

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Промышленная электроника»
(наименование)

11.03.04 Электроника и микроэлектроника
(код и наименование направления подготовки)

Электроника и робототехника
(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Мобильная платформа с микроконтроллерным управлением

Обучающийся

М.И. Хайдаров
(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент, А. В. Прядилов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультант

к.п.н., доцент, О.В. Лебединская

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2023

Аннотация

Объем 70 страниц, 55 рисунков, 10 таблиц, 39 источников

Мобильная платформа, ПИД – управление, движение по линии, AGV.

Объектом исследования является мобильная платформа с микроконтроллерным управлением

В данной бакалаврской работе была создана «автоматизированная мобильная платформа», которая передвигается по трассе из черной линии по определенному маршруту.

Цель работы: разработка мобильной платформы с микроконтроллерным управлением, способной автономно передвигаться по трассе, нанесенной на полу в виде контрастной линии.

Задачами работы являются:

- обзор мобильных транспортных платформ и сфер их применения;
- анализ исходных данных и известных решений;
- описание конструктора TETRIX
- разработка структурной и принципиальной схем;
- выбор необходимых компонентов;
- разработка алгоритмов передвижения и программы.

Работа состоит из 4 разделов, в которых решены упомянутые задачи.

В данной работе происходит разработка мобильной платформы с микроконтроллерным управлением, способной автономно передвигаться по трассе, нанесенной на полу в виде контрастной линии.

Степень внедрения: теоретически рассчитаны параметры системы, разработаны схемы и выбраны элементы, написана программа для микроконтроллера.

Областью применения работы является организация передвещения грузов на производствах и складских хозяйствах.

Abstract

The title of the bachelor's thesis is « Mobile platform with microcontroller control ».

The bachelor's thesis consists of an introduction, 4 parts, a conclusion, 55 picture, 9 tables, list of references including 8 foreign sources and the graphic part on 6 A1 sheets.

The object of research is mobile platform with microcontroller control.

The aim of the bachelor's thesis is to develop of a mobile platform with microcontroller control.

We start with the statement of the problem and then logically pass over to its possible solutions. We then analyze the literature concerning our problem.

We give a review of possible solutions and choose the most suitable ones, develop an electrical circuit diagram, carry out theoretical calculations and select elements.

The key issue of the bachelor's thesis is the possibility of moving the platform along a black line drawn on the floor

In conclusion we'd like to stress that theoretically calculated system parameters, developed a scheme, selected elements. The algorithm of the program for the microcontroller is developed

This work is of interest to students and teachers of the Department of Industrial Electronics and readers engaged in electronics and the development of mobile transport systems.

The field of application of the developed system is autonomous vehicles (AGV).

Nevertheless, more experimental data are required.

Содержание

Введение.....	5
1 Состояние вопроса	6
1.1 Роботы для перемещения грузов	6
1.2 Обзор промышленных роботов для перемещения грузов.....	7
1.3 Применение мобильных ПР в АТСС.....	10
1.4 Пример экспериментального промышленного робота-тележки, разработанного на кафедре «Робототехники» Политехнического института Сибирского Федерального Университета	21
1.5 Промышленные мобильные роботы-тележки в складской логистике в России и мире.....	28
2 Описание конструктора TETRIX и конструктива платформы.....	34
3 Разработка электрической принципиальной схемы.....	50
4. Алгоритм управления платформой	58
Заключение	64
Список используемой литературы	65
Приложение А Перечень элементов	70

Введение

Начало робототехники было положено ещё в начале 60-х годов прошлого столетия, как ответ на острую необходимость промышленности в автоматизации производства, когда в результате соединения управляемых человеком манипуляторов вместе с системами ЧПУ станков и другого технологического оборудования на производстве появились автоматические машины принципиально нового типа – роботы первого поколения с программным управлением.

Идея убрать человека от вредных и тяжелых, опасных, утомительных и монотонных работ в различных отраслях с помощью мобильных роботов не нова. Роботы выполняют работы часто там, где работа человека связана с радиационной или иной опасностью, или там, где вообще, невозможно присутствие человека. Так, после аварий на атомных станциях, например на атомной станции «Фукусима-1» в Японии, были разработаны роботы-ликвидаторы, которые призваны были оказать помощь в диагностике повреждений и ликвидации последствий аварии реактора. Но, чаще всего мобильные роботы применяются при транспортировке грузов, которые используются, как при чрезвычайных ситуациях, в обороне нашей страны, в быте человека, так и во многих отраслях промышленности, например, при автоматизации складской логистики. Такие роботы-тележки и являются объектом изучения в данной работе.

В Тольяттинском государственном университете на кафедре Промышленная электроника мобильная робототехника рассматривается в рамках дисциплины Основы микропроцессорной техники.

В данной работе происходит разработка мобильной платформы с микроконтроллерным управлением, способной автономно передвигаться по трассе, нанесенной на полу в виде контрастной линии.

1 Состояние вопроса

В данном разделе происходит изучение функционала, конструкторских особенностей и программных реализаций робота-тележки для перемещения грузов, на примере простых моделей, используемых в студенческих и школьных соревнованиях по робототехнике, а также их применение в промышленности.

Задачи обзорного раздела

- Ознакомится с конструированием роботов моделей;
- Изучить проекты моделей робота-тележки;
- На примере проектов определить функциональность и принципы работы робота-тележки.

1.1 Роботы для перемещения грузов

Робот – исполнительный механизм, которое состоит из перепрограммируемого блока управления и других технических систем, обладающее определенным уровнем автономности и способное перемещаться во внешней среде с целью выполнения определённых действий, в зависимости от предназначения, обеспечивающих выполнение задач, заданных человеком [8,9,10].

Системы, автоматизированные с помощью роботов, включая их рабочие части, а также устройства и датчики общепринято называть роботизированными системами. Роботизированные системы и технические комплексы, в которых роботы выполняют основные задачи, называют робототехническими [14].

