

Государственное бюджетное образовательное учреждение г. Москвы

Школа № 1502 Энергия

Робототехнический проект

«Роботизированная тележка повышенной проходимости»

Выполнил:

Грачев Николай,

Учащийся 10 «Л» класса

Руководители:

Маслов Антон Николаевич, учитель робототехники

Москва, 2024г

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка 31 с., 21 рис., 12 источников, 5 приложений, 4 таблицы

РОБОТ-АССИСТЕНТ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ, МОДЕЛИРОВАНИЕ, РАЗРАБОТКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ.

Объектом исследования является применение прототипа робота-ассистента в городской среде.

Предметом исследования является прототип роботизированной тележки повышенной проходимости.

Цель проекта - создание прототипа тележки, способной перевозить грузы массой до 20 кг, с возможностью самостоятельного движения за своим владельцем и преодоления различных препятствий, присутствующих в городской среде.

В ходе работы над проектом был проведен анализ предметной области, установлены задачи, область применения проекта. Так же был произведен анализ аналогов роботов-ассистента.

В качестве методов исследования использовались как теоретические (анализ аналогов и их технических характеристик), так и компьютерный эксперимент (3Д-моделирование робота, сборка прототипа в САПР, программирование робота).

В результате работы над проектом был спроектирован и собран прототип робота-ассистента, который умеет следовать за человеком при помощи камеры и датчика расстояния. Также реализована видео связь, при помощи которой можно дистанционно управлять роботом, запрограммированы микроконтроллер (Arduino Uno) и микрокомпьютер (Raspberry Pi 3). После тестов прототипа была получена положительная рецензия на проект.

Сокращения

ПО Программное обеспечение

ЧПУ Числовое программное управление

САПР Система автоматизированного проектирования работ

IDE Integrated Development Environment

IDLE Integrated Development and Learning Environment

Список использованных терминов

Робот- помощник - спец. робот, работающий вместе с человеком, помогающий в какой-либо деятельности; робот, обслуживающий человека.

Arduino Uno – контроллер, построенный на базе ATmega328.

Raspberry pi 3 - одноплатный компьютер, изначально разработанный как бюджетная система для обучения информатике, но позже получивший более широкое применение и известность.

Прототип – работающая модель, опытный образец устройства или детали в дизайне, конструировании, моделировании.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
Актуальность	6
Цель проекта	6
Задачи	7
Гипотеза	7
Методы исследования	7
1. ПОИСКОВО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЭТАП.	9
1.1 Аналогии	9
1.2. Виды тележек	10
1.3 Разработка идеи и концепции робота	11
1.3.1 Формулировка технического задания	11
2. КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ЭТАП.	12
2.1 Проектирование прототипа	12
2.2 Колесо повышенной проходимости	13
2.3 Бокс для вещей и продуктов	15
2.4 Управление прототипом робота-ассистента.	16
2.5 Видеозрение прототипа робота.	16
2.6 Электронные компоненты прототипа роботизированной тележки.	17
2.7 Программирование. Алгоритм работы робота	18
2.8 Создание электрической платы	22
2.9 Модификация проекта	23
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	24
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	25
Литература	25
Интернет-ресурсы	25
ПРИЛОЖЕНИЯ	26
ПРИЛОЖЕНИЕ А	26
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	27
ПРИЛОЖЕНИЕ В	28
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	30
ПРИЛОЖЕНИЕ Д	31

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире роботы-ассистенты играют важную роль в улучшении производства и обеспечении помощи в различных сферах деятельности. В частности, в контексте физических трудовых нагрузок [1], особенно в областях, где переноска тяжелых и громоздких предметов – не только рутинная, но и необходимая задача, роботы-ассистенты призваны предоставить бесценную помощь. Существует множество разнообразных тележек и механических устройств, но поиск универсального решения, способного эффективно справляться с разнообразными задачами, всегда оказывается сложной задачей.

Актуальность

В условиях, когда подъем тяжелых грузов может оказать отрицательное воздействие на здоровье [1], робот-ассистент представляет собой крайне актуальное и инновационное решение. Вместе с тем, имея способность переносить вещи, он эффективно разрешает проблему транспортировки тяжелых предметов, освобождая руки для выполнения других задач. Таким образом, разработка и внедрение робота-ассистента, способного самостоятельно вести вещи за человеком становится неотъемлемой составляющей в повседневной жизни, обеспечивая комфорт, безопасность и эффективность в выполнении повседневных задач.

Цель проекта

Создание прототипа тележки, способной перевозить грузы массой до 20 кг, с возможностью самостоятельного движения за своим владельцем и преодоления различных препятствий, присутствующих в городской среде (бордюры, ступеньки).

Задачи

- ознакомиться с аналогами;
- описать функционал будущего устройства;
- изучить виды тележек на дистанционном управлении и с повышенной проходимостью;
- создать 3D-модель робота в КОМПАС-3Д.
- разработать колесо повышенной проходимости для преодоления препятствий (бордюр и лестница);
- провести испытания колеса повышенной проходимости;
- разработать и отладить ПО для микроконтроллера и микрокомпьютера;
- разработать и отладить ПО для модуля видео зрения;
- изготовить электрическую плату;
- написать веб-приложение для управления роботом;
- испытать прототип робота в условиях городской среды;
- апробировать изделие.

Гипотеза

Робот-ассистент может быть полезен в качестве помощника человеку: для помощи при перевозке предметов.

Методы исследования

Теоретические (изучение научных изданий; работа с интернет-ресурсами):

1. Исследование информации, содержащей рекомендации по максимально допустимому и рекомендуемому весу для переноски различных предметов различными группами людей [1].

2. Анализ данных, полученных из литературы и тестов современных роботов-перевозчиков [4];

3. Проектирование функционала робота;
4. Подбор необходимых для создания робота материалов;
5. Подбор необходимых для создания робота электроники.

