**Робот-металлоискатель**

***Никищенко Д.А., Мирзаханов А.О., Пальчикова К.Г., Курбатов М.А.***

*г. Москва, г. Зеленоград, Россия,*

*Email:* [*mitniik@gmail.com*](mailto:mitniik@gmail.com)*,* [*mirzahanovali2@gmail.ru*](mailto:mirzahanovali2@gmail.ru)*, palchikovakg@s1151.ru*

**Metal Detector Robot**

***Nikishchenko D.A., Mirzakhanov A.O., Palchikova K.G., Kurbatov M.A.***

*Moscow State Budget Educational Institution*

*" School No 1151",*

*Moscow, Zelenograd, Russia*

**Аннотация**

Исследование труднодоступных и опасных для человека местностей всегда представляло собой сложную задачу. Будь то поиск полезных ископаемых, археологические раскопки или изучение зон стихийных бедствий, риск для жизни и здоровья исследователей зачастую слишком высок. Современные технологии робототехники открывают новые возможности для решения подобных задач. Данный проект посвящен разработке и созданию робота-металлоискателя, способного проводить поиск металлических предметов в условиях, непригодных для присутствия человека.

Актуальность данного проекта обусловлена растущей потребностью в безопасных и эффективных методах исследования труднодоступных территорий. Робот-металлоискатель может быть использован для поиска затерянных артефактов, обнаружения металлических конструкций под завалами, разведки месторождений полезных ископаемых и выполнения других важных задач.

Идея данного проекта заключается в разработке функционального робота-металлоискателя на гусеничной базе, оснащенного необходимыми датчиками и алгоритмами обработки сигналов для точного определения местоположения металлических объектов. Робот должен быть способен передвигаться по неровной поверхности, обходить препятствия и передавать информацию оператору.

В рамках проекта будут рассмотрены вопросы конструирования робота, выбора и интеграции металлоискателя, разработки системы управления и алгоритмов обработки данных.

**Abstract**

Exploring hard-to-reach and dangerous areas for humans has always been a difficult task. Whether it's mining, archaeological excavations, or exploring disaster areas, the risk to the life and health of researchers is often too high. Modern robotics technologies open up new possibilities for solving similar tasks. This project is dedicated to the development and creation of a metal detector robot capable of searching for metal objects in conditions unsuitable for the presence of humans.

The relevance of this project is due to the growing need for safe and effective research methods for hard-to-reach areas. The robot metal detector can be used to search for lost artifacts, detect metal structures under rubble, explore mineral deposits, and perform other important tasks.

The idea of this project is to develop a functional metal detector robot on a tracked base, equipped with the necessary sensors and signal processing algorithms to accurately determine the location of metal objects. The robot must be able to move on uneven surfaces, avoid obstacles and transmit information to the operator. The project will address the issues of robot design, selection and integration of a metal detector, development of control systems and data processing algorithms.

**Ключевые слова:** металлоискатель; робот; гусеничное шасси.

**Keywords:** metal detector; robot; crawler chassis.

Сам по себе металлоискатель — это устройство, предназначенное для обнаружения металлических объектов под землёй или в других почвенных средах. Роботы-металлоискатели могут использоваться как в археологии для поиска древних артефактов, так и в строительстве для обнаружения подземных коммуникаций.

Реализация проекта — это комплексный процесс, который включает в себя несколько этапов. Каждый из них важен для успешного завершения проекта. Ниже представлены основные шаги конструирования, от которых мы отталкивались в своей работе:

1. Конструирование шасси. Создание прочного и легкого шасси из доступных материалов (например, алюминиевый профиль, пластик). Крепление гусеничных модулей и обеспечение балансировки конструкции.

2. Выбор и установка металлоискателя: Выбор металлоискателя с оптимальными характеристиками для поиска в заданных условиях. Разработка крепления металлоискателя к шасси робота, обеспечивающего его правильную ориентацию и минимизирующего вибрации.

