|  |  |
| --- | --- |
| Изображение выглядит как эмблема, герб, нашивка, символ  Контент, сгенерированный ИИ, может содержать ошибки. | **Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  **Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  **высшего образования**  **«Московский государственный технический университет**  **имени Н.Э. Баумана**  **(национальный исследовательский университет)»**  **(МГТУ им. Н.Э. Баумана)** |

ФАКУЛЬТЕТ «Специальное машиностроение»

КАФЕДРА «Робототехнические системы и мехатроника»

**РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

***К НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ***

***НА ТЕМУ:***

***Разработка мобильной платформы для обучения***

Студент СМ7-74Б **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Волков А.О.**

(Группа) (Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

Руководитель **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Калиниченко С.В.**

(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

*2024 г.*

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**

**высшего образования**

**«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана**

**(национальный исследовательский университет)»**

**(МГТУ им. Н.Э. Баумана)**

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(Индекс)

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(И.О.Фамилия)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение научно-исследовательской работы**

|  |  |
| --- | --- |
| По теме: | Разработка двухосевого привода направленной антенны |
| для установки на БПЛА | |
|  | |

Студент группы \_\_\_\_СМ7-74б\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Волков Андрей Олегович\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(Фамилия, имя, отчество)

Направленность НИР (учебная, исследовательская, практическая, производственная, др.)

\_\_\_\_\_\_\_\_практическая\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Источник тематики (кафедра, предприятие, НИР) \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

График выполнения НИР: 25% к 5 нед., 50% к 7 нед., 75% к 10 нед., 100% к 14 нед.

|  |  |
| --- | --- |
| ***Техническое задание*** | Разработать двухосевой привод для встраивания в систему |
| ретрансляции сигнала с возможностью установки на БПЛА для увеличения дальности | |
| передачи сигнала | |

***Оформление научно-исследовательской работы:***

Расчетно-пояснительная записка на \_\_\_\_\_ листах формата А4.

Перечень графического (иллюстративного) материала (чертежи, плакаты, слайды и т.п.)

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Дата выдачи задания « 17 » сентября 2024 г.

**Руководитель НИР**  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ **Калиниченко С.В.**

(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

**Студент \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Волков А.О.**

(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

Примечание: Задание оформляется в двух экземплярах: один выдается студенту, второй хранится на кафедре.

# РЕФЕРАТ

Объект выпускной квалификационной работы: Разработка мобильной платформы для обучения.

Расчетно-пояснительная записка к выпускной квалификационной работе содержит … страницы машинописного текста, … рисунков, … таблиц. При выполнении дипломного проекта использовались следующие программы: Microsoft Word, Компас 3D V20, Matlab, Mathcad, Inventor 2025.

В данной расчетно-пояснительной записке приведены:

1. Анализ задачи и техническое задание;
2. Структура системы управления;
3. Подбор комплектующих элементов;
4. Расчет системы управления приводом;
5. Разработка алгоритма управления;
6. Моделирование алгоритма управления;
7. Конструирование узла линейного привода

Ключевые слова: манипулятор, привод вращения плеча, электродвигатель, система управления, конечный автомат, сеть Петри, моделирование, компьютерное зрение.

СОДЕРЖАРНИЕ

[РЕФЕРАТ 3](#_Toc191730297)

[ВВЕДЕНИЕ 5](#_Toc191730298)

[1. ОБЗОР ПРОЕКТА 6](#_Toc191730299)

[1.1 Актуальность задачи 6](#_Toc191730300)

[1.2 Анализ существующих мобильных платформ 6](#_Toc191730301)

[2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ 7](#_Toc191730302)

[2.1 Функциональной схемы управления роботом 7](#_Toc191730303)

[3. ВЫБОР КОМПОНЕНТОВ МОБИЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ 9](#_Toc191730304)

[3.1 Подбор компонентов для нижнего уровня управления 9](#_Toc191730305)

[3.1.1 Электродвигатель 9](#_Toc191730306)

[3.1.2 Энкодер 10](#_Toc191730307)

[3.1.3 Драйвер привода 11](#_Toc191730308)

[3.2 Подбор компонентов для среднего уровня управления 12](#_Toc191730309)

[3.3 Подбор компонентов для верхнего уровня управления 13](#_Toc191730310)

