести к авариям. Но для подобных роботов играет важную роль их манёвренность, то есть их способы перемещение в трубах. Ведь строение труб может быть очень разным, и трудно проходным как для людей, так и для роботов. [8]

Начнем с классического варианта – роботы с колёсным приводом. Это самый изученный робот из всех видов. В основном они делятся на два типа: роботы с простой конструкцией и для прессования стен. Простые роботы могут передвигаться только горизонтально. К примеру, 6-колесный робот от Gunatilake. Они предназначены для инспектирования сточных вод простой конструкций. Этот робот оснащен стереокамерой с инфракрасным лазером, и уже успешно протестирован в Австралии и в Сиднее. [8] Этот робот с легкостью передвигается в трубах 500 мм, есть вариантность передвижение в малых трубах, но не рекомендуется так как манёвренность робота будет снижен, и он может застрять.



Рисунок 1.1 – Простой 6-колесный робот для горизонтального продвижения.

Второй тип это – настенный пресс, его колесные модули расположены под углом и соприкасаются с внутренней поверхностью трубопроводов. Количество колес у него варьируется от двух до шести. К примеру, может послужить роботы от Kwon. Этот робот оснащен колесными приводами и двумя колесными модулями, которые расположены друг от друга на расстоянии 180 градусов. Они предназначены для рулевого управления, а плоские колеса обеспечивает ему еще большую маневренность. [8] Робот как на рисунке 1.2 может продвигаться в трубах с диаметром 500 мм и выше, смотря как его спроектируют.

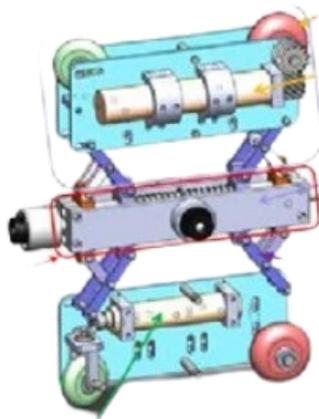


Рисунок 1.2 – Робот с колесными модулями на расстояниях под углом 180 градусов.

Второй вид роботов это – роботы на гусеничном ходу. Этих роботов используют для повышения сцепления и устойчивости, из-за особенного строения робота они могут поддерживать большой вес и переносить на себе тяжёлое оборудование. Но у них так же имеются свои недостатки, из-за лишнего веса они имеют низкую скорость и мобильность. Гусеничные роботы так же делятся на два типа: простой конструкцией и настенного типа. [8]

Существует прототип робота, оснащенный с тремя гусеницами и электрическими клюшками, с хорошей регулировкой скорости и радиусом действия. Подобный робот предназначен для осмотра на большом расстоянии. Он может находиться в трубах с диаметром от 950 до 1200 мм. В этом роботе встроенные датчики давления, они нужны для оценки тягового усилия, так же имеется датчики энкодера которые нужны для определения скорости робота. [8]

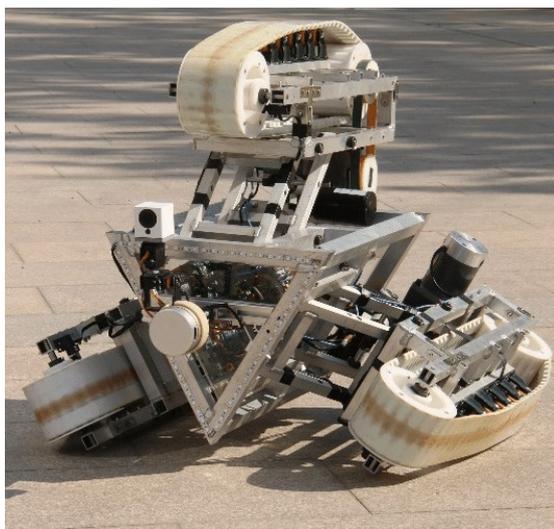


Рисунок 1.3 – Прототип робота с тремя гусеницами и электрическими ключками.

Так же имеются схожий проект робота для исследования труб, а конкретно для канализационных труб диаметром 300 мм. Этот робот основан на концепции гусеницы, у которого три конечности и может прижиматься к сетке труб, таким образом он может передвигаться горизонтально и вертикально. Он оснащен ультразвуковыми датчиками, мощными редукторами и микропроцессорной платой. А также три отдельных приводных модуля предназначены изменять скорость, если этого требует трубопроводы. [8]



Рисунок 1.4 – Концептуальный проект IPR-D300.

Третий вид – червеобразные роботы. Подобный робот был вдохновлён дождевыми червями, а точнее их движением. И движение этого робота практически имитирует подобного червя. Но у них так же имеется существенный минус – это их скорость. [8]

Прототип созданный от Hayashi и соавторов был предназначен для осмотра труб, он хорошо имитирует движение гусеницы. В нем используются гибкие гидравлические приводы, кольцевая трубка, которая нужна для увеличения удерживающего механизма, она установлена в кольцевых узлах. Так же был установлен удерживающий механизм, который напоминает автомобильные шины, они нужны для того, чтобы уменьшить удерживать объём при расширениях, чтобы он мог возвращаться в исходное положение. Эти роботы были созданы для труб диаметром 75 и 50 мм. Так же для управления в шести направлениях были использованы три блока EFPA. Утечки электричества и короткие замыкания не являются преградой для этого робота, что выделяет среди других роботов. А также она может легко перемещаться и не застревать в труднодоступных местах. [8]



Рисунок 1.5 – Скользящий механизм с использованием трех EFPA.

Четвертый вид робота носит интересное название PIG. Полное название Pipe Inspection Gauge. Подобные роботы популярны в нефтяной и газовой промышленности. Движение подобных роботов контролируется с помощью скорости потока жидкости. Концепция работы этого робота состоит из того, что его запускают в начало трубопровода и ждут в конце пути. Поэтому этих роботов делают беспроводными и устанавливают различные датчики, чтобы она записывала все возможные дефекты и т. п. И данные можно будет получить после заплыва. Навигация этих роботов затруднена, поэтому их не используют в запутанных картографиях трубопроводов. [8]

Проектирование робота типа PIG созданный Nguyen, был разработан для трубопроводов с изгибом 90 градусов. Создания динамической модели для подобного робота была использована уравнения Лагранжа. Подобные роботы еще не были воплощены в реальность, а пока что только в ходе компьютерного моделирование. [8]

Так же существует еще одна команда во главе с Mishra разрабатывающая инспекционный робота PIG. Этот робот является автономным и может передвигаться по сложным местностям. Подомный робот оснащен мощным источником питания, чтобы питать все возможные датчики установленный на нем. Но так же является свои трудности в разработке, это контроль скорости, потому что есть риски повреждения робота. Для этого применялось кинематическая модель, чтобы стабилизировать положение в трубе. [8]



Рисунок 1.6 – Робот для проверки труб (PIG).

Так же существует еще один вид робот который передвигается с помощью ног. Эти роботы выгодны тем что имеют высокую степень свободы, благодаря чему могут перемещаться свободно и обходить с легкостью все препятствия. Из-за чего их часто используют в канализационных трубопроводах. Но подобный робот представляет свои сложности, так как для каждой ноги используется приводы, и требуется сильный системный контроллер и прочное оборудование. Из-за чего она проходится дорого, но в определённых случаях она тоже нужна. [8]

Подобные роботы еще разрабатываются и имеют свои сложности. Один из разрабатываемых проектов создает шестиногого робота, у которого на каждой ноге имеются три проводимых шарнира которые приводит его в действие. Для них основная цель является уменьшение разгибания ног на каждом этапе шага и сократить объём вычислений. [8]

Последний из видов является робот с винтовым приводом. Они так же относятся к типу колесных роботов, но имея преимущество в рулевом управлении. Это является основным отличием, так как поступательное движение достигается за счет винтового перемещения колес. Но скорость подобного робота слаба. Примером может послужить проект от Pradhan, который показан на рисунке 1.7. Их робот способен перемещаться по трубам с диаметром от 127 до 152 мм. Робот разделен на три части: ротор, статор, и блок управления. В этом управлении используется механизм прижима к стене, благодаря чему может перемещаться горизонтально и вертикально. Сам ротор состоит из трех колесных модулей, которые находятся на расстоянии 120 градусов под углом 15 градусов, из-за чего они будут двигаться по винтовой спирали. А их статорные колеса обеспечивает им устойчивость. [8]

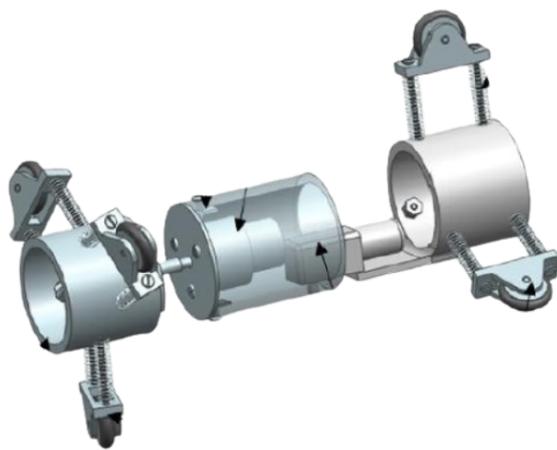


Рисунок 1.7 – Робот с винтовым приводом.

Таблица 1.1 – сравнительная таблица всех видов.