1.2 Обзор промышленных роботов для перемещения грузов

Автоматически управляемое транспортное средство (англ. Automated (Automatic) Guided Vehicle (AGV) — это мобильный робот-тележка, используемый в промышленности для перемещения грузов, товаров и материалов в гибких автоматизированных производствах или в складском хозяйстве [38,39].

Такие системы разрабатываются как за рубежом (рисунок 1) [1,25] так и в нашей стране (рисунок 2) [33].



Рисунок 1 - Мобильная платформа от Amazon Robotics.



Рисунок 2 - Мобильная платформа от Российского разработчика Ronavi.

Устройство оснащается системой, позволяющей ему ориентироваться в пространстве. Также, в мобильных роботах могут быть объединены подвижная – тележка и рабочая части – манипуляционные или другие модульные встраиваемые или навесные устройства – это робототехнические комплексы (МРК). Концептуальное представление подобных роботов представлено на рисунке 3.

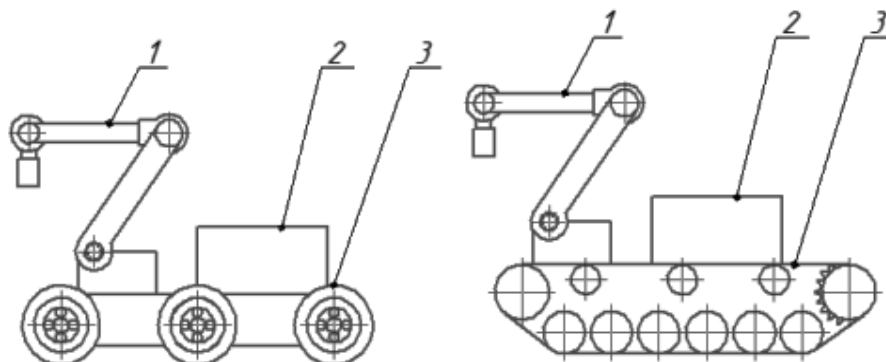


Рисунок 3 –Концептуальное представление мобильных роботов на 6-ти колесной платформе (слева) и на гусеничной платформе (справа): 1 – манипулятор; 2 – корзина для груза; 3 – мобильная платформа.

Такие МРК могут иметь применение в Вооружённых силах или подразделениях МЧС, например, в зависимости от своей конструкции могут выполнять такие задачи, как разведка, поражение военных целей, огневая поддержка войсковых подразделений, патрулирование и охрана объектов, ликвидация аварий, разбор завалов и т.д. [26]. Данные РТК с учетом используемого пространства можно применять в логистике для обслуживания складов.

1.3 Применение мобильных ПР в АТСС

Автоматизированные транспортно-складские системы (АТСС) являются одним из основных элементов гибких производственных систем (ГПС) [1]. Так как наиболее важными задачами ГПС является возможность быстрой переналадки отдельных компонент, то представляет значительный интерес использование в составе АТСС грузонесущих автоматических тележек или автономных мобильных роботов (АМР), что позволяет значительно упростить переналадку и изменение компоновки ГПС путем изменения маршрута перемещения груза. Примеры автоматически управляемых транспортных средств, применяемых, в частности, в АТСС (на платформе SBR-300SM) приведен на рисунке 4.



Рисунок 4 – Примеры автоматически управляемых транспортных средств, применяемых, в частности, в АТСС (на платформе SBR-300SM).

Автоматически управляемые транспортные средства по способу перемещения грузов можно классифицировать на:

- робот-конвейер, основным достоинством роботов этого типа является высокая пропускная скорость и скорость робота. Недостатки робота-конвейера – это трудность конфигурации, отсутствие захватных устройств, ограничение по весу перемещаемого груза, ограниченное перемещение и расстояние;
- робот-тягач (рисунок5) – способен кроме перемещения груза непосредственно тянуть грузы за собой на мобильной платформе, что обуславливает его главное достоинство – большую вместимость, также к достоинствам можно отнести высокую мобильность, недорогие прицепы, работу на больших расстояниях, произвольное перемещение, а недостаток– ограниченная адаптивность;



Рисунок 5 – Складской робот-тягач MiRHook200 (производства компании Quantum Robotics).

- робот-тележка (автоматическая управляемая тележка (АУТ), рисунке 6)
 - достоинства: высокая мобильность, очень большая вместимость, произвольное перемещение и работа на больших расстояниях, а недостатки робота-тележки обусловлены его достоинствами, а это – отсутствие захватов, ограниченная адаптивность, в целях повышения эффективности – необходимость находится под грузом и дороговизна;



Рисунок 6 – Робот-тележка для (производства украинской компании СТАНДАРТ-ПАК), предназначена для транспортирования мелкого и габаритного груза на складе логистического комплекса Новой почты [1].

- погрузчики с вилочным захватом – робокары (рисунок 7), это автоматически адресуемые роботы-тележки с электронным управлением, перемещающиеся непосредственно по полу, оснащённые устройствами предназначенные для поднятия, перемещения, разгрузки или погрузки, штабелирования паллет, поддонов и других различных грузов при помощи вилок или других навесных устройств, что является основным достоинством, т.к. дополнительные устройства и механизмы

значительно расширяют стандартные возможности, а также их положительно характеризуют быстрота, большая грузоподъемность и вместимость, работа на гораздо больших расстояниях, произвольное перемещение. Большой недостаток робокаров это их потенциальная опасность, а также дороговизна.



Рисунок 7 – Робокar RoboCV X-MOTION NG, Россия.

Даже такие системы, как АУТ позволяет ветвить маршруты на несколько сложных направлений, в том числе и с петлями посредством использования различных частот для каждого пути. В более сложном

варианте тележка оборудуется автономной управляющей ЭВМ и средствами адаптации.