Метод конструирования, компьютерный эксперимент, включая:

1. Моделирование деталей в САПР;
2. Общая сборка прототипа в САПР;
3. Программирование микроконтроллера и микрокомпьютера.

Для работы с 3D-моделированием, программированию микроконтроллеров

робота и видео зрению, для работы с электроникой бралась информация из списка источников [2,3,5-12].

1. ПОИСКОВО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЭТАП.

1.1 Аналоги

В настоящее время практически отсутствуют устройства, способные предоставить личное пользование, при этом обладающие функциональностью дистанционного управления, возможностью самостоятельного преодоления препятствий и при этом сочетающиеся с доступной ценовой политикой.

Таблица 1 - Аналоги разрабатываемого робототехнического проекта

	"Ровер" - робот-курьер от Яндекса, полностью совместимый с сервисами компании и обладающий высокой автономностью. Однако, в силу своей сложной конструкции, он не обладает способностью подниматься по лестницам. Также не предназначенный для личного использования.
	"Умный чемодан LEED Luggage" от производителя Cowarobot — это чемодан, способный самостоятельно передвигаться за владельцем, но только по ровным поверхностям.
	"Spot" - высокотехнологичная робот-собака от компании Boston Dynamics, обладающая высокой проходимостью и разносторонними функциональными возможностями, хотя требует постоянного энергопотребления и имеет большую цену.

Проанализировав аналоги, было определено, что необходимо создать тележку с повышенной проходимостью, а также добавить такие функции как:

самостоятельное преодоление препятствий, дистанционная езда, езда с ручным управлением через веб-приложение.

1.2. Виды тележек

Для проведения анализа были рассмотрены разнообразные конструкции тележек, включая изучение их структуры и особенностей, результаты приведены в таблице.

Таблица 2 - Типы тележек по конструкции.

	<p>Гусеничная тележка привлекает своей высокой проходимостью, устойчивостью и потенциалом для перевозки больших грузов. Однако, её значительный вес, сложная конструкция и относительно невысокая скорость передвижения ограничивают её универсальность в некоторых условиях.</p>
	<p>Колесная тележка представляет из себя образец высокой надежности, требующий минимального обслуживания, обладающий отличной скоростью передвижения и устойчивостью. Тем не менее, её невысокая проходимость, ограниченная радиусом колеса, оставляет ограниченные возможности в условиях с неровной местностью.</p>
	<p>Шагающая тележка обладает впечатляющей проходимостью, практически в полтора раза превышающей радиус колеса. Несмотря на это, её неустойчивость, сложность конструкции и высокий уровень энергозатрат делают её менее привлекательным выбором в определенных ситуациях.</p>

С учетом всестороннего рассмотрения плюсов и минусов многоколесных тележек, было принято решение о совершенствовании тройных колес.

1.3 Разработка идеи и концепции робота

1.3.1 Формулировка технического задания

Было решено создать прототип робота-ассистента, основными функциями которого будут:

- самостоятельное преодоление различных препятствий в городской среде (бордюр и лестница);
- самостоятельное передвижение за своим владельцем.

Для робота-ассистента, обеспечивающего перевозку вещей, требуется безопасность во взаимодействии с людьми, а также габариты, учитывающие окружающую среду.

2. КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ЭТАП.

2.1 Проектирование прототипа

Исходя из технического задания, было принято реализовать кинематику тройного колеса (ПРИЛОЖЕНИЕ А), так как это позволит роботу преодолевать препятствия до полутора радиусов самого колеса. Корпус должен быть прочным, для этого были применены алюминиевые углы и несколько слоев стекловолокна (см. рис. 2). Крышка специально была разработана со скосами, так как это защищает корпус от попадания во внутрь влаги (см рис.1). Для анализа расстояния до объектов были использованы лазерные датчики, для управления камерой и моторами были использованы 1 микрокомпьютер (Raspberry Pi 3) и 1 микроконтроллер (Arduino Uno). Далее была составлена структурная схема робота (см. рисунок 2)