	Колесный тип	Тип гусеницы	Тип червяка	Тип PIG	Тип с ногами	Винт управляемый тип
Маневренность	+++	+	+	-	+++	++
Адаптивность	+++	+++	+	-	++	+++
Горизонтальное перемещение	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Вертикальное перемещение	++	++	+	-	-	++
Стабильность	++	+++	+	+	++	+
Скорость движения	++	+	+	++	+	+

После изучения всех типов роботов можно выделить различные плюсы и минусы тех или иных видов роботов. Но каждый робот найдется для своего применения. Если робот нужен только для горизонтальных труб, то различные роботы в виде гусеничного типа и т.п. типы уже не подходят, так как их прижимки к стенкам бесполезны, и пустая трата ресурсов. А если проверка будет проходить в канализационной трубе, то простые роботы тут уже не подходят, здесь гусиные роботы будут самый раз. Даже если эти роботы сложные в созданий, их эффективность ни с каким роботом не сравнится.

На таблице 1 предоставлены сравнение между разными типами. По нему можно понять что робот колесного типа для прессования стен самый выгодный тип из всех. Он самый оптимальный и подходит для всех видов трубопровода, кроме вертикального перемещения. Для инспектирования газовых и нефтяных трубопроводов зачастую хорошо справляются роботы с типом PIG. Гусеничный тип прекрасно справляется с трудными задачами, в виде маленьких труб, но очень медленные.

2 Практический раздел

2.1 Характеристические особенности робота

Во время разработки робота было учтено следующие параметры:

Во первых, размеры и габариты. Так как робот будет переназначен для перемещения внутри труб малого диаметра, он должен быть компактным. При этом должен быть устойчивым, ведь внутренняя поверхность труб не ровная, и могут быть на пути разные препятствия, в виде песка, грязи и т.п.

Так же хотелось бы отметить специализаций робот, которые были упомянуты выше, а точнее для каких они труб были предназначены. Многие виды и прототипы роботов были спроектированы для труб больших диаметров и средних, а точнее диаметры от 250 мм до 900 мм и выше. Что не сказать про роботов для малых диаметров, один пример был про червеобразного и данный момент это все. Судя по примерам которые были изложены выше очень мало роботов для передвижения в средних трубах диаметром 150 мм. Поэтому мой дипломный проект будет направлен на изготовление робота для труб среднего типа.

Во вторых, тип передвижения. Робот будет оснащен колесами, что является самым оптимальным решением для горизонтального перемещение по трубам, и легко адаптироваться в трудных ситуациях

В третьих, масса подобного робота должен быть сбалансирован, ведь манёвренность на прямую влияет от него. Легкой, что бы не быстро двигаться, но и достаточно тяжелой, чтобы у него имелась необходимая тяга. Ведь если он будет слишком легкой он может перевернуться при пересечениях каких либо препятствий. Поэтому габариты роботы не будут превышать 15 см высоту и 15 сантиметров в длину.

В четвертых, энергетический источник. Он нужен для автономной работы робота для длительного времени, ведь робот может быть использован, где источник питания ограничен. Для робота будет взята легкая батарея, которую в дальнейшем можно будет заряжать в неограниченном виде.

В пятых, робот должен быть оснащен различными датчиками для замера загрязнения окружающей среды. И возможно визуальные камеры для записи состояния внутренней поверхности.

В шестую, защитная броня должна быть влагоотталкивающая и устойчива к химическим воздействия и коррозии.

2.2 Составная часть макетного робота

Для создания макета робота были использованы следующие компоненты:

1. Arduino Nano
2. Драйвер двигателя L298N
3. Макетная плата
4. Ультразвуковой датчик HC-SR04
5. Модуль для передачи видео ESP32-CAM
6. Литий-полимерная батарея
7. Пальчиковые батареи
8. TP4056 модуль для зарядки
9. Преобразователь MT3608
10. Мотор-редуктор
11. AA батарейки

Arduino Nano – базовый и компактный микроконтроллер на базе ATmega328. Известен своей компактностью и простотой подключения. Благодаря ему он был выбран для макета робота. Однако из-за ограниченного цифрового ввода была использована макетная плата для подключения всех компонентов. [9]

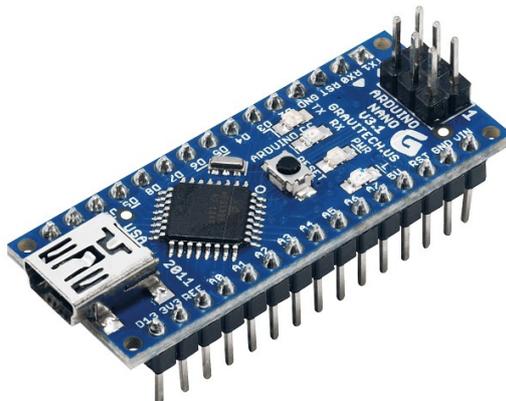


Рисунок 2.1 – Arduino Nano

Драйвер L298N был выбран из-за своего двойного H-моста, что позволяет ему управлять двумя двигателями сразу. Так же он обладает высокой мощностью и высоким диапазоном напряжения. Вытекая из этого, так же хотелось бы отметить его встроенную защиту предотвращающий от перегрева. [10]

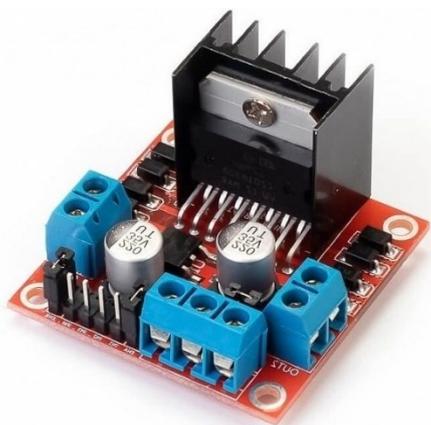


Рисунок 2.2 – L298N драйвер двигателя

Мотор-редуктора играют важную роль в построение макета робота. Они нужны для управления колесами и может точно предоставить управление положением вала. Подобный выбор впал из-за их компактности и простоте в использованиях. Подобный мотор обеспечивает большую силу при низких скоростях, что позволяет роботу безо сложений проезжать препятствия. К этому редуктору будут соединены специальные колоса и одно шариковое колесо спереди, дабы сэкономить место и обеспечить роботу компактность. [11]



Рисунок 2.3 – ТТ мотор-редуктор

Ультразвуковой датчик HC-SR04 – подобный датчик нужен для измерения расстояния. Это происходит таким образом, что опраляя ультразвуковые волны и принимая эхо от препятствия. Подобные датчики способны измерять расстояние от 2 см до 400 см с хорошей точностью. Он нужен для автономной работы робота, и определять препятствия самостоятельно. [12]



Рисунок 2.4 – Ультразвуковой датчик HC-SR04

ESP32-CAM – модуль со встроенной камерой и Wi-Fi, основанный чипсете ESP32. Он поддерживает хороший захват изображения, а с функцией Wi-Fi можно наблюдать удаленно и передавать самостоятельно сигнал. Так же был выбран из-за своего размера, примерно 40,5 мм в длину и 27 мм в ширину, и доступной цены, и еще он может полноценно сам работать, что позволяет облегчить работу Arduino Nano и разгрузить его. [13]



Рисунок 2.5 – Модуль ESP32-CAM

Литий-полимерная батарея– это компактная батарея, способный перезаряжаться. Емкость этой батареей составляет 1000 mAh, хороший объем для данного размера батарей.



Рисунок 2.6 – Литий-полимерная батарея HJ 902540

Но также его использование может быть опасным, и поэтому для его использования были добавлены следующие компоненты:

1. Модуль TP4056 – нужный компонент для управления зарядкой литиевых батарей через USB. Входной порт которого составляет от 4.5 В до 5.5 В, что дает правильный поток электричества в батарею и заряжать своевременно батарею. Так же у него имеется светодиодный индикаторный, который горит красным если идет зарядка и далее загорается зеленым, когда закончит зарядку.

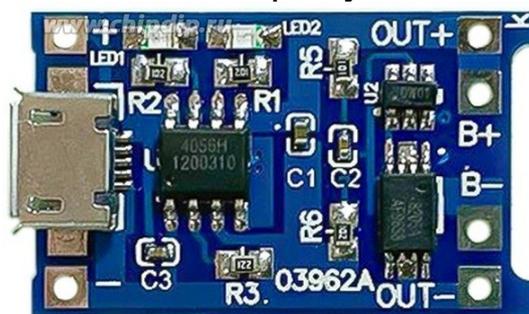


Рисунок 2.7 – Модуль TP4056

2. Модуль MT3608 – популярный преобразователь напряжения. Без него заряжать литиевую батарею не обойтись. У подобных модулей входное напряжение составляет от 2 В до 24 В. Он точно подстраивается под нужное напряжение с помощью внешнего многооборотного потенциометра.



Рисунок 2.8 – Модуль MT3608

Выбор подобных компонентов был подобран по следующим критериям:

1. Размер
2. Ценовая категория
3. Удобство в использованиях

Так как это просто макет было использовано бюджетные варианты компонентов. И подобные компоненты не дадут хороших результатов в использованиях трубопроводах под землей. В созданий 3D моделей будет

предоставлен качественные аналоги, которые можно будет использовать для улучшения робота.

2.3 Затраты на макет

Выбранные компоненты для макета робота были куплены по доступным ценам в городе Алматы, у компаний Arduino Parts. Цены предоставлены в штуках.