На рисунке 8 приведены наиболее распространенные варианты исполнения приводов таких мобильных роботов: дифференциальный привод (рисунок 8,а), трехколесный робот (трицикл) с опорными колесами на тележке (рисунок 8, б) и трехколесный робот с опорными колесами под вилочным захватом (рисунок 8, в)

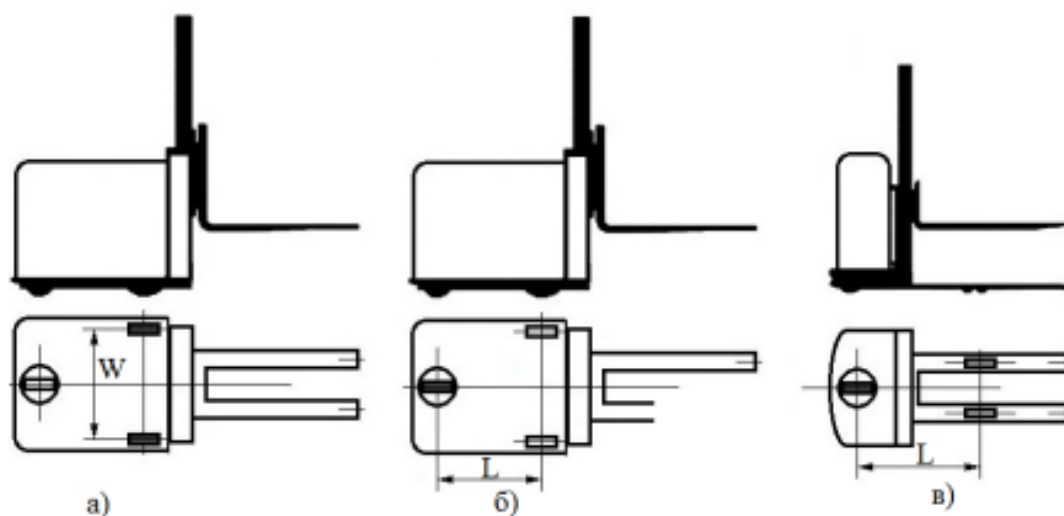
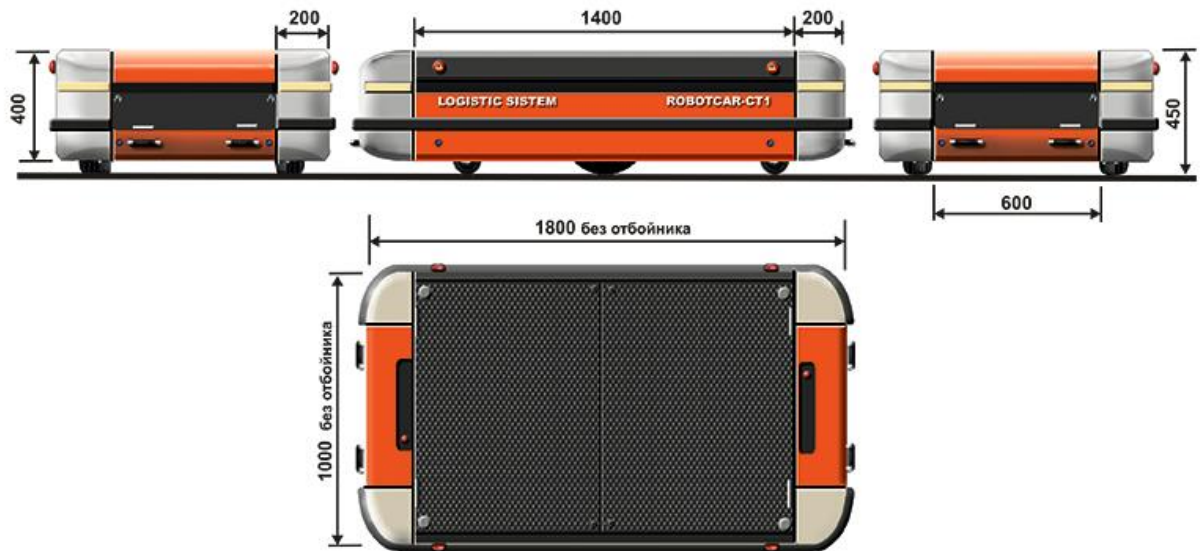


Рисунок 8 – Варианты исполнения приводов робокаров: дифференциальный привод (ба), трехколесный робот (трицикл) с опорными колесами на тележке (бб) и трехколесный робот с опорными колесами под вилочным захватом(бв).

На рисунках 9,10 приведен мобильный транспортный робот для работы в типовой производственно-логистической системе.