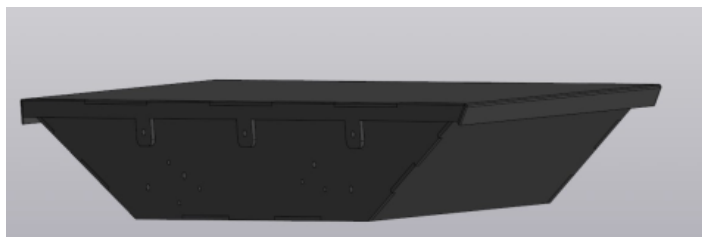


Рисунок 1 – 3Д-модель корпуса



Рисунок 2 – Корпус, покрытый и крышки стеклотканью

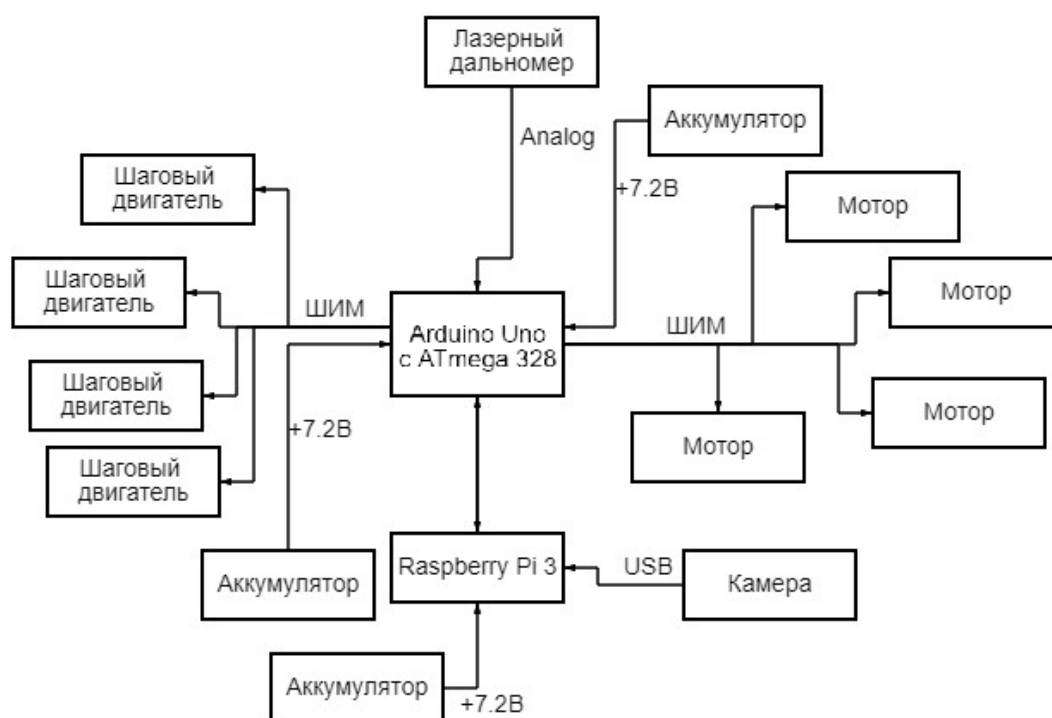


Рисунок 3 – Структурная схема робота

Чертежи прототипа роботизированной тележки повышенной проходимости предоставлены в разделе ПРИЛОЖЕНИЕ В.

2.2 Колесо повышенной проходимости.

Мною было разработано колесо повышенной проходимости, которое представляет собой колесный узел с редуктором. Изначально оно было собрано из конструктора (см. рис. 4). Далее были вырезаны крестовины из фанеры (см. рис. 5). В итоге редуктор был закрыт (см. рис. 6). Засчет своего строения колесо будет “залезать на препятствие и цепляться” (см. рис. 7). Также имеется возможность изменения положения крестовины и ее фиксация, за счет шаговых двигателей и специальной накладке, распечатанной на 3Д-принтере. При помощи данной способности робот способен производить переход с восьми колес на четыре, что позволит улучшить манёвренность устройства. Шины для колеса были распечатаны из пластика FLEX (см. рис. 8), что позволило увеличить сцепление с поверхностью.

3D-модель колеса повышенной проходимости предоставлены в разделе
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.



Рисунок 4 - Сборка колеса из конструктора



Рисунок 5 – Первая версия крестовин



Рисунок 6 – Крестовина закрытого типа

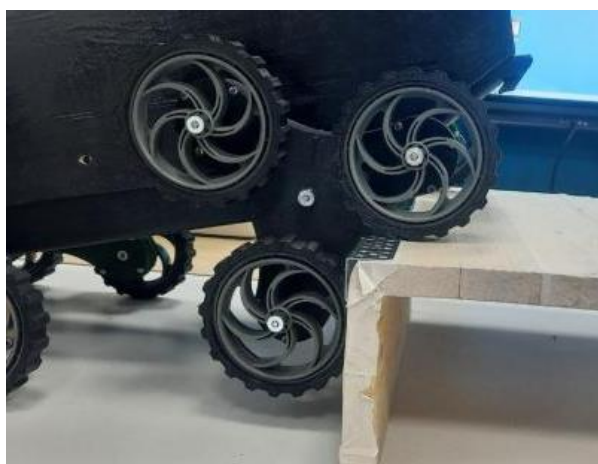


Рисунок 7 – пример зацепа колеса



Рисунок 8 – печать колеса из FLEX на 3Д-принтере

2.3 Бокс для вещей и продуктов

Был разработан съемный бокс на крышку робота для перевозки различных вещей. Установленный на крыше робота-ассистента, бокс представляет собой удобное средство для перевозки. Он оснащен двумя отделениями: одно предназначено для электроники, второе – для продуктов и личных вещей, общим объемом 12 литров. (см. рис. 9). Бокс был вырезан из фанеры, склеен (см. рис. 10) и покрашен эпоксидной краской, что дало ему защиту от влаги.

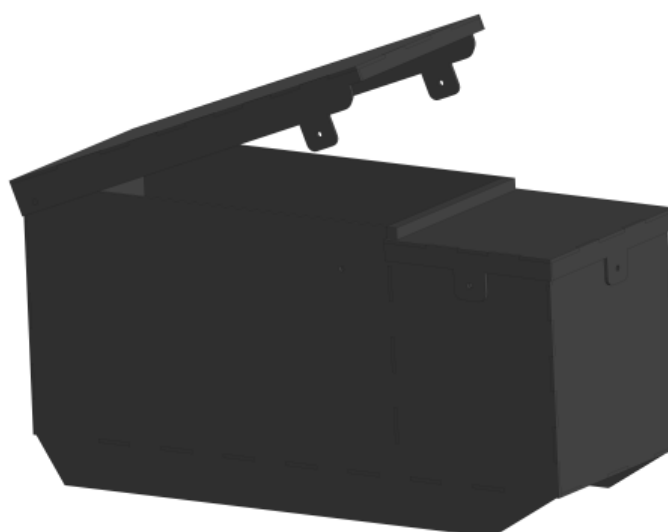


Рисунок 9 – 3Д-модель бокса



Рисунок 10 – Собранный бокс

2.4 Управление прототипом робота-ассистента.

В роботе находятся датчик расстояния (Sharp GP2Y0A41), микроконтроллер (Arduino Uno), при помощи ведется управление моторов и микрокомпьютер (Raspberry Pi 3b), благодаря которому обеспечивается связь с пользователем, управление микроконтроллером и автономным режимом езды.

2.5 Видеозрение прототипа робота.

Для определения пользователя в пространстве была использована камера (см. рис. 11), а для работы с ней были использованы библиотека Open CV, язык программирования Python.



Рисунок 11 – USB камера Microsoft LifeCam Cinema.