Таблица 2.1 – Расходы на реализацию макета

№	Компоненты	Название моделей макета	Цены
1	Микроконтроллер	Arduino Nano	2 200 тг
2	Модуль управления	Драйвер двигателя L298N	2 600 тг
3	Сервопривод	SG90	850 тг
4	Ультразвуковой датчик	HC-SR04	550 тг
5	Видео камера	ESP32-CAM	3 500 тг
6	Модуль зарядки	TP4056	500 тг
7	Преобразователь напряжений	MT3608	500 тг
8	Макетная плата	Беспаячная макетная плата (830 контактов)	800 тг
9	Аккумулятор	Аккумулятор 502030	1800 тг
10	Провода	Соединительные провода р-р, м-м, р-м.	200 тг (10 шт)
11	Колеса	Специальные колеса для мотор-редуктор	500 тг
12		Колесо шариковое	500 тг
13	Мотор	ТТ мотор-редуктор	700 тг
	Итого		17 200 тг

На основе предоставленной таблице можно предположить что инвестиции в компоненты макета являются оправданными и умеренными, учитывая что это экспериментальная модель. Конечно сумма затрат на компоненты могла быть меньше, однако в таком случаи качество компонентов тоже была бы относительно меньше, что снизила бы качество и долговечность робота.

2.4 Электронная схема подключения и программный код

Схема подключения для дипломной работы была сделана в программе Fritzing.

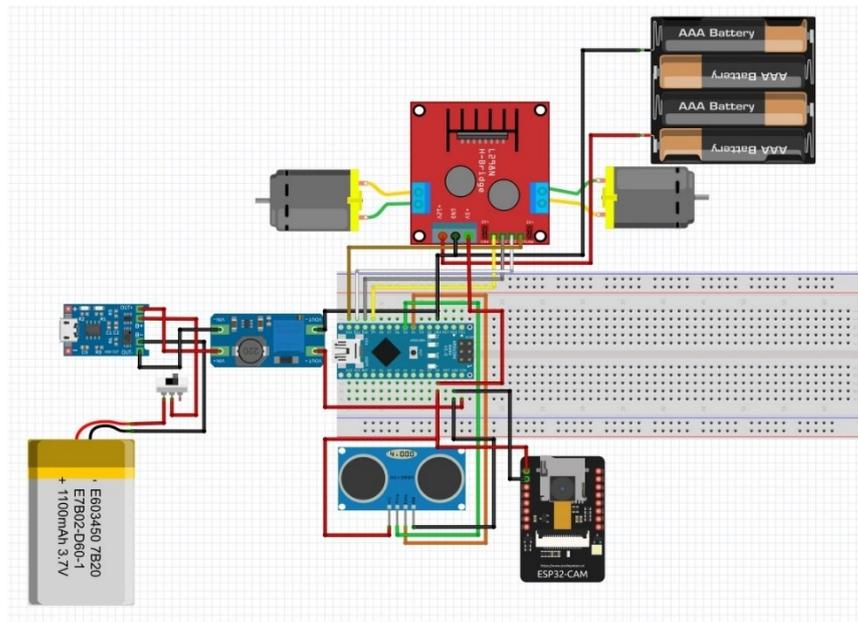


Рисунок 2.1 – Электронная схема подключения

В предоставленной схеме имеются 2 ТТ мотор-редуктора подключенные на прямую к двигателю драйвера L298N. Этот модуль является вспомогательным драйвером помогающий Arduino Nano управлять моторами., 1 сервопривод нужен для ультразвукового датчика, чтобы производить передвижение на право и на лево, при столкновений с препятствиями. Ультразвуковой датчик и ESP32-CAM подключены к Arduino Nano на прямую как и сервопривод.

Питание этого макета робота осуществляется с помощью литиевой батареей. Для его перезарядки и подключения было подключено MT3608 и TP4056. Они в свою очередь были подключены с помощью общего модуля V+ и GND. К котором были подключены ESP32-CAM и ультразвуковой датчик. Так же имеется вспомогательные батареей подключенные к драйверу L298N, так как этот драйвер израсходует много энергий.

Если переходить к написанию кода для проекта нужно обратить внимание на ультразвуковой датчик. Для управления с датчиком была использована библиотека “NewPing”. Код написан так что при включений робота он будет ехать прямо пока не встретит препятствие, на расстоянии 15 сантиметров. После встречи с препятствием он вынужден будет уже думать повернуть на право если нету препятствие то ехать в ту сторону, если есть препятствие повернуть в лево подождать и ехать в ту сторону. Полный код предоставлен в приложений А. Алгоритм передвижения по данному коду предоставлен на рисунке 2.2.



Рисунок 2.2 – Алгоритм действия по первому коду

Для работы с модулем ESP32 был написан отдельный код, полный код можно будет увидеть во вложении Б. В нем были использованы такие библиотеки как `esp_camera.h` и `WiFi.h`. Первая библиотека предназначена для управления с камерой ESP32. Подобная библиотека предоставляет функции для настроек и управления камерой, такие как инициализация, захват изображений и настройка различных параметров. Библиотека `WiFi.h` используется для управления Wi-Fi функциями ESP32. Она предоставляет функции для подключения к Wi-Fi сетям, создания точки доступа и настройки параметров сети.

2.5 3D модель робота и улучшенные компоненты

В 3D модели робота были спроектированы улучшенные компоненты робота. Снизу предоставлена таблица альтернативных компонентов которые смогут работать в трубах под землей.

Таблица 2.2 – улучшенные компоненты

№	Компоненты	Название моделей макета	Название улучшенных моделей	Изображение новых компонентов
1	Микроконтроллер	Arduino Nano	BeagleBone Black	
2	Модуль управления	PCA9685	Robotics Cape	
3	Датчик расстояния	Ультразвуковой датчик HC-SR04	Оптический датчик ЛИДАР-Лайт v3	
4	Видео камера	ESP32-CAM	Intel RealSense Depth Camera D455	
7	Батарея	Литий-полимерная батарея	Tattu 850mAh 3S 75C Lipo Battery Pack	
8	Мотор	ТТ мотор-редукторам	Металлические моторы	

Для микроконтроллера было выбрано BeagleBone Black, так как является компактным одноплатным компьютером, оснащенный мощной памятью 512 МБ, благодаря чему куда можно загрузить сложный и длинный код, без которого робот не сможет функционировать. К тому же он снабжён процессором ARM Cortex-A8 частотой 1 ГГц. Это устройство при малом энергопотреблении может предоставить значительные вычислительные мощности. Так же для этого микроконтроллера была разработана Robotics Cape. Это плата расширения помогающая управлять сервоприводами. [14]

Вместо ультразвукового датчика можно выбрать оптический датчик

ЛИДАР-Лайт v3. Подобный датчик славится своей компактностью и легкостью. Принцип работы схож ультразвуковым датчиком, однако место звука датчик излучает лазерный импульс в направлении объекта. Лазерный датчик позволяет измерять расстояние с высокой точностью на больших расстояниях.

Для видео наблюдения была выбрана компактная и водонепроницаемая камера Intel RealSense Depth Camera D455. с высоким разрешением видео съемки и фотографий.

Переходя к моменту подзарядки робота нужно учитывать размер самого робота и передача сигнала. Чтобы робот был полностью автономным ему нужен мощный аккумулятор к примеру может подойти Tattu 850mAh 3S 75C LiPo, так как он является мощным и компактным. Подобный аккумулятор используются для летающих малогабаритных дронов. В таком случаи нужно будет использовать промышленный ретранслятор, чтобы робот смог передавать сигнал на дальних расстояниях. Либо нужно будет робота оснащать кабелем для передачи сигнала и бесконечной подзарядки робота. Однако подобный способ ограничить его в дальности передвижения.

Для защиты компонентов от влаги и механических повреждений нужно использовать хорошее покрытие. К примеру: силиконовое, полиуретановое или резиновое. Силиконовое покрытие нужны для защиты электроники, покрытие из полиуретана для внешнего корпуса робота, резиновые уплотнение нужны для соединительных и движущихся частей. Эти покрытия обеспечат полную защиту от влаги и грязи которые могут проникнут внутрь робота.

Снизу будут предоставлены изображение построенной 3D модели сделанные в приложении Компас. Сперва я построила все нужные детали по отдельности, не углубляясь сильно в детализацию. Но с качественным подсчетом всех параметров, так как она на прямую будет влиять на построение корпуса. Вытекая из предыдущего, я дальше начала моделировать нижний корпус на котором будет держаться вся конструкция. Для улучшения и увеличения функций данного робота было решено добавить второго робота словно состав для локомотива. В его составе будет установлен манипулятор. Использование манипулятора для инспекции трубопроводов позволяет достигать труднодоступных мест, точно позиционировать датчики, измерять параметры среды, мониторить коррозию и износ, собирать химические пробы, также детектировать утечки и аномалии.