Внешний вид и основные размеры



УСТРОЙСТВО, КОНСТРУКЦИЯ, МАТЕРИАЛЫ

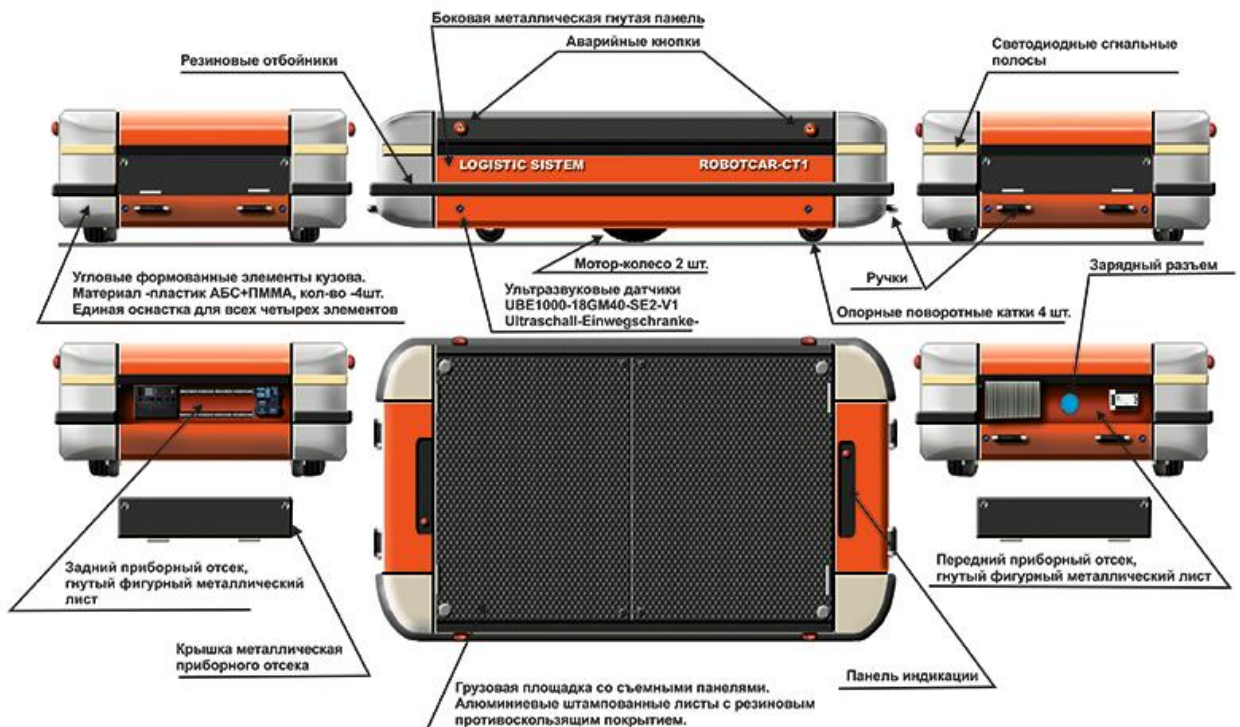


Рисунок 9 - Мобильный транспортный робот для работы в типовой производственно-логистической системе.

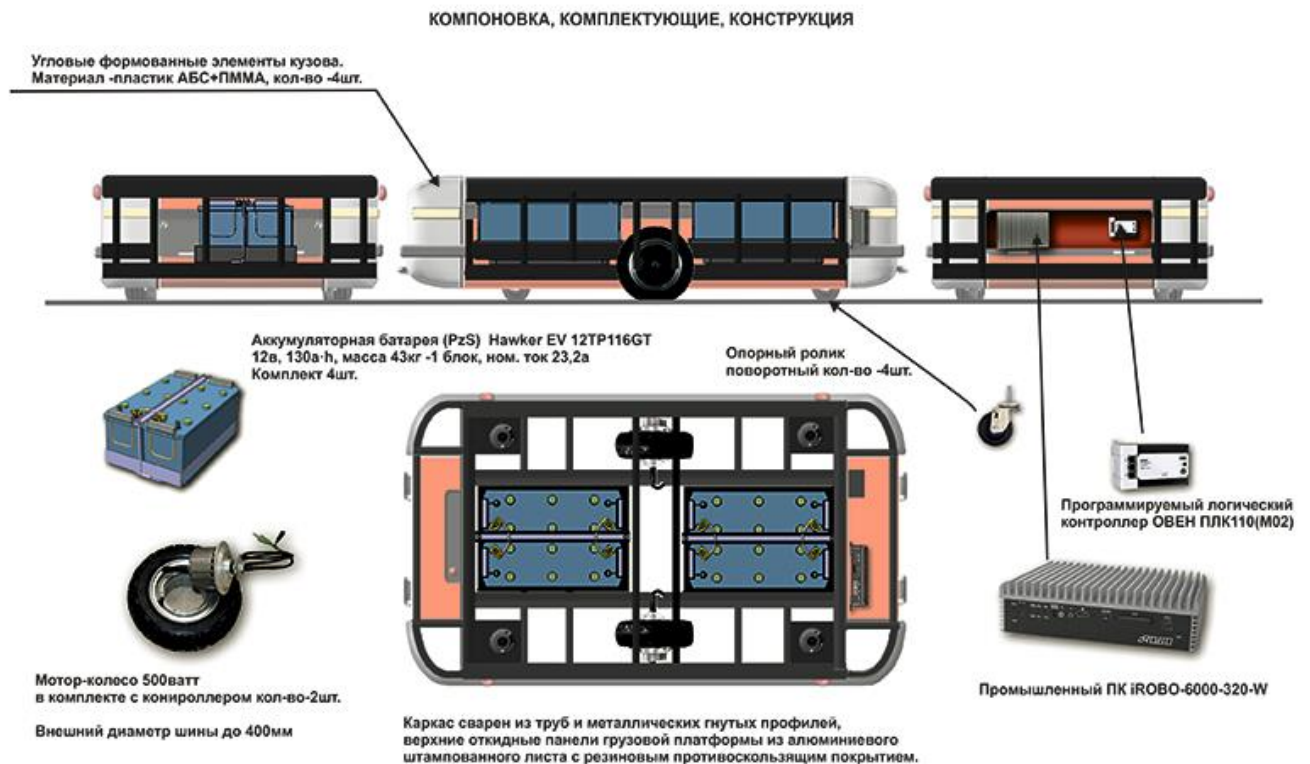


Рисунок 10 - Мобильный транспортный робот для работы в типовой
производственно-логистической системе.

Влияние точности позиционирования робота для перемещения грузов на эффективность использования складских площадей.

Одной из наиболее важных задач является оптимизация компоновки склада с целью повышения эффективности использования складских площадей и уменьшения протяженности маршрута перемещения мобильных роботов. При этом необходимо учитывать точность позиционирования мобильного робота, которая определяет пространство, необходимое для перемещения робота.

Рассмотрим влияние точности позиционирования робота на эффективность использования складских площадей на примере робокара.

В качестве примера используем компоновку склада, приведенную на рисунок 11. Здесь мобильный робот обслуживает два стеллажа. Груз размещен на паллетах, которые подаются на склад с помощью конвейера 1.

Отправка груза осуществляется с помощью конвейера 2.