[3.4 Подбор вспомогательный компонентов 14](#_Toc191730311)

[3.4.1 Аккумулятор 14](#_Toc191730312)

[3.4.2 Колеса Илона(меканиум) 15](#_Toc191730313)

[3.4.3 Лидар 16](#_Toc191730314)

[ПРИЛОЖЕНИЕ А 17](#_Toc191730315)

# ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на значительный прогресс в области робототехники, проблема подготовки специалистов, обладающих не только теоретическими знаниями, но и практическими навыками работы с реальным оборудованием, остаётся актуальной. Существующие образовательные платформы зачастую либо слишком просты и не позволяют изучать сложные алгоритмы, либо слишком дороги и сложны в освоении. В связи с этим задачей данной дипломной работы является разработка и создание доступной и функциональной мобильной платформы, предназначенной для обучения студентов основам робототехники. Платформа позволит студентам на практике изучить вопросы построения систем управления движением, навигации и взаимодействия с окружающей средой, тем самым обеспечивая более качественное освоение информации.

Целью работы является разработка мобильной платформы для образовательных целей, включающая анализ существующих решений, проектирование конструкции, создание системы управления и разработку алгоритмов ориентации в пространстве для обеспечения автономного перемещения и выполнения задач.Начало формы

Конец формы

Начало формы

Конец формы

# ОБЗОР ПРОЕКТА

## Актуальность задачи

## Анализ существующих мобильных платформ

Существует широкий ассортимент мобильных платформ, предназначенных для образовательных целей, которые классифицируются на два основных типа. Первый тип представляет собой мобильную платформу, интегрированную с манипулятором в единую конструкцию. Второй тип предполагает использование манипулятора и мобильной платформы в качестве отдельных роботизированных устройств, способных функционировать как совместно, так и независимо друг от друга. Далее рассмотрим несколько примеров таких решений.

**MyAGV**

**Kuka youbot**

**RoboMaster EP**

# ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

## Функциональная схема управления роботом

Система управления организована по трехуровневой иерархической схеме:

**Верхний уровень (управляющий компьютер):** отвечает за ключевые задачи SLAM-навигации — локализацию и построение карты — с использованием данных лидара. Также управляет приводами через микроконтроллер, определяя требуемое движение.

**Средний уровень (микроконтроллер):** выполняет роль связующего звена, обеспечивая взаимодействие между управляющим компьютером и приводами.

**Нижний уровень (аппаратная часть):** состоит из четырех мотор-редукторов постоянного тока с энкодерами, отвечающих за движение, и лидара, обеспечивающего сбор данных об окружающей среде.

Изображение выглядит как текст, диаграмма, снимок экрана, Параллельный

Контент, сгенерированный ИИ, может содержать ошибки.

1. Функциональная схема системы управления

# ВЫБОР КОМПОНЕНТОВ МОБИЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ

Мобильная платформа состоит из рамы, лидара, компьютера, микроконтроллера, аккумуляторного отсека и 4 приводов, которые включают в себе драйвер привода, двигатель постоянного тока с планетарном редуктором и магнитного энкодер установленного на валу двигателя

## Подбор компонентов для нижнего уровня управления

### Электродвигатель

Согласно требованиям технического задания, грузоподъёмность платформы должна составлять не менее 15 кг. В рамках данного проекта используются всенаправленные колёса (колёса Илона). При выборе учтены особенности движения платформы, рассмотренные в разделе теоретического проектирования. В частности, при расчёте параметров электродвигателя был принят во внимание наихудший сценарий, при котором функционируют только два двигателя, что соответствует движению робота по диагонали. Данный режим работы выбран в качестве расчётного, поскольку он создаёт максимальную нагрузку на электродвигатели.

На основании проведённых расчётов, представленных в приложении А, был выбран двигатель постоянного тока CHP-42GP-775 ABHL с планетарным редуктором производства компании CHIHAI MOTOR.

Изображение выглядит как кабель, цилиндр, соединитель, батарея

Контент, сгенерированный ИИ, может содержать ошибки.