3. Система управления: Выбор способа управления роботом (ручной с пульта ДУ или автономный). Подключение драйверов двигателей и реализация алгоритмов управления движением.

4. Подключение датчиков: Установка датчиков препятствий для предотвращения столкновений. Интеграция датчика наклона для предотвращения опрокидывания робота на сложной местности. Возможно использование GPS-модуля для определения местоположения.

5. Обработка сигналов: Разработка алгоритмов фильтрации шумов и выделения полезного сигнала с металлоискателя. Интерпретация данных с датчиков для корректировки движения робота.

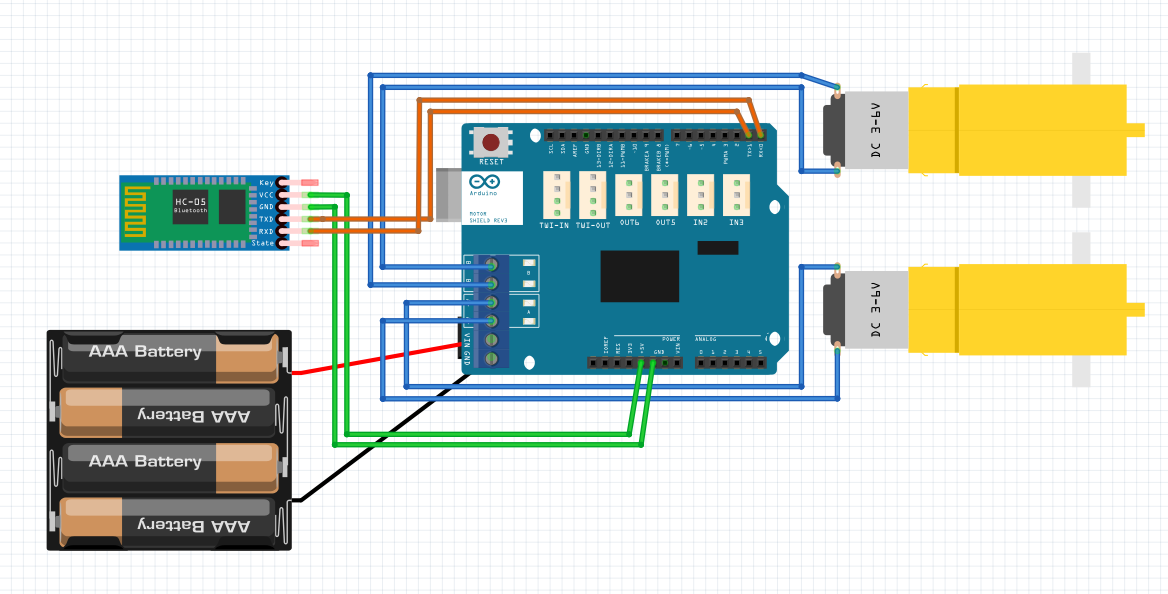
6. Программирование: Написание программы для микроконтроллера (например, Arduino), управляющей всеми компонентами робота. Реализация алгоритмов движения, обработки сигналов и взаимодействия с пользователем.

7. Тестирование и отладка: Проведение серии тестов робота в различных условиях. Оценка эффективности поиска металлических предметов. Выявление и устранение ошибок в работе аппаратной и программной части. Калибровка датчиков и металлоискателя.

Этапы реализации проекта.

Наша группа решила создать робот-металлоискатель, который сможет эффективно искать металлические предметы на заброшенных участках и в труднодоступных местах. Мы провели мозговой штурм, чтобы определить, какие функции и возможности должен иметь наш робот. В ходе мозгового штурма мы пришли к идее создания робота-металлоискателя. Обсудили возможные сценарии использования: от поиска археологических артефактов до помощи спасателям в зонах бедствий. Проанализировали существующие аналоги и решили сфокусироваться на создании компактного и маневренного робота на гусеничной платформе с дистанционным управлением. Это позволит ему эффективно работать в условиях ограниченного пространства и сложного рельефа. В результате мы сформулировали основные требования: мобильность, хороший радиус действия, простота управления и возможность работы в различных условиях.