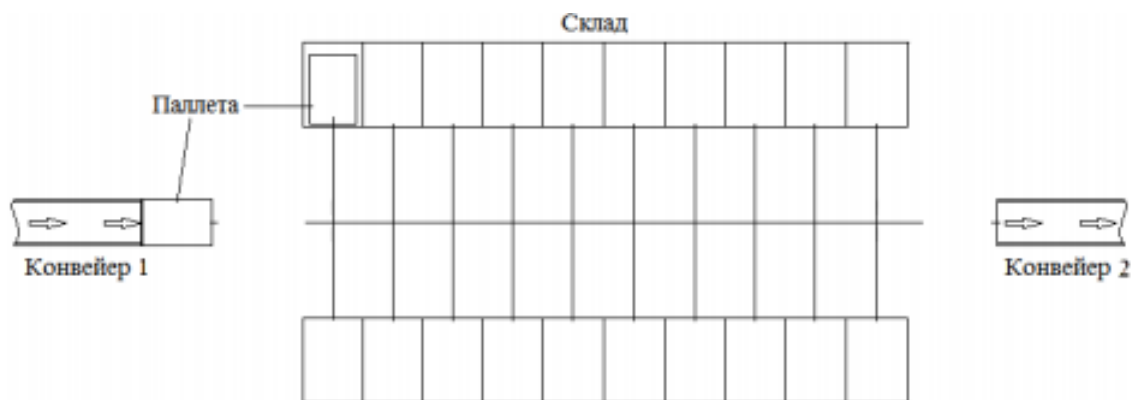


Рисунок 11 – Компоновка склада.

На рисунке 8 показано перемещение и положение погрузчиков в процессе транспортировки груза. Перемещение осуществляется по прямой линии вдоль стеллажей [27]. При этом расстояние между стеллажами определяется пространством, необходимым для разворота мобильного робота для установки груза в ячейки стеллажа. Положение 1 – исходное положение для снятия груза с конвейера, положение 2 и положение 3 – исходные положения для установки и снятия груза в ячейках стеллажей, положение 4 – исходное положение для установки груза на конвейер[30].

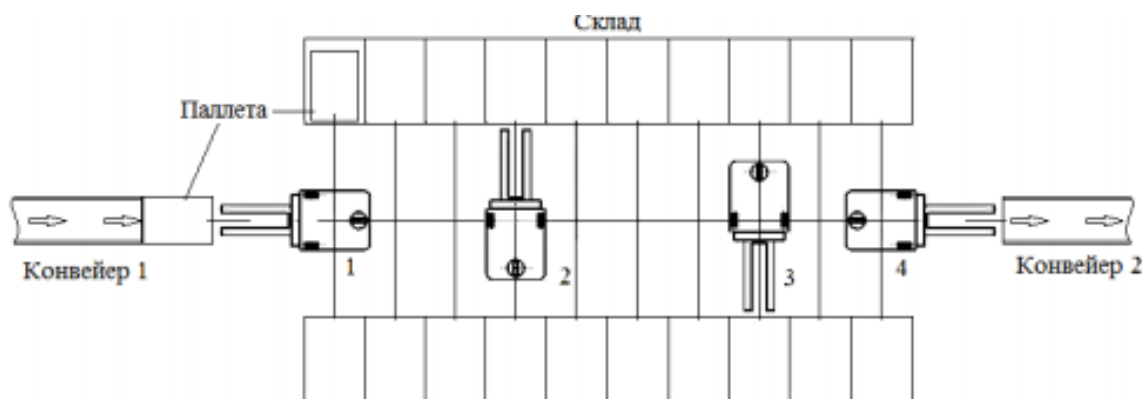


Рисунок 12 – Перемещение погрузчика.

При этом система позиционирования тележки робота должна обеспечить перемещение по прямой линии вдоль стеллажей, определяя при этом позицию перемещения, разворот на 90° , установки или снятие груза на заданном уровне стеллажа. В настоящее время для навигации мобильных роботов широко используются лазерные датчики, позволяющие измерять расстояния до объектов и угол положения объекта относительно положения мобильного робота. При этом положение робота можно определить с достаточно высокой точностью при использовании сканирующего лазерного датчика (позиционирование на основе лазерного гониометра). При этом используется определение положения мобильного робота по трем отражателям и достаточно сложный алгоритм вычисления.

В рассматриваемом случае достаточно определить положение мобильного робота при перемещении по прямой линии, что позволяет использовать датчик измерения расстояния без сканирования для определения точек поворота (рисунок 13).

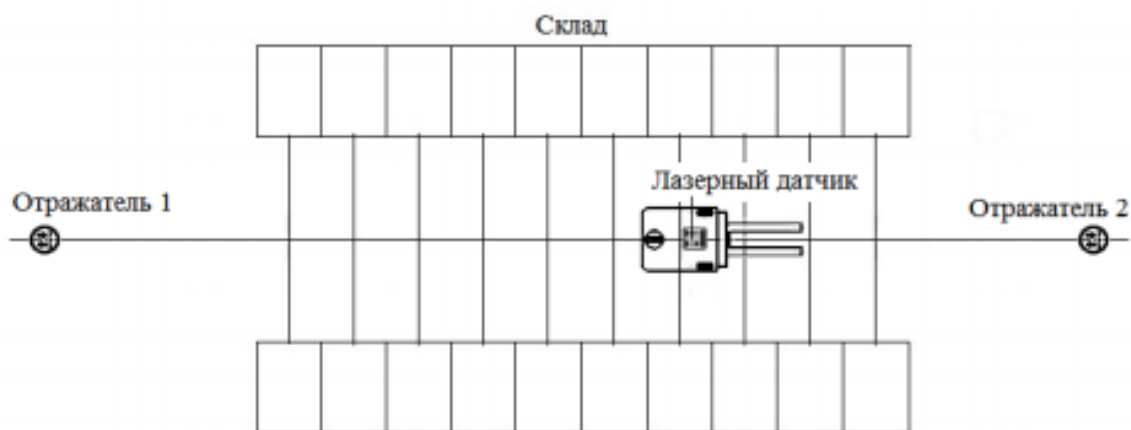


Рисунок 13 – Перемещение погрузчика по прямой линии с измерением расстояния на основе лазерного датчика.

Позиционирование мобильного робота при повороте и установке или снятии груза может осуществляться с помощью средств одометрии, например, на основе датчиков угла поворота ведущих колес для определения пройденного пути каждого из колес.