1. CHP-42GP-775 ABHL

Характеристики ЭД:

Номинальная мощность ;

Номинальная частота вращения ;

Номинальный момент ;

Напряжение ;

Номинальный ток ;

Максимальный ток ;

Характеристики планетарного редуктора:

Передаточное число: 1:25;

Материал шестерни: аналог стали 20ХНЗА.

### Энкодер

Для обеспечения управления двигателем с заданной скоростью требуется использование энкодера. В данном случае определение точного положения вала не является обязательным условием, поэтому целесообразно применение инкрементного энкодера. Из каталога производителя был выбран инкрементный магнитный энкодер с разрешением 425 импульсов на оборот. Указанный энкодер установлен непосредственно на валу двигателя.

Изображение выглядит как снимок экрана, круг, текст, мультфильм

Контент, сгенерированный ИИ, может содержать ошибки.

1. Энкодер

### Драйвер привода

Драйвер PWM Motor Driver Module – выполняет преобразование низковольтных управляющих сигналов, поступающих от микроконтроллера, в высоковольтные и сильноточные сигналы, необходимые для обеспечения питания электродвигателя. В рамках данной системы используется напряжение 22,2 В с максимальным током 24 А. Для реализации указанных параметров выбран драйвер на основе H-моста производства компании CHIHAI MOTOR, оснащённый датчиком тока. Взаимодействие с микроконтроллером осуществляется посредством широтно-импульсной модуляции (ШИМ).

Изображение выглядит как электроника, Электронный компонент, Компонент схемы, Пассивный компонент цепи

Контент, сгенерированный ИИ, может содержать ошибки.

1. Драйвер привода PWM Motor Driver Module

## Подбор компонентов для среднего уровня управления

Микроконтроллер является управляющим элементом системы. Он обрабатывает данные от энкодера, формирует управляющие сигналы для драйвера и реализует алгоритмы управления, такие как регулировка скорости или выполнение заданного движения.

Для реализации выбран микроконтроллер STM32F407VET6, поскольку он обладает рядом преимуществ, таких как доступная стоимость, широкое распространение на рынке и поддержка подключения до четырёх энкодеров. Это позволяет осуществлять управление четырьмя приводами одновременно, что соответствует требованиям проекта и обеспечивает необходимую функциональность системы.

STM32F407VET6 — это высокопроизводительный 32-разрядный микроконтроллер (MCU) на базе ядра ARM Cortex-M4F (с FPU) от STMicroelectronics. Предназначен для широкого спектра приложений, требующих высокой скорости обработки данных, гибкости и развитой периферии.

Основные характеристики:

Ядро: ARM Cortex-M4F

Тактовая частота: до 168 МГц

Память: 512 КБ флэш-памяти, 192 КБ SRAM.

Периферия:

Таймеры: Широкий набор таймеров общего назначения.

Коммуникации: USART, SPI, I2C, CAN, USB OTG FS, Ethernet MAC.

АЦП/ЦАП: 3 12-битных АЦП (до 24 каналов), 2 12-битных ЦАП.

GPIO: 114 линий ввода/вывода.

Напряжение питания: 1,8 В — 3,6 В.

Изображение выглядит как Электронный компонент, Компонент схемы, Электронная техника, электроника

Контент, сгенерированный ИИ, может содержать ошибки.

1. STM32F407VET6

## Подбор компонентов для верхнего уровня управления

Для управления всей системы был выбран недорогой одноплатный компьютер Raspberry Pi 5. Он представляет собой усовершенствованную версию своих предшественников, предлагая более высокую производительность, улучшенную энергоэффективность и расширенные возможности.