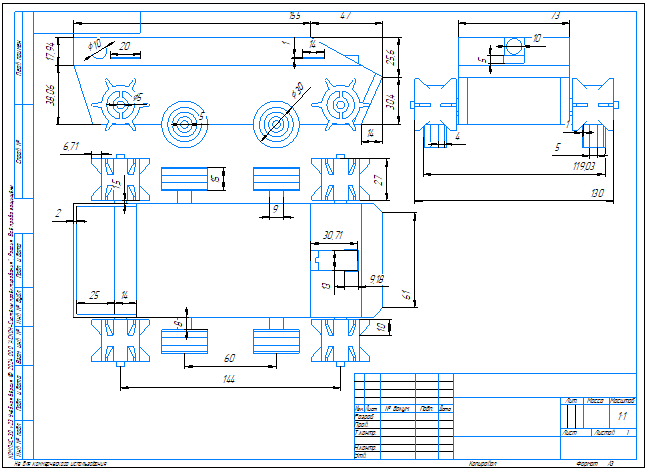
Решили, что для простоты представления конструкции каждый из нас поработает над эскизами. Мы сделали несколько набросков робота, прорабатывая его внешний вид и расположение основных компонентов. Особое внимание уделили размещению металлоискателя, датчиков и блока управления, чтобы обеспечить оптимальный баланс и функциональность. Схематически изобразили внутреннюю компоновку (рис.1), предусмотрев место для всех электронных компонентов и проводов. В результате мы пришли к единому эскизу, который учитывал размеры, размещение металлоискателя и других компонентов. Мы решили, что гусеничная база будет оптимальным вариантом для передвижения по сложным поверхностям.

****

*Рис.1.* Cхема соединения

Один из участников группы взял на себя ответственность за создание 3D-модели в КОМПАС-3D (рис.2). Он моделировал шасси, гусеницы и систему подвески, учитывая прочность конструкции и распределение веса. Затем разработал 3D-модели креплений для металлоискателя, датчиков, микроконтроллера и аккумулятора. Остальные члены группы помогали с проверкой размеров и совместимости деталей. Совместно мы провели виртуальную сборку, чтобы убедиться в совместимости всех деталей и отсутствии коллизий, собрали все элементы в единую модель и провели анализ прочности конструкции.

На этапе проектирования мы выбрали конкретные электронные компоненты: Arduino в качестве микроконтроллера, драйверы двигателей, ультразвуковые датчики расстояния, подходящий металлоискатель и аккумулятор. Разделили задачи по проектированию электрической схемы. Один из участников занимался выбором микроконтроллера, другие — разработкой схемы подключения всех компонентов, учитывая потребляемую мощность каждого компонента и обеспечивая правильное подключение. Начали писать программный код для управления двигателями, обработки данных с датчиков и металлоискателя. Разработали алгоритмы объезда препятствий и обработки сигналов от датчиков, чтобы обеспечить точное определение наличия металлов.



*Рис.2.* Создание модели в программе КОМПАС-3Д

Когда модель была готова, мы подготовили её к 3D-печати, экспортировав в формате STL. Один из членов группы ответственный за печать, настроил принтер и выбрал материал (PLA). Выбрали такой пластик в качестве материала для печати, настроили параметры печати, такие как толщина слоя и заполнение. Распечатали все необходимые детали на 3D-принтере и после завершения печати удалили поддержки и обработали поверхности деталей. Мы следили за процессом печати и помогали друг другу в случае возникновения проблем.