На рисунке 14 и рисунке 15 показаны варианты разворота мобильного робота с дифференциальным приводом: поворот двумя приводами (рисунок 14, а), поворот одним приводом (рисунок 14, б) и трехколесного мобильного робота с разным расположением опорных колес: опорные колеса на тележке (рисунок 15, а), опорные колеса под вилочным захватом (рисунок 15, б).

У мобильного робота с дифференциальным приводом радиус разворота определяется расстоянием между ведущими колесами W , а у трехколесного мобильного робота расстоянием между осью опорных колес и ведущим колесом L .

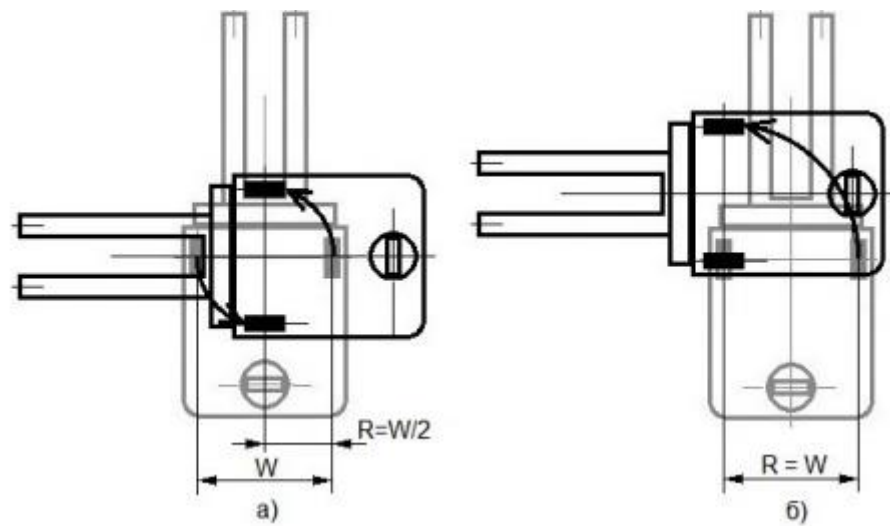


Рисунок 14 - Варианты разворота мобильного робота с дифференциальным приводом.

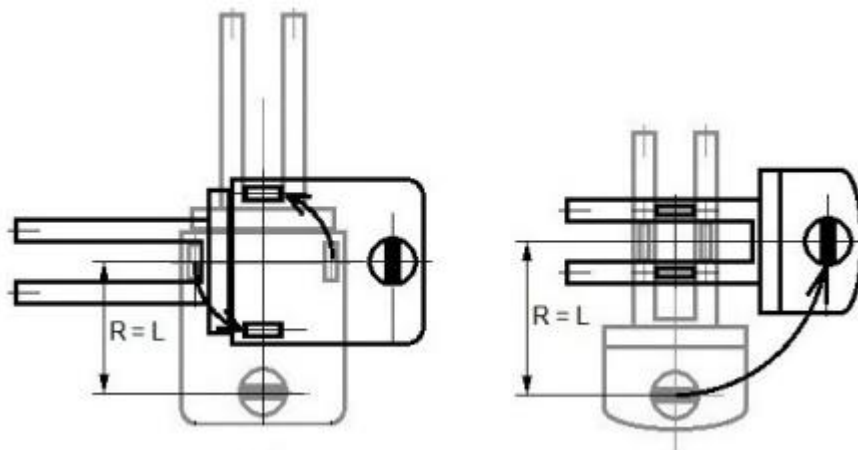


Рисунок 15 - Варианты разворота трехколесного мобильного робота с разным расположением опорных колес.

Погрешность позиционного управления перемещением робота с использованием позиционного управления ведущими колесами на основе импульсного датчика угла поворота колеса определяется числом импульсов n_d , выдаваемых датчиком за один оборот колеса. Если в этом случае расстояние l_k , пройденное ведущим колесом, задается числом импульсов n , то получим:

$$l_k = \frac{2\pi r_k}{n_d} n \quad (1)$$

где r_k – радиус ведущего колеса.

Расстояние $l(\theta)$, которое проходит ведущее колесо при повороте тележки робота на угол θ составляет

$$l(\theta) = \theta R,$$

где R - радиус разворота тележки (смотри рисунок 10 и рисунок 11).

Аналогично можно задать перемещение тележки для перемещения при установке и снятии груза.

Использование лазерных датчиков определения расстояния при перемещении тележки по прямой линии и средств одометрии для поворота и перемещения на небольшие расстояния позволяет значительно упростить аппаратные компоненты и алгоритм управления мобильным роботом.

1.4 Пример экспериментального промышленного робота-тележки, разработанного на кафедре «Робототехники» Политехнического института Сибирского Федерального Университета

На кафедре «Робототехники» Политехнического института Сибирского Федерального Университета разработали экспериментальный промышленный робот-тележку [29], представляющий собой трицикл - платформу на 3-х колёсах, которую можно использовать в производстве, например для обслуживания участков механической обработки, или же для транспортировки различных складских грузов (смотри рисунок 16, 17).

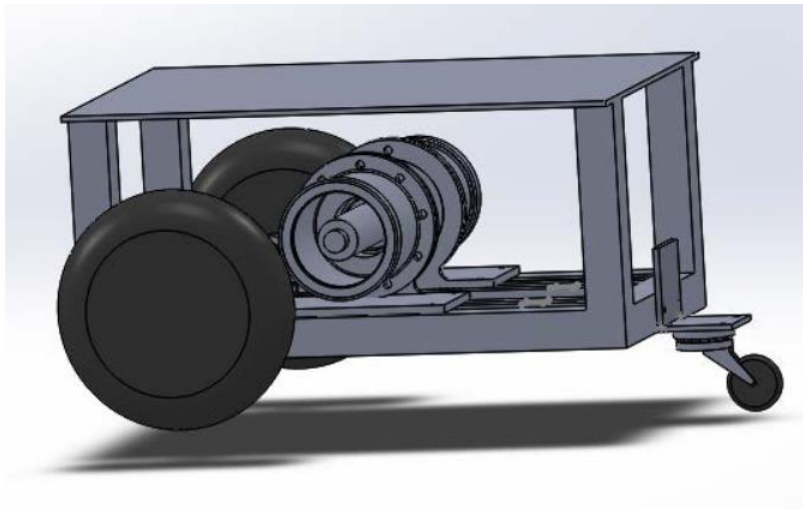


Рисунок 16 - 3D модель мобильного робота-тележки.