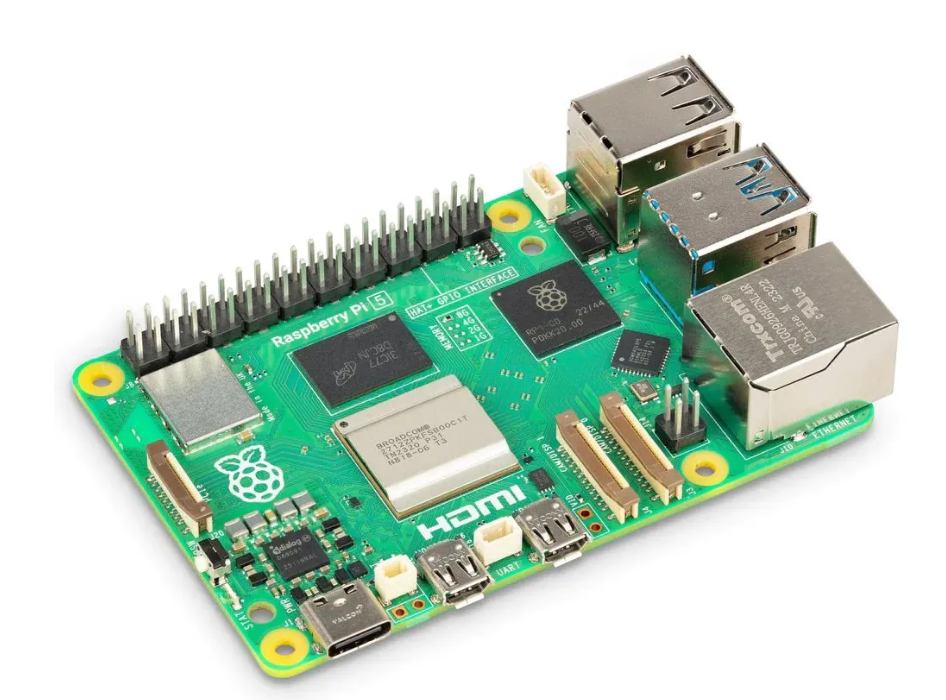
Основные характеристики:

Процессор: 64-битный четырёхъядерный процессор ARM Cortex-A76 с тактовой частотой до 2,4 ГГц.

Оперативная память: 8 ГБ.

Периферия и интерфейсы:

* 2 × порта USB 3.0 (до 5 Гбит/с) и 2 × порта USB 2.0.
* 2 × порта HDMI с поддержкой 4K при 60 Гц.
* Интерфейс GPIO (40 контактов) для подключения датчиков и внешних устройств.
* Поддержка Wi-Fi и Bluetooth 5.0.



1. Raspberry Pi 5

## Подбор вспомогательный компонентов

### Аккумулятор

Питание мобильной платформы будет производиться за счет 2 аккумулятор с номинальным напряжением 22,2 вольта соединенных параллельно.

HRB 6S 6000 — это литий-полимерный (LiPo) аккумулятор.

Конфигурация ячеек: 6S — аккумулятор состоит из 6 последовательно соединённых ячеек.

Номинальное напряжение: 22,2 В (номинальное напряжение одной ячейки — 3,7 В; 3,7 В × 6 = 22,2 В).

Ёмкость: 6000 мАч (6,0 А·ч)



1. HRB 6s 6000 мАч

### Колеса Илона(меканиум)

Вес: 150 г (одного колеса)

Диаметр внешнего колеса: 97 мм.

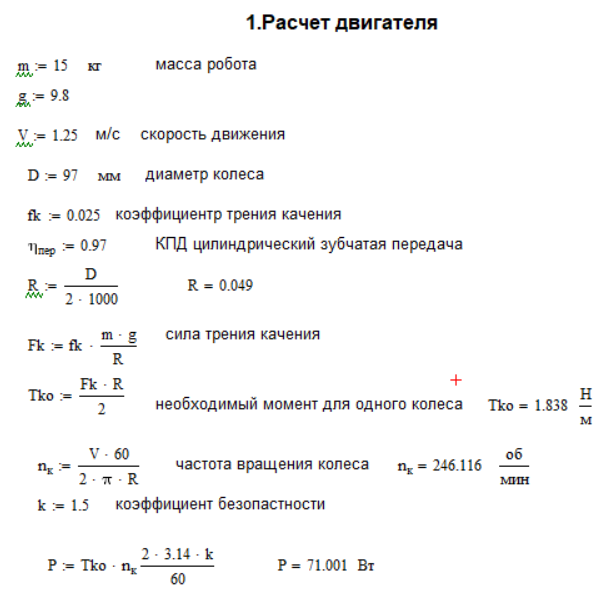
Несущая способность: выдерживает 25 кг (четырех вместе)



1. Колеса Илона

### Лидар

# ПРИЛОЖЕНИЕ А



Изображение выглядит как текст, чек, снимок экрана, Шрифт

Контент, сгенерированный ИИ, может содержать ошибки.