После завершения печати мы собрали все детали вместе с остальными компонентами: металлоискателем, датчиками и аккумуляторами, установив все электронные компоненты на шасси и подключив их согласно разработанной схеме. Каждый из нас отвечал за свою часть сборки: кто-то устанавливал механические элементы, кто-то занимался подключением электрических компонентов. Закрепили металлоискатель на предназначенном для него месте и подключили его к электронной системе. Установили аккумулятор и подключили его к системе питания. По завершению сборки мы загрузили программное обеспечение на микроконтроллер и проверили его работу.

Проводили тестирование разработки в несколько этапов. Сначала мы провели испытания в классе, проверяя работу всех систем. Провели серию тестов, начиная с проверки движения робота: вперед, назад, повороты. Откалибровали скорость и настроили управление. Затем протестировали работу металлоискателя на различных металлических предметах, определяя дальность и точность обнаружения. Проверили работу датчиков расстояния, настроили их чувствительность и протестировали алгоритмы объезда препятствий. Наконец, провели интеграционное тестирование, проверяя работу всех систем в комплексе в условиях, приближенных к реальным. Затем выехали на испытания, где протестировали робота в реальных условиях поиска металлических предметов. Мы записывали результаты и собирали обратную связь от каждого участника команды, чтобы внести необходимые изменения в алгоритмы обработки сигналов. На основе результатов тестов внесли необходимые корректировки в конструкцию, программное обеспечение и настройки робота.

На финальном этапе мы подготовили всю документацию по проекту: технические характеристики, инструкции по эксплуатации и обслуживанию. Один из участников создал презентацию, чтобы продемонстрировать результаты нашей работы. Мы также обсудили возможные улучшения для будущих версий робота.

Работа проводилась с 21 октября 2024 года по 12 февраля 2025 года:

1. Идея и концепция (1-2 дня)

2. Эскиз (2 дня)

3. Моделирование в КОМПАС-3D (7-10 дней)

4. Проектирование (7-10 дня)

5. 3D-печать (4 дня)

6. Сборка (3-4 дня)

7. Тестирование (5-7 дней)

Мы продолжаем работу над проектом и планируем дальнейшее совершенствование робота-металлоискателя. Таким образом, наша группа успешно прошла все этапы разработки робота-металлоискателя, что позволило нам не только реализовать проект, но и получить ценный опыт работы в команде!

Результаты работы

Наш проект Робот-металлоискатель основан на гусеничной базе, оснащен металлоискателем, датчиками и алгоритмами обработки сигналов, которые позволяют ему точно определять наличие металла.

Технические характеристики робота-металлоискателя:

• Габариты: 250 x 200 x 150 мм

• Масса: 1 кг

• Скорость движения: 10 см/с

• Источник питания: Li-ion аккумулятор, 3100 мАч (2 шт.)

• Время автономной работы: Пример: 1,5 часа

• Рабочая температура: от -10°C до +50°C

Инструкция по эксплуатации

1. Зарядка аккумулятора: Подключите зарядное устройство к аккумулятору робота. Заряжайте аккумулятор до полной зарядки, следуя инструкциям к зарядному устройству.

2. Включение робота: Нажмите кнопку включения на корпусе робота. Дождитесь звукового сигнала или световой индикации, подтверждающей включение.

3. Подключение пульта ДУ: Включите пульт дистанционного управления. Убедитесь, что пульт ДУ и робот сопряжены.

4. Управление движением: Используйте джойстик на пульте ДУ для управления движением робота: вперед, назад, повороты.

5. Настройка металлоискателя: Включите металлоискатель и настройте его чувствительность согласно инструкции к металлоискателю.

6. Поиск металла: Передвигайте робота по исследуемой территории. Следите за показаниями металлоискателя (звуковой сигнал, индикация).

7. Объезд препятствий: Робот автоматически обходит препятствия благодаря ультразвуковым датчикам.

8. Контроль наклона: Следите за показаниями датчика наклона, чтобы предотвратить опрокидывание робота.

9. Выключение робота: Нажмите кнопку выключения на корпусе робота. Выключите пульт дистанционного управления.