Таблица 3 – основные характеристики камеры

Наименование	Характеристика
Размеры (ШхВхД)	46 x 40 x 56 мм
Тип матрицы	CMOS
Разрешение матрицы	1 Мп
Разрешение кадра (максимальное)	1280 x 720 пикселей
Угол обзора	73
Интерфейс	USB2.0

Робот, оснащенный камерой способен самостоятельно перемещаться в городской среде, позволяя пользователю управлять на дистанционном управлении.

2.6 Электронные компоненты прототипа роботизированной тележки.

Перечислим основные электронные компоненты, используемые в прототипе роботизированной тележки повышенной проходимости.

Таблица 4 - Перечень используемых электронных компонентов в прототипе роботизированной тележки повышенной проходимости.

№	Наименование	Количество
1	Шаговый мотор	4
2	Бесколлекторный мотор	4
3	Arduino Uno	1
4	Аккумулятор 7.2В	3
5	Raspberry Pi 3b	1

Шаговые моторы нужны для изменения положения крестовин в пространстве, за счет их подъема, который осуществляется при помощи специальной накладки (см. рис. 12), напечатанной на 3Д-принтере.

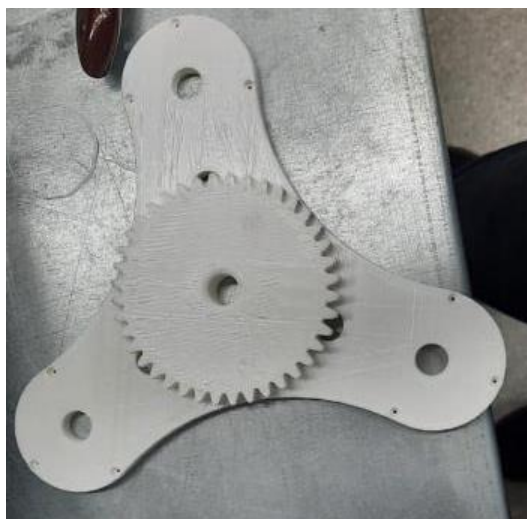


Рисунок 12 – Накладка на крестовину.

При помощи бесколлекторных моторов осуществляется движение. Arduino Uno управляется моторами и снимает показания датчика для передаче Raspberry Pi 3. Raspberry Pi 3b осуществляет обработку видео сигнала, осуществляет связь с пользователем через веб-приложение и управляет Arduino Uno.

2.7 Программирование. Алгоритм работы робота.

Мною был написан ряд программ (движение робота, считывание данных с датчиков, распознавание объекта, связь робота с пользователем), позволяющих реализовать общий алгоритм (см. рисунок 13).

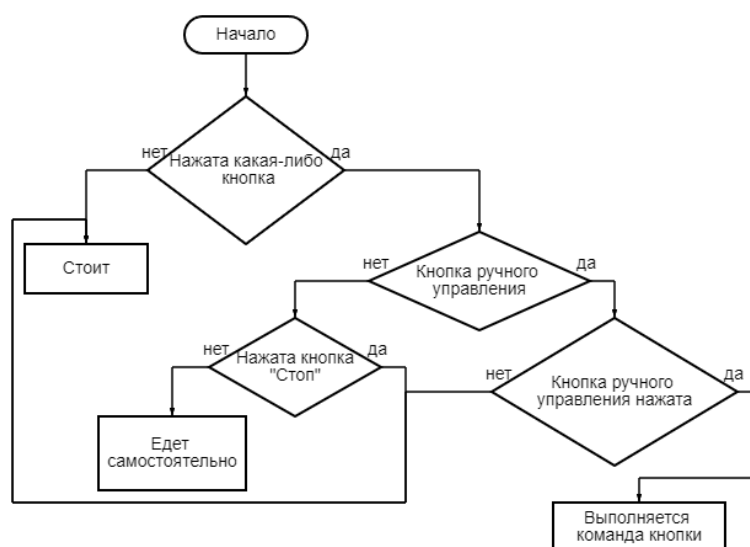


Рис. 13 – Блок схема общего алгоритма

Также для проезда робота я разработал систему навигации (см. рисунок 14). Благодаря лазерному датчику (он находится спереди робота) и камере, робот может двигаться за своим владельцем самостоятельно.



Рисунок 14 – Блок схема алгоритма автономной езды.

Принцип работы автономного алгоритма заключается в обработке видеосигнала на Raspberry Pi 3 при помощи библиотеки OpenCV [11]. Программа получает на вход видеопоток и при помощи предустановленных настроек цвета находит отличительный элемент (желтая жилетка) (см. рис. 15), после чего определяет ее положение в пространстве (см. рис. 16) и в зависимости от ее расположения посылает на микроконтроллер команду для корректировки направления.



Рисунок 15 – Жилетка

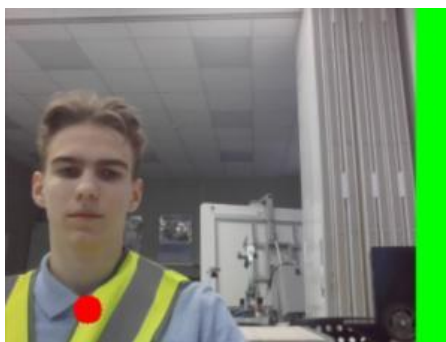


Рисунок 16 – Пример определения жилетки в пространстве

Ниже я привел фрагмент кода на языке Python [7] с использованием библиотеки OpenCV [11], который отвечает за определение положения жилетки в кадре камеры (см. рис. 17). Картинка разделяется на 3 зоны. Если жилетка была обнаружена в центральной зоне, то тележка движется вперед. Однако, при обнаружении жилетки в левой или правой зонах, программа отправляет сообщение об изменении направления движения в противоположную сторону.

```
if dArea > 100:
    x = int(dM10 / dArea)
    y = int(dM01 / dArea)
    cv2.circle(img, (x, y), 10, (0, 0, 255), -1)

    if (x <= (width / 2 + edge)+10) and (x >= (width / 2 - edge)-10) and x != 0:
        print("G")

    if (x > (width / 2 + edge)+10) and x != 0:
        print("L")
        cv2.rectangle(img, (0, 0), (30, height), (0, 255, 0), -1)

    if (x < (width / 2 - edge)-10) and x != 0:
        print("R")
        cv2.rectangle(img, (width - 30, 0), (width, height), (0, 255, 0), -1)
else:
    print("S")
```

Рисунок 17 – Фрагмент кода с алгоритмом обнаружения жилетки

Для удобного управления роботом был разработано веб-приложение (см. рисунок 18). На нем очень удобно управлять роботом.