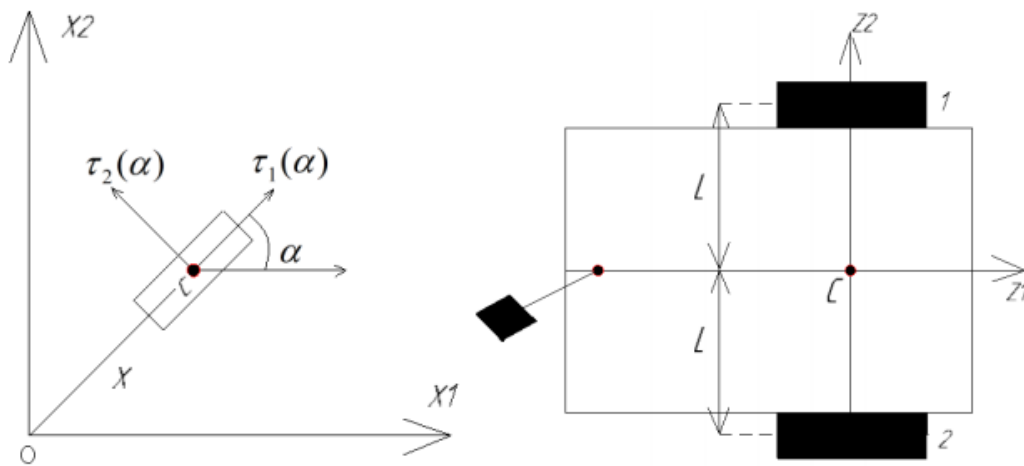


Рисунок 17 - Кинематическая схема робота-тележки.

Каждое ведущее колесо приводится в движение двигателем постоянного тока. Опорное колесо обеспечивает поддержку платформы тележки в горизонтальном положении.

На рисунках 18-20 приведены еще несколько мобильных автономных платформ.



Рисунок 18 - Автоматический тягач модели АТ-60А.



Рисунок 19 - Автоматическая транспортная тележка системы Robotug с автоматической стабилизацией курса.

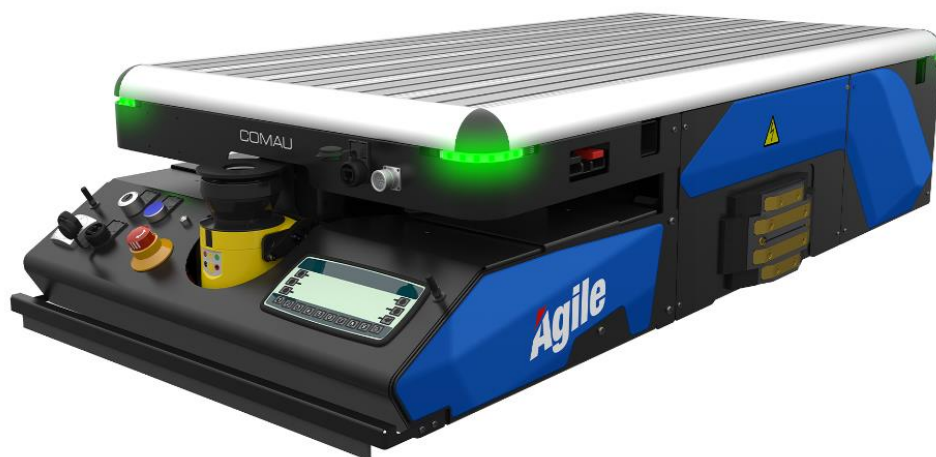


Рисунок 20 - Роботрайлер фирмы Comau (Италия).

Ещё одно применение - роботрайлеры от компании Mototok, но уже с дистанционным управлением, нашли своё место в перемещении магистральных самолетов Airbus в аэропорту на короткие расстояния, и заменяют традиционные дизельные буксиры, позволяя одному агенту рампы отдаленно оттапливать самолет от ворот (рисунок 21).



Рисунок 21 - Роботрайлер фирмы Mototok (Британия).

В партнерстве с Heathrow роботы-буксиры Mototok позволяют сотрудникам British Airways более эффективно подготовить самолет к вылету. Авиакомпания British Airways является первым коммерческим оператором, который испытал робототехнику на буксировке самолетов в аэропорту.

Роботар GP8 Series 6 Британской компании Seegrid (смотри рисунок21), с вилочным подъемником груза, также снабжены функцией машинного зрения. Каждый робот-погрузчик GP8 Series 6 в своей работе и навигации использует 10 чувствительных стереоскопических видеокамер, которые благодаря сложным компьютерным алгоритмам умеют распознавать изображения встречающихся предметов. То есть, спецтехника полагается на технологию машинного зрения, позволяющую ей создавать трехмерную картинку окружающего пространства, обращаясь к которой, погрузчик может перемещаться по указанным маршрутам, не задевая препятствия. Для этого машине не нужно считывать информацию с какой-либо маркировки, магнитов или иных знаков на объектах. Это их существенно отличает и от беспилотных автомобилей, которым нужны лидары и радары, дабы контролировать окружающую обстановку. Для производства такого устройства была применена технология машинного зрения, дающая ему возможность создавать 3-D картинку пространства и перемещаться без контакта со всевозможными препятствиями. Используемые GP8 Series 6 камеры, также имеют более высокую плотность данных и 360-градусный обзор. Построенный на платформе Seegrid Smart Platform, этот робот-погрузчик рассчитан на работу с обычными паллетами, и эксплуатацию в помещениях без специальной разметки, подсветки или иной вспомогательной инфраструктуры. Выполняемые им погрузочно-разгрузочные операции осуществляются полностью автоматически, хотя у машин, конечно, имеется и ручной режим управления. Большим

преимуществом этого агрегата является то, для его внедрения не требуется изменение инфраструктуры промышленного объекта.