Обслуживание

1. Очистка: Регулярно очищайте робота от пыли и грязи, особенно гусеницы и датчики. Используйте мягкую щетку или сухую ткань.

2. Проверка креплений: Периодически проверяйте надежность крепления всех компонентов, особенно металлоискателя и датчиков.

3. Зарядка аккумулятора: Не допускайте полной разрядки аккумулятора. Храните аккумулятор в заряженном состоянии.

4. Проверка электронных компонентов: Периодически проверяйте состояние проводов, разъемов и электронных компонентов. При необходимости заменяйте поврежденные элементы.

5. Калибровка датчиков: При необходимости проводите калибровку датчиков расстояния и датчика наклона.

6. Обновление программного обеспечения: При наличии обновлений прошивки микроконтроллера, устанавливайте их согласно инструкции.

Внимание! Не используйте робота вблизи источников сильных электромагнитных полей. Не допускайте попадания влаги внутрь корпуса робота. При возникновении неисправностей обратитесь к специалисту.

Наш проект по разработке и созданию робота-металлоискателя успешно реализован. В ходе работы были выполнены все поставленные задачи: разработана и смоделирована конструкция робота, подобран и интегрирован необходимый набор электронных компонентов, включая металлоискатель и датчики, написано программное обеспечение для управления роботом и обработки данных. Созданный робот способен передвигаться по заданному маршруту, обходить препятствия и обнаруживать металлические предметы.

Проведенное тестирование подтвердило работоспособность всех систем робота и эффективность поиска металлических объектов в различных условиях. Результаты испытаний соответствуют заданным техническим характеристикам.

В процессе работы над проектом был приобретен ценный опыт в области робототехники, программирования и электроники. Полученные знания и навыки могут быть применены в дальнейших проектах, связанных с разработкой автоматизированных систем.

Разработанный робот-металлоискатель имеет потенциал для практического применения в различных областях, таких как:

\* Археология: поиск металлических артефактов на археологических раскопках.

\* Геологоразведка: поиск месторождений полезных ископаемых.

\* Поисково-спасательные работы: обнаружение металлических конструкций под завалами.

\* Безопасность: обнаружение металлических предметов в труднодоступных местах.

Робот – металлоискатель, обладающий компактными размерами и повышенной проходимостью, позволяет эффективно обнаруживать металлические предметы, (в том числе потенциальные клады) в труднодоступных для человека местах, в таких как: узкие проходы, пещеры, подвалы, завалы и т.д. тем самым снижая физическую нагрузку на человека и расширяя возможности поиска.

Наш робот-металлоискатель будет использоваться в научных целях и выполнять поисковые задачи, начиная с самого малого (железных крышечек) и заканчивая действительно ценными для науки находками.

В дальнейшем планируется усовершенствование робота, включая повышение автономности, улучшение алгоритмов навигации и обработки данных, а также разработку специализированных модулей для решения конкретных задач.

**Используемые источники**

1. Егоров, О. Д. Конструирование механизмов роботов [Текст] : учебник/ О. Д. Егоров. - М.: Абрис, 2012. - 444 с

2. Эрл Д.Гейтс. Введение в электронику: учебное пособие / Эрл Д.Гейтс; Ростов-на-Дону: Феникс, 1998. – 640 с., ISBN 5-222-00417-1

3. Юревич, Е. И. Основы робототехники: 3-е издание : учеб. пособие для вузов / Е. И. Юревич. - 3-е изд., перераб. и доп. - СПб.: Изд-во: БХВ-Петербург, 2010.

4. Разработка автономного робота на базе Arduino. Электронный ресурс - https://arduinomaster.ru/uroki-arduino/robot-mashinka-avtomobil-arduino/?ysclid=m7abq2stft874049690

5. Справочная система КОМПАС-3D: Электронный ресурс - https://help.ascon.ru/KOMPAS/22/ru-RU/idd\_online\_help\_setup\_dialog.html