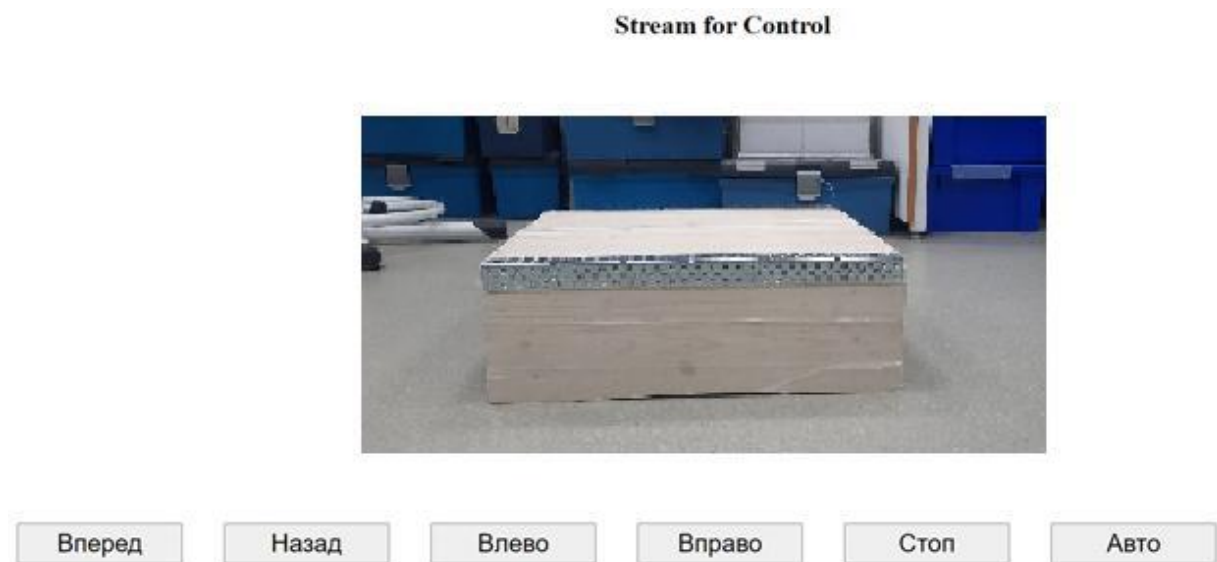


Рисунок 18 – Веб-приложение для управления роботом

Веб-приложение было написано с использованием таких языков программирования, как Python [7], HTML [9], JavaScript [12].

На рисунках 19, 20 представлены рендер и полная сборка роботизированной тележки повышенной проходимости.



Рисунок 19 – Рендер модели робота в САПР



Рисунок 20 – Полная сборка робота

2.8 Создание электрической платы

Была разработана электрическая плата для оптимального размещения источников питания и драйверов моторов. Плата была сделана в программе Fritzing [10]. Далее была она создана путем фрезеровки на ЧПУ станке (см. рис. 21). Принципиальная схема и трассировка платы представлены в ПРИЛОЖЕНИИ Г.

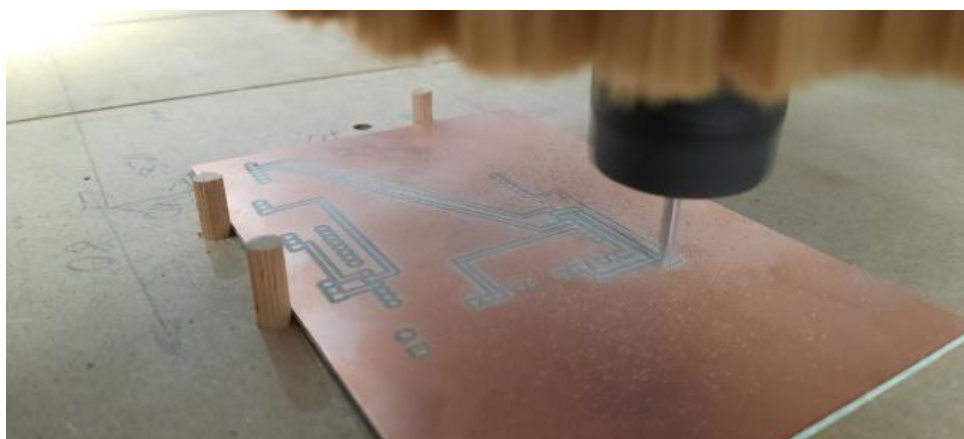


Рисунок 21 – Фрезеровка платы на ЧПУ станке

2.9 Модификация проекта

В дальнейшем я планирую доработать программы робота, так как в дальнейшем планируется проводить тесты в городской местности. Также в будущем можно использовать технологии формовки для изготовления деталей, тем самым удешевляя производство робота. Планируется разработать станцию робота, где можно будет производить зарядку робота, также использовать лидар и электронные карты для улучшения автономности робота. С технологической картой проекта можно ознакомиться в ПРИЛОЖЕНИИ А.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В итоге работы надо работотехническим проектом были выполнены следующие задачи:

- изучены аналоги;
- описан функционал будущего устройства;
- изучены виды тележек по конструкции и типам управления;
- создана 3D-модель робота в КОМПАС-3Д.
- разработано колесо повышенной проходимости и проведены его испытания;
- разработано и оптимизировано ПО для микроконтроллера, микрокомпьютера и модуля видео зрения;
- изготовлена электрическая плата;
- написано веб-приложение для управления роботом;
- испытан прототип робота в условиях городской среды;