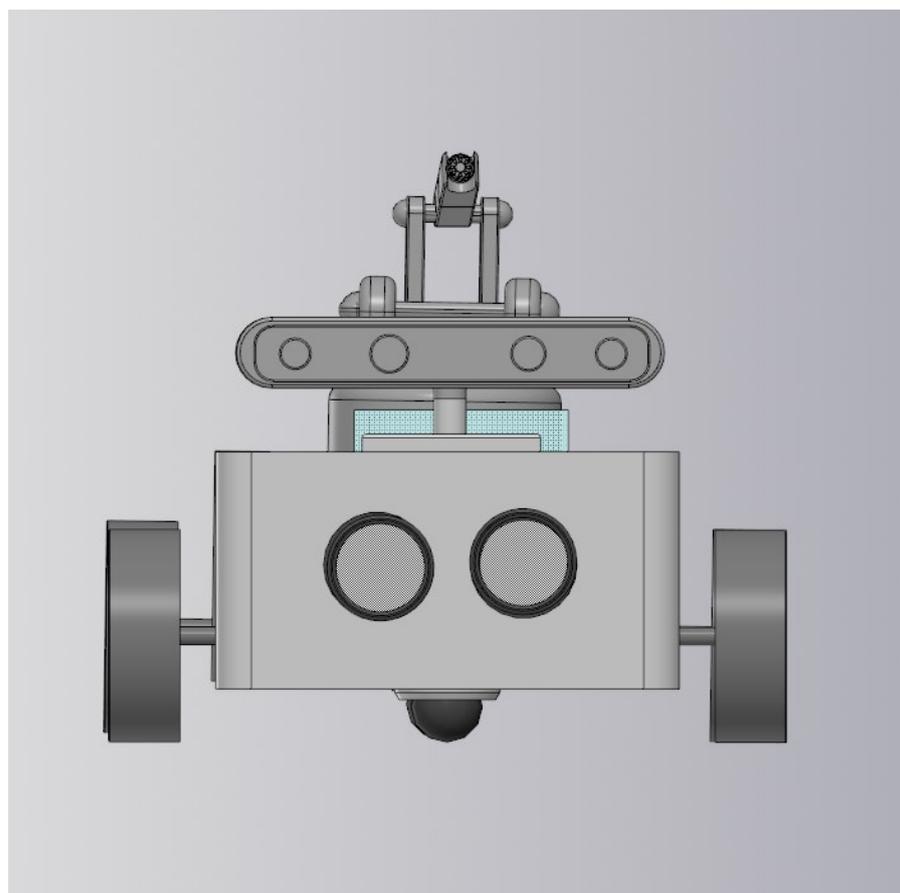


Рисунок 2.9 – 3D модель робота спереди

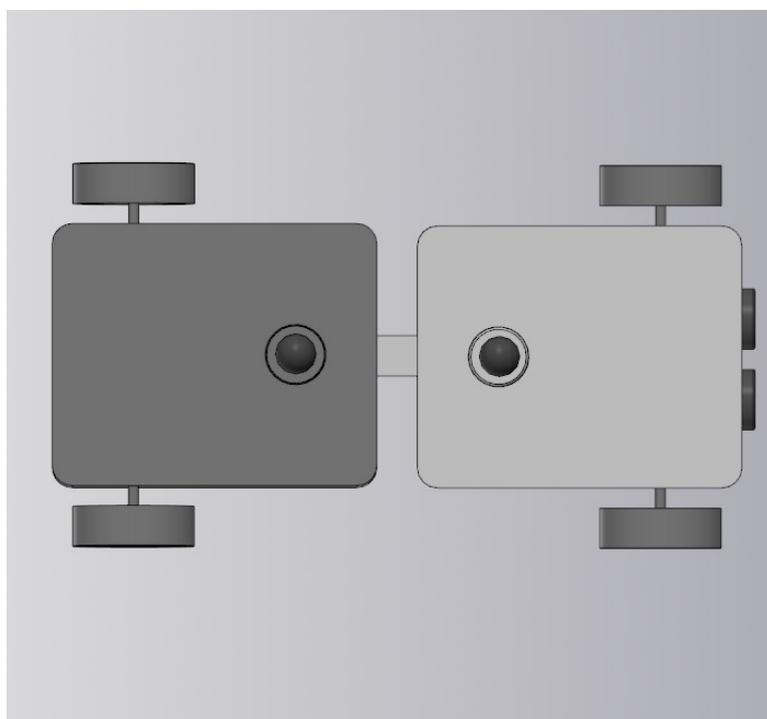


Рисунок 2.10 – 3D модель робота снизу

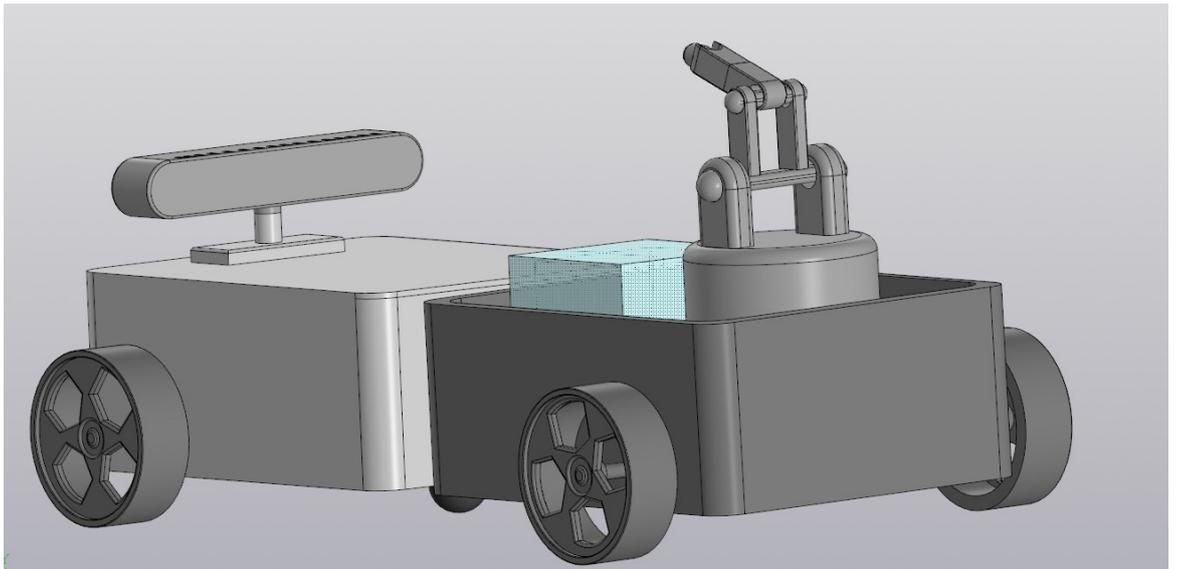


Рисунок 2.11 – 3D модель робота сзади

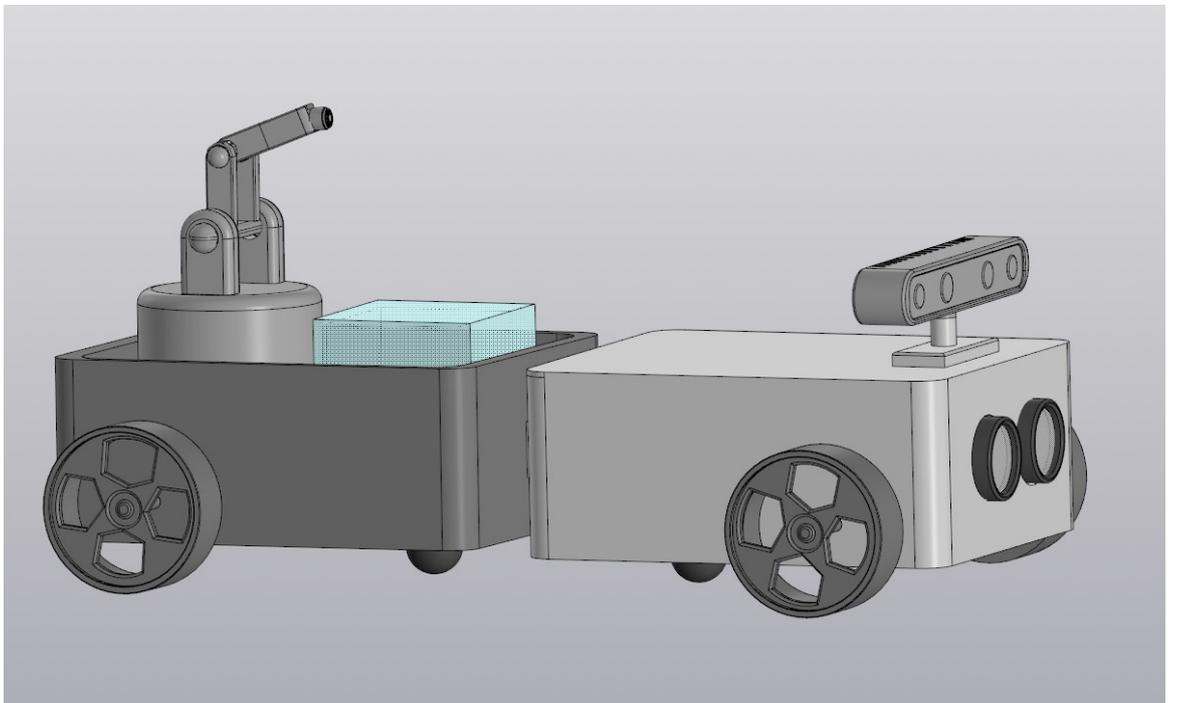


Рисунок 2.12 – 3D модель робота сбоку

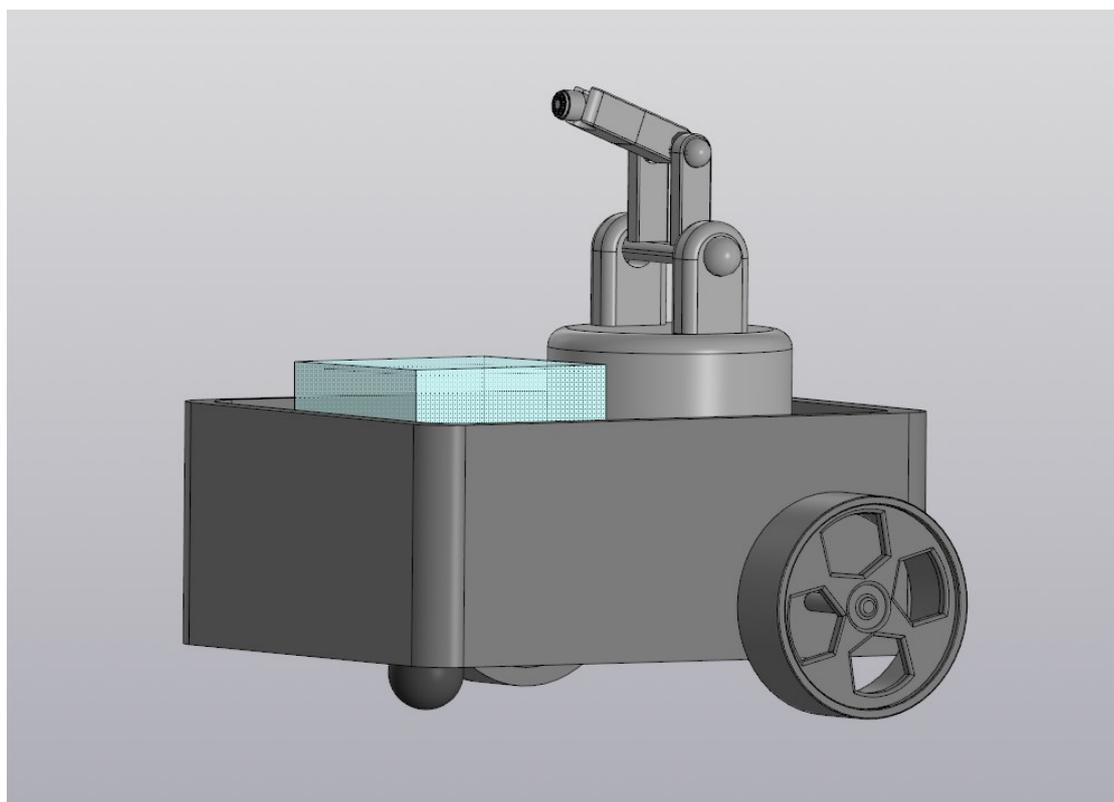


Рисунок 2.13 – 3D модель второй половины робота сбоку

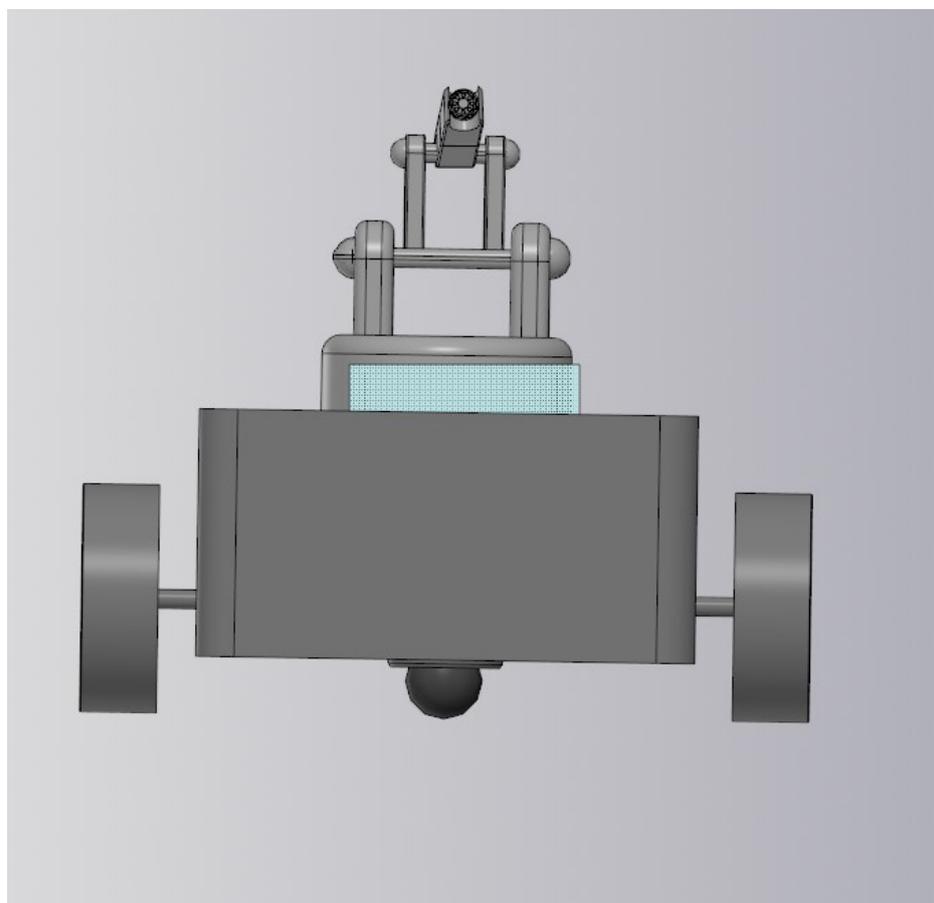


Рисунок 2.14 – 3D модель второй половины робота спереди

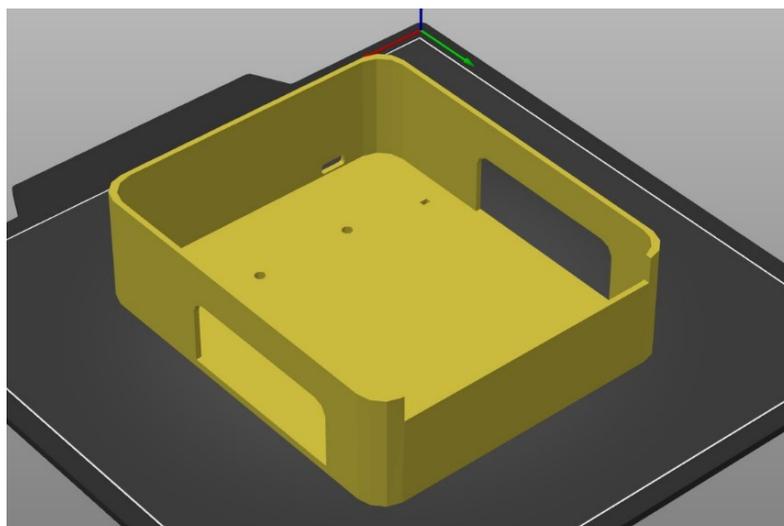


Рисунок 4.2 –3D модель корпуса

Для прототипа робота был сконструирован корпус и распечатан на 3D принтере. У корпуса имеются отверстия для сервомотора и выход для USB, для подзарядки робота.

3. Расчеты

3.1 Расчет надежности

Расчетом надежности считают процессом определяющий способности системы или компонента выполнять свои функции без отклонений в течений определенного времени в определенных условиях. Подобный процесс включает в себя анализы вероятности отказов, износа и других факторов, которые могут влияют на качество работы робота. Этот процесс необходим для любых роботизированных устройств чтобы предсказывать их поведение в реальных условиях, что позволяет предотвратить возможные поломки и своевременно их улучшить. [15]

Структурные методы оценки надежности используются для проектирования систем, которые можно разделить на отдельные элементы, и включают создание структурной схемы, отражающей логические и функциональные связи между элементами, а также разработку математической модели для расчета надежности на основе данных об элементах и условиях их эксплуатации. [15]

