|  |  |
| --- | --- |
| Gerb-BMSTU_01 | **Министерство образования и науки 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 ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ***

***НА ТЕМУ:***

**Мобильная платформа с целью**

Студент СМ7-84Б \_**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_** А.О.Волков

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

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

(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

Нормоконтролер **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_** В.А.Панков

(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

*2025 г.*

# РЕФЕРАТ

Объект выпускной квалификационной работы: Мобильная платформа с целью

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 2](#_Toc191605499)

[ВВЕДЕНИЕ 4](#_Toc191605500)

[1. ОБЗОР ПРОЕКТА 5](#_Toc191605501)

[1.1 Актуальность задачи 5](#_Toc191605502)

[1.2 Анализ существующих мобильных платформ 5](#_Toc191605503)

[2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ 6](#_Toc191605504)

[2.2 Функциональной схемы управления роботом 6](#_Toc191605505)

[3. ВЫБОР КОМПОНЕНТОВ МОБИЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ 8](#_Toc191605506)

[3.2 Подбор компонентов для нижнего уровня управления 8](#_Toc191605507)

[3.4.1 Электродвигатель 8](#_Toc191605508)

[3.4.2 Энкодер 9](#_Toc191605509)

[3.4.3 Драйвер привода 10](#_Toc191605510)

[3.2 Подбор компонентов для среднего уровня управления 11](#_Toc191605511)

[3.3 Подбор компонентов для верхнего уровня управления 12](#_Toc191605512)

[3.4 Подбор вспомогательный компонентов 13](#_Toc191605513)

[3.4.1 Аккумулятор 13](#_Toc191605514)

[3.4.2 Колеса Илона(меканиум) 14](#_Toc191605516)

[ПРИЛОЖЕНИЕ А 16](#_Toc191605517)

# ВВЕДЕНИЕ

Акау

# 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

## Функциональной схемы 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.

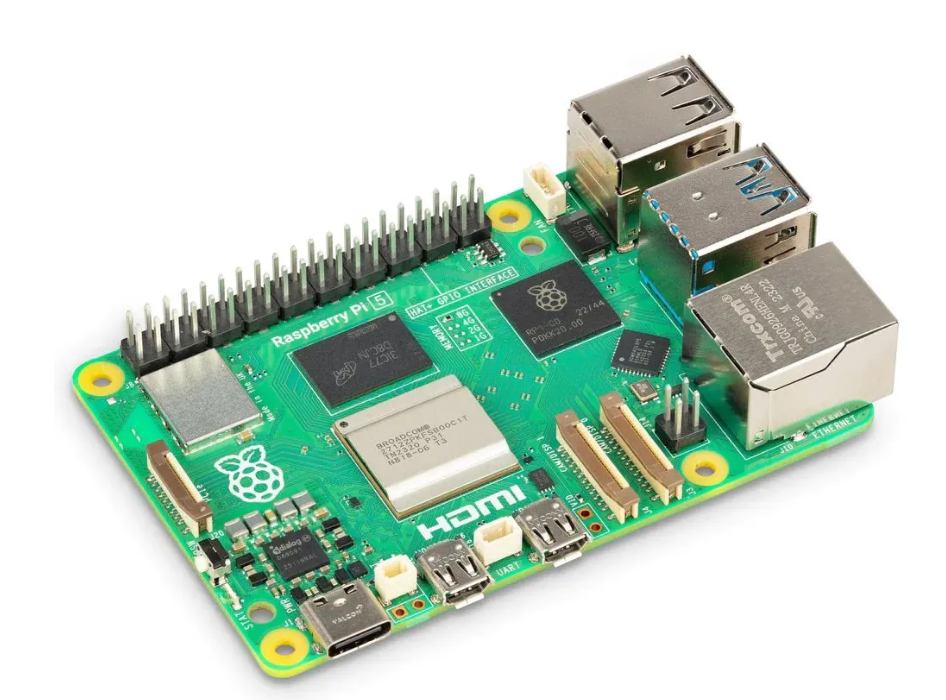
Основные характеристики:

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.

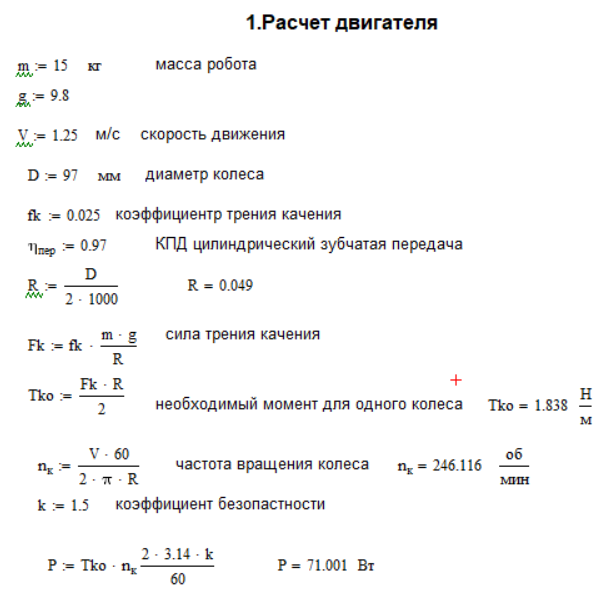
Несущая способность: выдерживает 25 кг (четырех вместе)



1. Колеса Илона

### Лидар

# ПРИЛОЖЕНИЕ А



Изображение выглядит как текст, чек, снимок экрана, Шрифт

Контент, сгенерированный ИИ, может содержать ошибки.