Также была получена рецензия на проект. Благодаря такому изделию повседневная жизнь любого человека станет более удобной и простой.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Выписка из письма министерства труда РФ от 22 июня 2016 г. N 15-2/ООГ-2247 «О работах, связанных с подъемом и перемещением тяжестей»

Литература

2 Изучаем Python: программирование игр, визуализация данных, веб-приложения. 3-е изд. Мэтиз Эрик, 2022

3 Програмируем Arduino. Профессиональная работа со скетчами. Саймон Монк, 2017

Интернет-ресурсы

4 Статья “Топ автономных роботов” [Электронный ресурс] - <https://dzen.ru/a/YBfDJNPJFFDGyt7V> (дата обращения: 20.09.2023)

5 Официальный сайт Arduino [Электронный ресурс] - <https://www.arduino.cc> (дата обращения: 20.09.2023).

6 Официальная база знания Амперки - Амперка вики [Электронный ресурс] - <http://wiki.amperka.ru> (дата обращения: 17.10.2023).

7 Официальный сайт Python [Электронный ресурс] - <https://www.python.org> (дата обращения: 5.9.2023).

8 Официальный сайт 3DToday [Электронный ресурс] - <https://3dtoday.ru> (дата обращения: 5.9.2023).

9 Портал по изучению языка программирования HTML – html academy [Электронный ресурс] - <https://htmlacademy.ru> (дата обращения: 7.10.2023).

10 Официальный сайт конструктора схем Fritzing [Электронный ресурс] – <https://fritzing.org> (дата обращения: 14.1.2024).

11 Официальный сайт библиотеки Python OpenCV [Электронный ресурс] - <https://opencv.org/> (дата обращения: 05.01.2024).

12 Сайт по обучению JavaScript [Электронный ресурс] - <https://learn.javascript.ru/> (дата обращения: 17.01.2024).

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Описание технологической операции	Используемое оборудование	Время (часы)	Ссылка на рисунок ПЗ
Моделирование в САПР программе	Компас 3D	150	Приложение Б, В Рис.2,7
Лазерная резка фанеры	ЧПУ лазерный станок	10	-
Обработка деталей	Ручной инструмент, электроинструмент.	50	-
Пайка элементов	Паяльная станция	5	-
Проектирование печатной платы	Компьютер, ПО	5	Приложение Г
Программирование Arduino Uno	Компьютер, ПО	30	-
Программирование Raspberry pi 3	Компьютер, ПО	50	Рис. 17
Постобработка деталей	Наждачная бумага, краска	10	-
Сборка прототипа	Ручной инструмент, электроинструмент	10	Рис.8
Отладка прототипа	Компьютер, ПО, прототип	70	-
Итого: 390 часов			