В дальнейшем расчете были использованы только нужные компоненты, которые были использованы в макете робота и влияют на его автономность.

- Arduino Nano MTBF = 19 230 ч
- Драйвер двигателя L298N, MTBF = 25 300 ч
- Макетная плата, MTBF = 120 000 ч
- Ультразвуковой датчик HC-SR04, MTBF = 45 200 ч
- Модуль для передачи видео ESP32-CAM, MTBF = 25 000 ч
- Литий-полимерная батарея, MTBF = 500 000 ч
- TP4056 модуль для зарядки, MTBF = 60 800 ч
- Преобразователь MT3608, MTBF = 82 000 ч

Выше предоставленные данные являются средней наработкой на отказ, сокращенно MTBF. Подобный расчет осуществляется с помощью информации о надежности компонентов, входящих в состав устройства. Однако точных данных в сети не предоставляется, образцом были взяты примерные данные. Примером расчетов могу предоставить расчет Arduino Nano. Для его расчета были взяты приблизительные значения MTBF для основных компонентов Arduino Nano. [16]

Основные компоненты и приблизительные расчеты MTBF:

1. Микроконтроллер, MTBF = 90,000 часов
2. Стабилизатор напряжения, MTBF = 60,000 часов
3. Конденсаторы и резисторы, MTBF = 150,000 часов
4. Кварцевый генератор, MTBF = 110,000 часов
5. Преобразователь, MTBF = 100,000 часов

Формула для расчета общей надежности устройства:

$$\frac{1}{MTBF_{\text{общ}}} = \frac{1}{MTBF_1} + \frac{1}{MTBF_2} + \dots + \frac{1}{MTBF_n} \quad (3)$$

Расчет: $\frac{1}{MTBF_{\text{общ}}} = 0,000011 + 0,000016 + 0,000006 + 0,000009 + 0,00001 =$

Ответ $MTBF_{\text{общ}} = \frac{1}{0,000052} \approx 19230$ часов

Таким же образом были рассчитаны остальные компоненты. Далее по расчету надежности было вычислено интенсивность отказа.

Формула интенсивного отказа:

$$\lambda = \frac{1}{t} \quad (2)$$

Расчет:

1) $MTBF = t$

2) $\lambda_{tnano} = \frac{1}{t_{nano}} = \frac{1}{19230} = 5.2 * 10^{-5}$

3) $\lambda_{tpca} = \frac{1}{t_{pca}} = \frac{1}{25300} = 3.95 * 10^{-5}$

4) $\lambda_{tsg} = \frac{1}{t_{sg}} = \frac{1}{13500} = 7.41 * 10^{-5}$

5) $\lambda_{tмп} = \frac{1}{t_{мп}} = \frac{1}{120000} = 0,83 * 10^{-5}$

6) $\lambda_{thc} = \frac{1}{t_{hc}} = \frac{1}{45200} = 2.21 * 10^{-5}$

7) $\lambda_{tesp} = \frac{1}{t_{esp}} = \frac{1}{25000} = 4 * 10^{-5}$

8) $\lambda_{tлпб} = \frac{1}{t_{лпб}} = \frac{1}{500000} = 0,2 * 10^{-5}$

9) $\lambda_{ttp} = \frac{1}{t_{tp}} = \frac{1}{60800} = 1.64 * 10^{-5}$

10) $\lambda_{tmt} = \frac{1}{t_{mt}} = \frac{1}{82000} = 1.22 * 10^{-5}$

Следующим этапом было вычисления вероятности безотказной работа всей системы.

Его формула:

$$Ti(t) = e^{-\lambda it} \quad (3)$$

Расчеты:

1) $T_{nano}(t) = e^{-\lambda_{tnano}t} = 0.949$

2) $T_{pca}(t) = e^{-\lambda_{tpca}t} = 0.961$

3) $T_{sg}(t) = e^{-\lambda_{tsg}t} = 0.928$

4) $T_{мп}(t) = e^{-\lambda_{tмп}t} = 0.991$

5) $T_{hc}(t) = e^{-\lambda_{thc}t} = 0.978$

6) $T_{esp}(t) = e^{-\lambda_{tesp}t} = 0.96$

7) $T_{лпб}(t) = e^{-\lambda_{tлпб}t} = 0.998$

8) $T_{tp}(t) = e^{-\lambda_{ttp}t} = 0.983$

9) $T_{mt}(t) = e^{-\lambda_{tmt}t} = 0.987$

После расчета вероятности безотказной работы идет расчет показателей системы.

Формула:

$$T = \sum_{i=1}^n [Ti(t)] \quad (4)$$

Расчеты: $T = \sum_{i=1}^n [Ti(t)] = 0,949^2 * 0,961^2 * 0,928^2 * 0,991^2 * 0,978^2 * 0,96^2 * 0,998^2 * 0,983^2 * 0,987^2 = 0,581$

Последнем расчетом является расчет годовой наработки до отказа системы, но до нее нужно будет рассчитать среднюю наработку, ее формула:

$$P_{\text{сред}} = \frac{1}{\lambda_{\text{сис}}} \quad (5)$$

Расчеты:

$$1) \lambda_{\text{сис}} = \frac{-\ln(0,581)}{1000} = 5,43 * 10^{-4}$$

$$2) P_{\text{сред}} = \frac{1}{\lambda_{\text{сис}}} = \frac{1}{5,43 * 10^{-4}} = 1,84 * 10^3$$

Формула годовой наработки до отказа системы: $P_{\text{год}} = \frac{P_{\text{сред}}}{24 * 365}$

$$\text{Расчет: } P_{\text{год}} = \frac{1,84 * 10^3}{24 * 365} = 0,21$$

Переходя к итогам можно сказать что годовая наработка до отказа системы, при условий работы 24 часа в сутки 365 дней в году, составляет 0,21 года либо другими словами это приблизительно 2 месяца и 18 дней.

3.2 Экономический расчет дипломного проекта с улучшенными компонентами

В экономический расчет входит анализ затрат в производство, амортизацию и плату труда. Какая сумма будет затрачена на закуп деталей, будут ли они подходить для данного проекта выполнять поставленные задачи. Благодаря чему можно будет поставить правильную сумму на работа, при массовом производстве и окупить вложение. [17]

Расчет экономического анализа роботизированного работа для инспекций в трубопроводах на прямую зависит от мощных комплектующих которые смогут выдержат все возможные повреждения, так же влагоотталкивающие материалы для защиты самих комплектующих. В таких случаях трудно будет использовать недорогие компоненты и как либо снизить его стоимость. Вытекая из этого можно предположить что, цена за работа будет завышена. Однако учитывая габариты данного работа, можно смело предположить что цена производства будет намного ниже чем его аналоги. В таблице учтены минимальные, средние и максимальные цены компонентов, а также итоговая стоимость внедрения. [17]

Таблица 3.1 – Экономический расчет

Компоненты	Количество	Цена min (тенге)	Цена mid (тенге)	Цена max (тенге)
BeagleBone	1	15 000	25 000	35 000

Black				
Robotics Cape	1	10 000	15 000	25 000
Оптический датчик ЛИДАР-Лайт v3	1	15 000	30 000	50 000
Модуль зарядки TP4056	1	500	2 000	5 000
Intel RealSense Depth Camera D455	1	50 000	70 000	85 000
Преобразователь напряжений MT3608	1	500	2 000	5 000
Tattu 850mAh 3S 75C Lipo Battery Pack	2	7 000	9 500	15 000
Металлический мотор-редуктор	2	6 000	10 000	15 000
Колеса	3	6 000	15 000	25 000
Промышленный ретранслятор	1	12 000	18 000	25 000
Провода и соединители	1 комплект	3 000	4 500	6 000
Силиконовое покрытие	1 комплект	2 000	3 000	4 000
Полиуретановое покрытие	1 комплект	2 500	3 500	4 500
Инструменты		5 000	15 000	25 000
Итого		134 500	207 500	324 500

4 Готовый макет робота

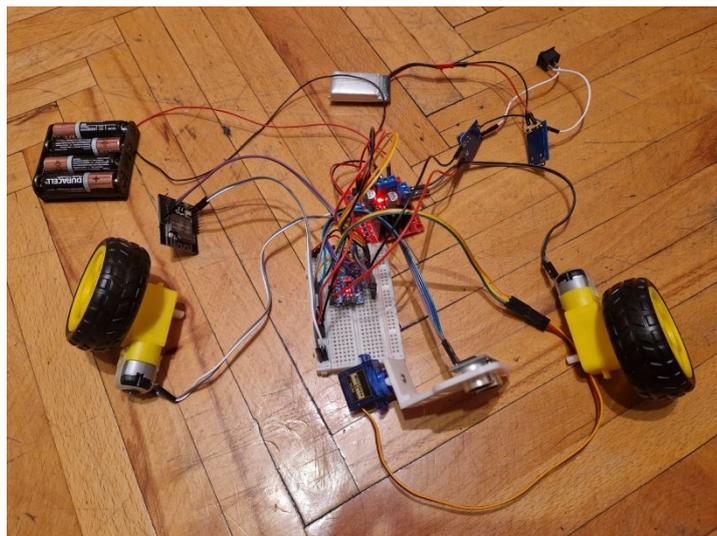


Рисунок 4.1 –Внутренняя часть конструкций робота.



Рисунок 4.2 –передняя сторона робота



Рисунок 4.3 –Задняя сторона робота

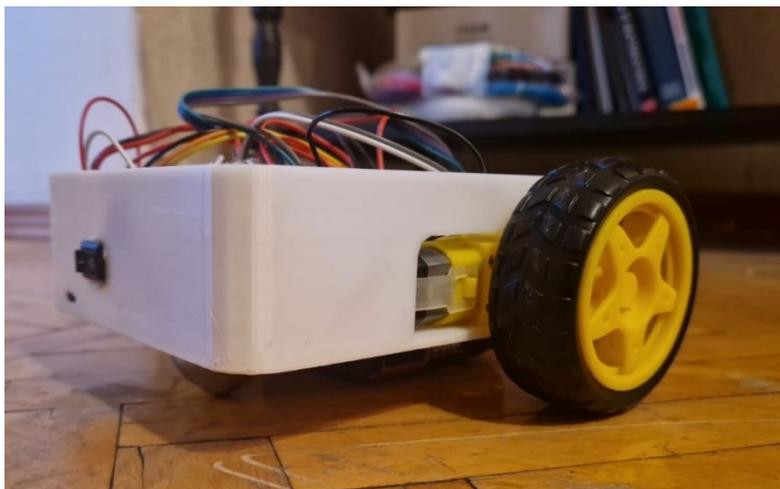


Рисунок 4.4 –Робот сбоку

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной дипломной работе был проведен анализ и разработка мобильного робота для инспекций внутренней поверхности трубопроводов. Основной целью было создание компактного, мобильного робота для трубопроводов среднего диаметра с колесным типом передвижения.

Теоретическая часть была уделена анализу основных загрязнений в трубопроводах, их возникновению и дальнейшим последствиям. Проведён сбор существующих автономных роботов и разделен по типу передвижения.

Практическая часть является основной частью в дипломной работе, учитывая из этого было выделено большое внимание к нему. Работа началась с построением характеристики для разработки робота и выбором нужных компонентов, так же была предоставлена таблица с затратами на детали. Далее была разработана электронная схема макета и к нему написан программный код. В конце предоставлен 3D модель с улучшенными компонентами.