Рисунок А.1 – Технологическая карта

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

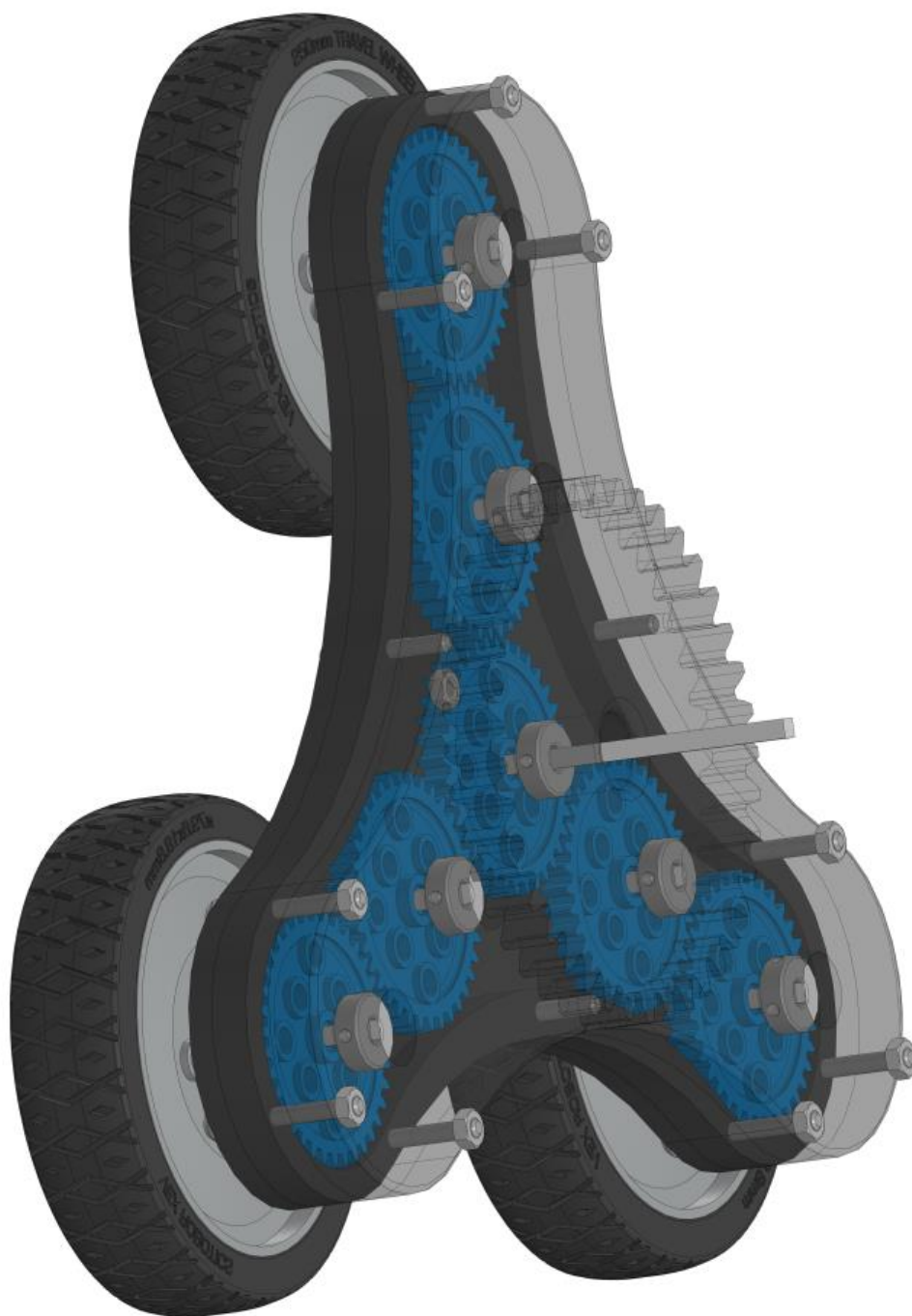


Рисунок Б.1 – 3-Д модель колеса повышенной проходимости

ПРИЛОЖЕНИЕ В

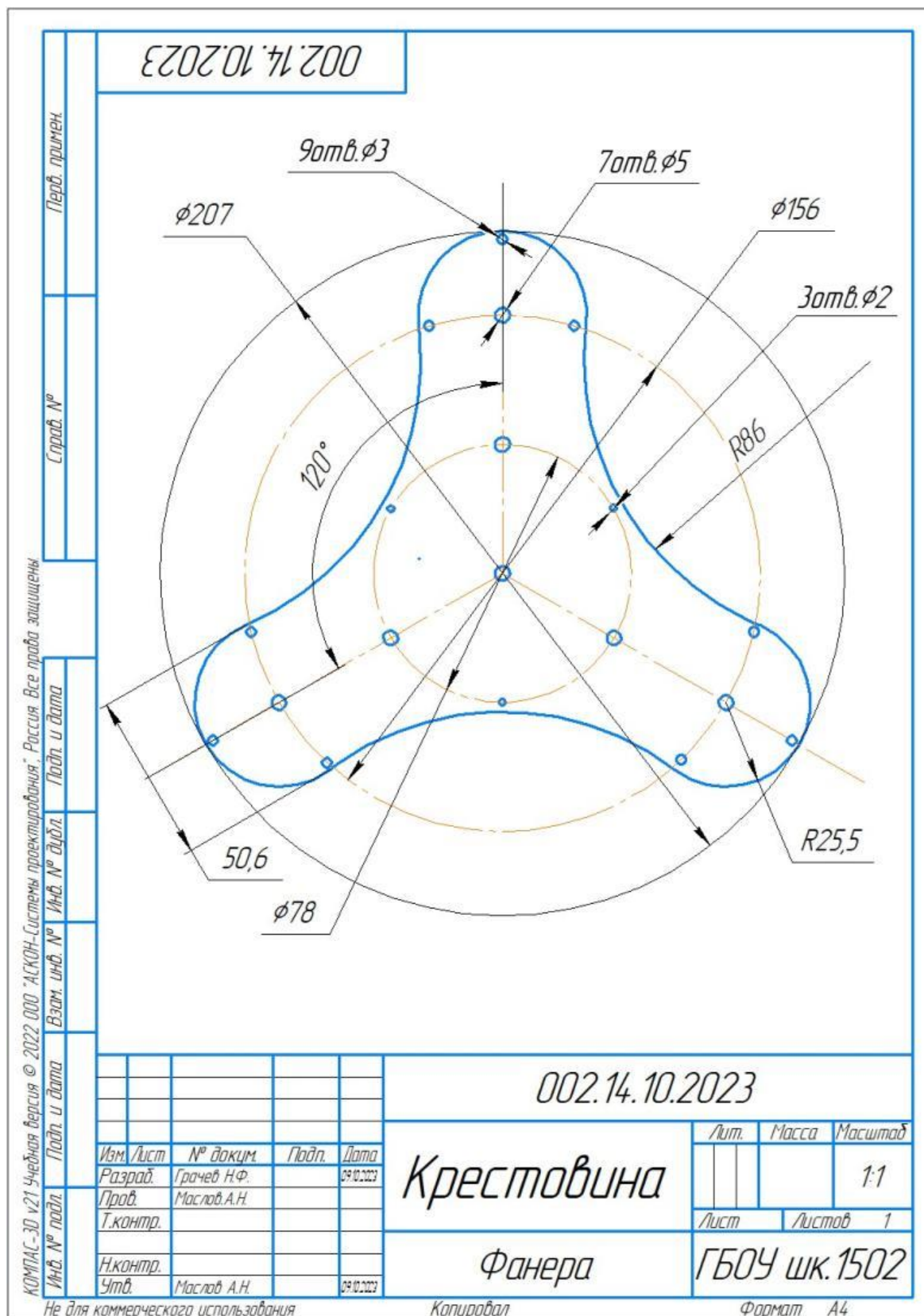


Рисунок В.1 – Чертеж крестовины колеса повышенной проходимости

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

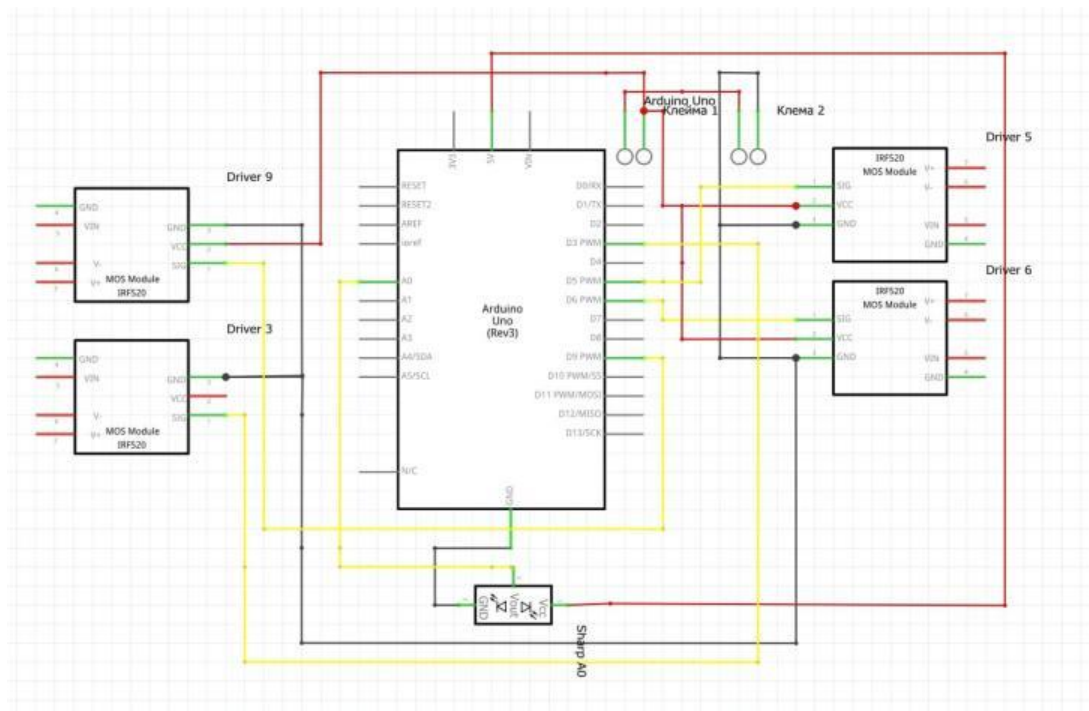


Рисунок Г.1 – Принципиальная схема

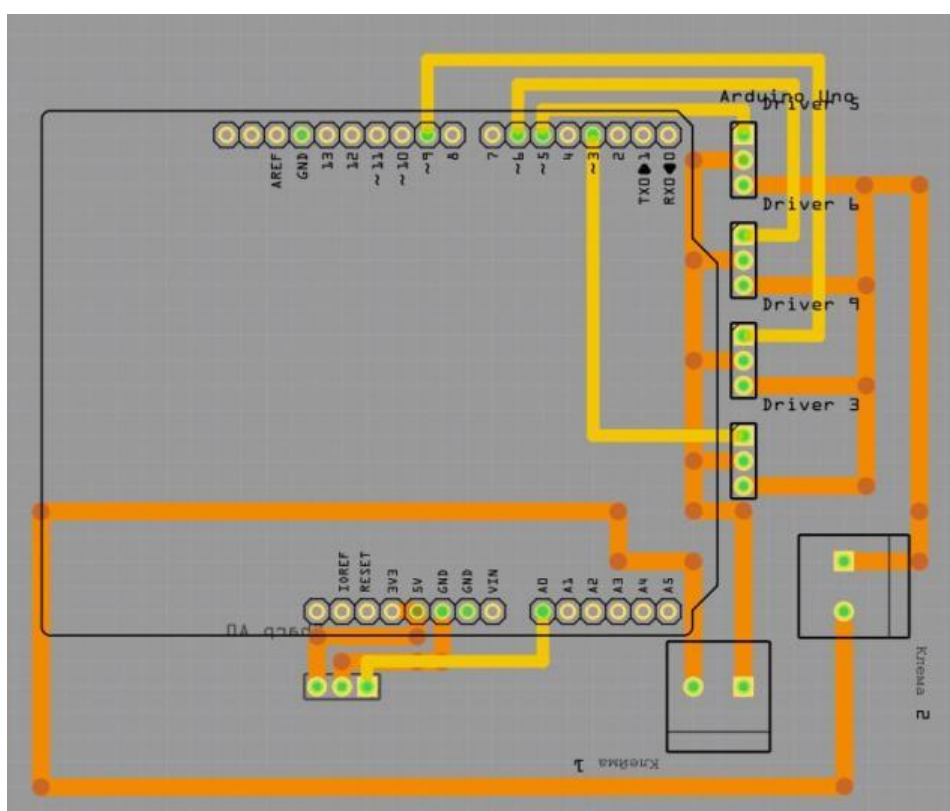


Рисунок Г.2 – Трассировка платы

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Рецензия на проект

Грачева Н. ГБОУ Школа № 1502 (Москва)

"Роботизированная тележка повышенной проходимости"

заведующий кафедрой

РМДиПМ НИУ МЭИ

Меркурьев И.В.

На рассмотрение представлен проект "Роботизированная тележка повышенной проходимости". Продемонстрировано управление тележкой с использованием беспроводных каналов связи и приложена техническая документация.

Данный прототип, представляет собой мобильную платформу с не стандартным колесным узлом. Корпус сделан из фанерных листов, покрытых композитным материалом, что придает эстетический вид и прочность конструкции. На борту тележки имеется web-камера и мини компьютер для обработки и передачи изображения на сервер. Для управления двигателями используются драйверы VEX и плата Arduino uno.

Рассмотрев функционал роботизированной тележки повышенной проходимости и сравнив с другими аналогами, можно отметить явное преимущество данного аппарата в проходимости по пересеченной местности. Отсутствие подвески конечно накладывает ограничения на тип перевозимого груза, но этим увеличивается надежность и уменьшается цена самой конструкции тележки.

К недостаткам работы можно отнести отсутствие теоретических расчетов нагрузки на двигатели колес и шестеренки редуктора, что необходимо для выбора типа двигателей. Так же не разработаны опоры валов двигателей и шестеренок редукторов, что приводит к быстрому износу корпуса тележки и большим люфтам.

Рецензируемый проект "Роботизированная тележка повышенной проходимости" соответствует высокому уровню требований к мобильным, автономным системам и может быть рекомендован к реализации.

Заведующий кафедрой

РМДиПМ НИУ МЭИ

 /Меркурьев И.В./

Рисунок Д.1 - Рецензия