Результат дипломной работы показал что созданный макет является оптимальным и способным для передвижения в трубопроводах, однако имеет существенный минус в своей слабой камере и отсутствия мощных датчиков для подачи сигналов под землей, которые нужно будет заменить обязательно на более надежные и качественные компоненты, но в принципе как для макета компоненты хорошо подходят. Расчеты надежности показали что макет является относительно качественным, с достаточным сроком службы.

По полученным мной результатам было доказано что разработанный робот является хорошим решением для инспекций в трубопроводах средних диаметров, что позволит успешно предотвращать все возможные поломки и возрастания коррозии. Перспективой данного робота составляет в замене компонентов на более качественные детали и добавлений новых конструкций для увеличения функциональности робота.

СПИСОК ТЕРМИНОВ И СОКРАЩЕНИЙ

ШИМ (Широтно-импульсная модуляция) - это метод управления аналоговым сигналом с помощью цифрового устройства путем изменения ширины импульсов.

NXP Semiconductors — это компания, специализирующаяся на производстве полупроводников и микроконтроллеров. Они предлагают широкий спектр продукции, включая микроконтроллеры, радиочастотные и аналоговые полупроводники, датчики, стабилизаторы напряжения и другие компоненты для широкого спектра применений, включая автомобильную, промышленную, потребительскую электронику и другие отрасли.

PEX (cross-linked polyethylene) — это вид полиэтилена с перекрестными связями, который обладает высокой прочностью, стойкостью к теплу и химическим веществам. PEX широко используется в системах водоснабжения и отопления благодаря своей гибкости, низкому уровню коррозии и легкости установки.

OPIR – робот внешнего осмотра

IPIR – робот внутреннего осмотра

EFPA – электрофлюидные гидравлические приводы

PWM (Pulse Width Modulation) — это метод управления аналоговым устройством (например, светодиодом или мотором), при котором изменяется ширина импульсов во времени при фиксированной частоте. Этот метод используется для регулировки мощности, посылаемой на устройство, что позволяет управлять яркостью света, скоростью вращения мотора и другими параметрами.

ARM Cortex-A8 — это 32-битный процессорный ядро, разработанное компанией ARM Holdings. Оно широко используется в мобильных устройствах, таких как смартфоны, планшеты и другие портативные устройства, а также во встраиваемых системах, например, в системах навигации и медиаплеерах. Cortex-A8 обладает хорошей производительностью и эффективностью энергопотребления.

MTBF (Mean Time Between Failures) - это среднее время, прошедшее между отказами компонентов или системы. Он представляет собой статистическую оценку надежности и позволяет прогнозировать среднее время работы устройства до следующего отказа.

GND – это общий "нулевой" контакт для электрических цепей.

V+– это положительное напряжение питания.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Petroleum Pipeline Systems

<https://primis.phmsa.dot.gov/comm/PetroleumPipelineSystems.htm?nocache=4446>

[2] Авария на трубопроводах

<https://fireman.club/inseklodepia/avariya-na-truboprovode/>

[3] Проблема внутренней коррозии стальных трубопроводов

<https://t-zinc.ru/o-kompanii/stati/problema-vnutrennej-korrozii-stalnyix-truboprovodov.html#:~:text=%D0%A3%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%8C%D1%88%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%20%D0%B4%D0%B8%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B0%20%D1%82%D1%80%D1%83%D0%B1%D1%8B.,%D0%BF%D0%BE%D1%8F%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8E%20%D1%82%D1%80%D0%B5%D1%89%D0%B8%D0%BD%20%D0%BD%D0%B0%20%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%B0%D1%85%20%D1%82%D1%80%D1%83%D0%B1%D1%8B.>

[4] How does old water pipes / corrosion impact water quality?

<https://tappwater.co/blogs/blog/old-water-pipes-corrosion-contaminants>

[5] Проблема загрязнения водопроводных сетей

<https://cyberleninka.ru/article/n/problema-zagryazneniya-vodoprovodnyh-setey/viewer>

[6] Amid Pipe Wars, Researchers Wary of Plastic Pipes Leaching Chemicals

<https://www.ewg.org/news-insights/news/amid-pipe-wars-researchers-wary-plastic-pipes-leaching-chemicals>

[7] Трубы из полиэтилена рех-а, рех-б, рех-с, ре-rt. | особенности строения материалов.

<https://www.td-viko74.ru/articles/22801/>

[8] Pipe inspection robots: a review

https://www.researchgate.net/publication/366654589_Pipe_inspection_robots_a_review

[9] Arduino Nano

<https://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardNano>

[10] Драйвер двигателя L298N

<https://3d-diy.ru/wiki/arduino-moduli/drayver-dvigatelya-l298n/>

[11] Мотор постоянного тока с редуктором 1:48
<https://3d-diy.ru/wiki/arduino-mechanics/motor-postoyannogo-toka-reduktorom-1-48/>

[12] Ультразвуковой датчик расстояния Ардуино HC-SR04
<https://arduinomaster.ru/datchiki-arduino/ultrazvukovoj-dalnomer-hc-sr04/>

[13] Детальный обзор ESP32-CAM
https://dzen.ru/a/ZBRSpOhPwj_I-BXB#:~:text=ESP32%2DCAM%20%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D0%B5%D1%82%20%D0%BC%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9%20%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BC%D0%B5%D1%80,%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D0%B5%D1%82%20%D0%B3%D0%B8%D0%B1%D0%BA%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C%20%D0%BF%D1%80%D0%B8%20%D0%BD%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B9%D0%BA%D0%B5%20%D1%81%D0%BE%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F.

[14] BeagleBone Black Overview
<https://docs.beagleboard.org/latest/boards/beaglebone/black/ch04.html>

[15] Основы расчета надежности технических систем по надежности их элементов
<http://www.obzh.ru/nad/4-5.html>

[16] Среднее время между отказами
https://en.wikipedia.org/wiki/Mean_time_between_failures

[17] Экономический расчёт при выполнении проекта по технологии
<https://urok.1sept.ru/articles/681356>

Приложение А

```
#include <NewPing.h>

#define left1 9
#define left2 10
#define right1 11
#define right2 12

#define echo 4
#define trig 5

NewPing sonar(trig, echo, 200);

int cm = 0;
int timing = 600;
int rightFlag = 0;

void setup() {
  pinMode(left1, OUTPUT);
  pinMode(left2, OUTPUT);
  pinMode(right1, OUTPUT);
  pinMode(right2, OUTPUT);
}

void loop() {
  int cm = sonar.ping_cm();
  if(cm < 15){
    pause();
    delay(timing*3);
    right();
    delay(timing);
    pause();
    delay(timing*2);
    if(cm < 15){
      left();
      delay(timing*2);
      pause();
      delay(timing*2);
    }
  }
  else{
    forward();
  }
}

void forward(){
```

```
digitalWrite(left1, 1);
digitalWrite(left2, 0);
digitalWrite(right1, 1);
digitalWrite(right2, 0);
}
void right(){
digitalWrite(left1, 1);
digitalWrite(left2, 0);
digitalWrite(right1, 1);
digitalWrite(right2, 1);
}
void left(){
digitalWrite(left1, 1);
digitalWrite(left2, 1);
digitalWrite(right1, 1);
digitalWrite(right2, 0);
}
void pause(){
digitalWrite(left1, 1);
digitalWrite(left2, 1);
digitalWrite(right1, 1);
digitalWrite(right2, 1);
}
```

Приложение Б

```
#include "esp_camera.h"
#include <WiFi.h>

//
// WARNING!!! PSRAM IC required for UXGA resolution and high JPEG quality
//     Ensure ESP32 Wrover Module or other board with PSRAM is selected
//     Partial images will be transmitted if image exceeds buffer size
//
//     You must select partition scheme from the board menu that has at least 3MB APP
space.
//     Face Recognition is DISABLED for ESP32 and ESP32-S2, because it takes up from 15
//     seconds to process single frame. Face Detection is ENABLED if PSRAM is enabled as
well

// =====
// Select camera model
// =====
#define CAMERA_MODEL_WROVER_KIT // Has PSRAM
#define CAMERA_MODEL_ESP_EYE // Has PSRAM
#define CAMERA_MODEL_ESP32S3_EYE // Has PSRAM
#define CAMERA_MODEL_M5STACK_PSRAM // Has PSRAM
#define CAMERA_MODEL_M5STACK_V2_PSRAM // M5Camera version B Has PSRAM
#define CAMERA_MODEL_M5STACK_WIDE // Has PSRAM
#define CAMERA_MODEL_M5STACK_ESP32CAM // No PSRAM
#define CAMERA_MODEL_M5STACK_UNITCAM // No PSRAM
#define CAMERA_MODEL_AI_THINKER // Has PSRAM
#define CAMERA_MODEL_TTGO_T_JOURNAL // No PSRAM
#define CAMERA_MODEL_XIAO_ESP32S3 // Has PSRAM
// ** Espressif Internal Boards **
#define CAMERA_MODEL_ESP32_CAM_BOARD
#define CAMERA_MODEL_ESP32S2_CAM_BOARD
#define CAMERA_MODEL_ESP32S3_CAM_LCD
#define CAMERA_MODEL_DFRobot_FireBeetle2_ESP32S3 // Has PSRAM
#define CAMERA_MODEL_DFRobot_Romeo_ESP32S3 // Has PSRAM
#include "camera_pins.h"

// =====
// Enter your WiFi credentials
// =====
const char* ssid = "ESP32-CAM"; //--> access point name
const char* password = "helloesp32"; //--> access point password

IPAddress local_ip(192,168,1,1);
IPAddress gateway(192,168,1,1);
IPAddress subnet(255,255,255,0);

void startCameraServer();
void setupLedFlash(int pin);

void setup() {
  Serial.begin(115200);
```

```

Serial.setDebugOutput(true);
Serial.println();

camera_config_t config;
config.ledc_channel = LEDC_CHANNEL_0;
config.ledc_timer = LEDC_TIMER_0;
config.pin_d0 = Y2_GPIO_NUM;
config.pin_d1 = Y3_GPIO_NUM;
config.pin_d2 = Y4_GPIO_NUM;
config.pin_d3 = Y5_GPIO_NUM;
config.pin_d4 = Y6_GPIO_NUM;
config.pin_d5 = Y7_GPIO_NUM;
config.pin_d6 = Y8_GPIO_NUM;
config.pin_d7 = Y9_GPIO_NUM;
config.pin_xclk = XCLK_GPIO_NUM;
config.pin_pclk = PCLK_GPIO_NUM;
config.pin_vsync = VSYNC_GPIO_NUM;
config.pin_href = HREF_GPIO_NUM;
config.pin_sccb_sda = SIOD_GPIO_NUM;
config.pin_sccb_scl = SIOC_GPIO_NUM;
config.pin_pwdn = PWDN_GPIO_NUM;
config.pin_reset = RESET_GPIO_NUM;
config.xclk_freq_hz = 20000000;
config.frame_size = FRAMESIZE_UXGA;
config.pixel_format = PIXFORMAT_JPEG; // for streaming
//config.pixel_format = PIXFORMAT_RGB565; // for face detection/recognition
config.grab_mode = CAMERA_GRAB_WHEN_EMPTY;
config.fb_location = CAMERA_FB_IN_PSRAM;
config.jpeg_quality = 12;
config.fb_count = 1;

// if PSRAM IC present, init with UXGA resolution and higher JPEG quality
//           for larger pre-allocated frame buffer.
if(config.pixel_format == PIXFORMAT_JPEG){
  if(psramFound()){
    config.jpeg_quality = 10;
    config.fb_count = 2;
    config.grab_mode = CAMERA_GRAB_LATEST;
  } else {
    // Limit the frame size when PSRAM is not available
    config.frame_size = FRAMESIZE_SVGA;
    config.fb_location = CAMERA_FB_IN_DRAM;
  }
} else {
  // Best option for face detection/recognition
  config.frame_size = FRAMESIZE_240X240;
}
#ifdef CONFIG_IDF_TARGET_ESP32S3
  config.fb_count = 2;
#endif
}

#ifdef CAMERA_MODEL_ESP_EYE

```

```

pinMode(13, INPUT_PULLUP);
pinMode(14, INPUT_PULLUP);
#endif

// camera init
esp_err_t err = esp_camera_init(&config);
if (err != ESP_OK) {
    Serial.printf("Camera init failed with error 0x%x", err);
    return;
}

sensor_t * s = esp_camera_sensor_get();
// initial sensors are flipped vertically and colors are a bit saturated
if (s->id.PID == OV3660_PID) {
    s->set_vflip(s, 1); // flip it back
    s->set_brightness(s, 1); // up the brightness just a bit
    s->set_saturation(s, -2); // lower the saturation
}
// drop down frame size for higher initial frame rate
if (config.pixel_format == PIXFORMAT_JPEG) {
    s->set_framesize(s, FRAMESIZE_QVGA);
}

#ifdef CAMERA_MODEL_M5STACK_WIDE ||
defined(CAMERA_MODEL_M5STACK_ESP32CAM)
    s->set_vflip(s, 1);
    s->set_hmirror(s, 1);
#endif

#ifdef CAMERA_MODEL_ESP32S3_EYE
    s->set_vflip(s, 1);
#endif

// Setup LED FLash if LED pin is defined in camera_pins.h
#ifdef LED_GPIO_NUM
    setupLedFlash(LED_GPIO_NUM);
#endif

WiFi.softAP(ssid, password);
WiFi.softAPConfig(local_ip, gateway, subnet);

startCameraServer();

Serial.print("Camera Ready! Use 'http://");
Serial.print(local_ip);
Serial.println("' to connect");
}

void loop() {
    // Do nothing. Everything is done in another task by the web server
    delay(10000);
}

```

ОТЗЫВ

дипломного проекта (работы)

студента специальности 6В07113 – «Робототехника и мехатроника»

Заурбек Жанерке Мухтарқызы

На тему: «Разработка робота для проверки загрязненности внутри труб»

Дипломный проект студента бакалавриата Заурбек Жанерке Мухтарқызы посвящен «Разработка робота для проверки загрязненности внутри труб».

Целью работы является создание автономного робота для трубопроводов среднего диаметра, которое способствует повышению качества инспекций и своевременной обнаружение дефектов или загрязнения. В ходе выполнения дипломного проекта Заурбек Жанерке Мухтарқызы тщательно изучила причины загрязнения в трубопроводах и его возможные последствия на окружающую среду. Выполненный анализ существующих аналоговых роботов показал преимущества внедрения роботов колесного типа.

В первой части описаны автономные мобильные роботы различного типа передвижения и приняты способы передвижения.

Во второй части рассматривается описание компонентов макета робота, их электронная сборка, общее описание программного кода и 3D модель с улучшенными компонентами.

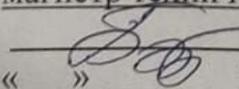
В третьем разделе показаны расчеты надежности, так же расчеты затрат на разработку и экономический подсчет для улучшенных компонентов.

В четвертой части предоставлено готовая сборка макета робота.

Дипломный проект студента Заурбека Жанерке по теме "Разработка робота для проверки загрязненности внутри труб" выполнен на высоком уровне и успешно реализует поставленные задачи. Я считаю, что дипломный проект очень хорошо оценен, и заслуживает оценки «95».

Научный руководитель

магистр технических наук, старший преподаватель

 Бигалиева Ж.С.

«__» _____ 2024 г.

РЕЦЕНЗИЯ

дипломного проекта Заурбек Жанерке Мухтаркызы
по специальности 6В07113 – «Робототехника и мехатроника»
Satbayev University

На тему: Разработка робота для проверки загрязненности внутри труб

Выполнено:

- а) графическая часть на ____ листах
- б) пояснительная записка на ____ страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Бакалаврский дипломный проект Заурбек Жанерке Мухтаркызы посвящен "Разработка робота для проверки загрязненности внутри труб".

Целью дипломной работы является создание автономного колесного робота для съемки видео и ориентации с помощью ультразвукового датчика в трубах диаметром 100 мм. Задачи проекта включают анализ существующих роботов, выбор компонентов и программного обеспечения, а также тестирование робота. Основой системы служит Arduino Nano, модуль PCA9685 для управления сервоприводами SG90, ультразвуковой датчик HC-SR04 для обнаружения препятствий и ESP32-CAM для передачи видео. Питание обеспечивает литий-полимерная батарея с модулем TP4056, а напряжение повышает преобразователь MT3608.

В дипломной работе представлено четыре основных раздела: первый посвящен обзору автономных мобильных роботов различных типов передвижения; второй раздел детализирует компоненты макета робота, включая электронную сборку, программный код и 3D модель с улучшенными компонентами; третий раздел содержит расчеты надежности и затрат на разработку, а также экономическую оценку для улучшенных компонентов; четвертая часть представляет собой финальную сборку макета робота.

Дипломный проект разработан по стандарту организации в соответствии с общими требованиями к созданию, изложению, оформлению и содержанию текстовых и графических материалов.

ОЦЕНКА РАБОТЫ

Считаю, что дипломный проект студента Заурбек Жанерке на тему "Разработка робота для проверки загрязненности внутри труб" был выполнен на высоком уровне и полностью соответствует поставленным задачам. Я считаю, что дипломный проект очень хорошо оценен, и заслуживает оценки «90%».

Рецензент

к.ф.-м.н.

Ассоциированный профессор,

КазНУ им. Аль-Фараби, Кафедра искусственного интеллекта и Big Data

Тюлепбердинова Г.А.

(подпись)

« 20 »

май

2024 г.



Метаданные

Название

Разработка робота для проверки загрязненности внутри труб

Автор

Заурбек Жанерке Мухтаркызы

Научный руководитель / Эксперт

Жанар Бигалиева

Подразделение

ИАИИТ

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		3
Белые знаки		0
Парафразы (SmartMarks)		1

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

6757

Количество слов



КЦ

47170

Количество символов

Поиск контента ИИ

Интегрированный модуль поиска контента AI. Нажмите «Подробнее», чтобы узнать больше о результатах и алгоритме поиска.

Коэффициент вероятности ИИ


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)	ЦВЕТ ТЕКСТА
1	http://rep.knlu.edu.ua/xmlui/bitstream/handle/78787878/4912/%D0%93%D0%B5%D1%82%D1%8E%D0%BA%20%D0%AF.%D0%A0.pdf?sequence=1	5	0.07 %

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 (0.07 %)



ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	ИСТОЧНИК URL	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	http://rep.knlu.edu.ua/xmlui/bitstream/handle/787878787/4912/%D0%93%D0%B5%D1%82%D1%8E%D0%BA%20%D0%AF.%D0%A0.pdf?sequence=1	5 (1) 0.07 %

Список принятых фрагментов (нет принятых фрагментов)

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