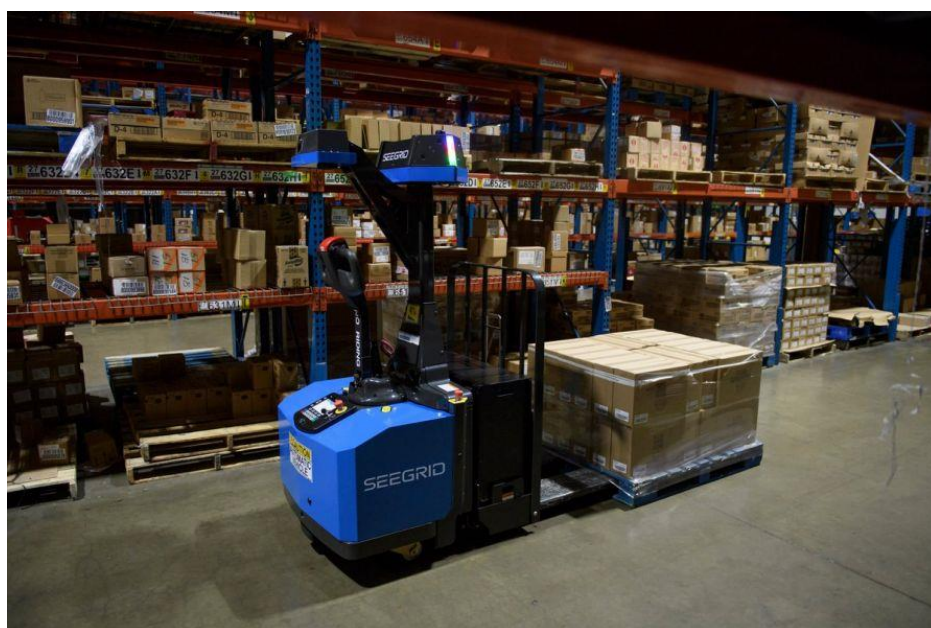


Рисунок 22 - Робокар фирмы Британской компании Seegrid.

Другая транспортная автоматическая тележка МП-12Т (рисунок 23) [5] имеет грузоподъемность до 200 кг и может быть оснащена промышленным роботом с грузоподъемностью 20 кг для автоматической загрузки и разгрузки. Робот, устанавливаемый на тележку, имеет 6 степеней подвижности и точность позиционирования ± 1 мм. Для управления тележкой используется бортовая ЭВМ «Электроника 60». Управление маршрутом с помощью оптоэлектронной системы и светоотражающей полосы. Скорость движения загруженной тележки 0,5 м/с, точность позиционирования ± 10 мм. Имеется система безопасности.



Рисунок 23 – Робот Отто (от компании Шелл-О-Матик), современный аналог российского МП-12Т.

Интересный прототип показала компания GM - грузового робота-тележки SURUS (Silent Utility Rover Universal Superstructure), который оснащён электрической силовой установкой, питающейся от топливных ячеек системы Hydrotac, а также системами автономного управления (рисунок 24).



Рисунок 24 – Концепт грузового робота-тележки SURUS от компании GM.

Робот-тележка на грузовой платформе SURUS, способный перевозить свыше 643 килограммов, может быть адаптирован для выполнения любых задач, в том числе и военных.

1.5 Промышленные мобильные роботы-тележки в складской логистике в России и мире

Идея роботизации складской логистики – международный тренд и одними из первых компаний, использующих роботов на своих складах, можно выделить таких мировых гигантов, как Amazon, JD.com, Alibaba, а также ранее крупные промышленные компании Audi, Nestle, BMW, General Motors, Volvo, SCANIA, Pfizer, Hartwall, Kellogg`s, KBA, MAN-Roland, Mondi, Stora Enso, UPM, Sappi, Tetra Pak (и в России), Arcelor, SSAB и многие другие компании. На западном рынке компании, предлагающих гибкие автономные решения для розничной торговли и складской роботизации уже немало, это роботы для перевозки грузов от компании Kiva (рисунок 26), которая вошла в состав гиганта Amazon, и робототехника от Fetch & Freight от Fetch Robotics и OTTO 100 от Kitchener, Ontario's Clearpath Robotics, а также от менее знаменитых, но не менее технологичных inVia и Zulily и многие другие.

Когда Amazon только купила Kiva Systems за \$775 млн, полная автоматизация складов казалась безумной идеей, но сегодня вы едва ли найдете интернет-ритейлера, который не смотрит в сторону робототехники, чтобы выжить в жесткой конкурентной борьбе.



Рисунок 25 – робот-тележка от Kiva Systems на складе Amazon.

Так, например, автоматизация склада крупнейшего китайского интернет-ритейлера JD.com осуществлялась японским стартапом Mujin. Логистическая цепочка 4-ого поколения из 460 роботов способна обрабатывать около 200 000 заказов в день и обеспечивать доставку онлайн-заказов почти во всех города Китая в день заказа. Инженеры Mujin выстроили контроллеры и систему камер, соединив их с существующими роботизированными манипуляторами. До начала внедрения роботизированной системы на складе JD.com в Шанхае, площадь которого составляет порядка 40 тыс. квадратных метров, работало от 400 до 500 человек. После его модернизации количество сотрудников сократилось до пяти.

Современный российский рынок промышленной робототехники всё ещё невелик. В 2013 году в России всеми производителями было продано около 350 роботов [2].

И, хотя, в европейских странах уровень складской автоматизации выше российского, но на сегодняшний день ведутся работы по автоматизации складов и разработка собственных проектов НИОКР по роботизации. Так, компания ООО "ИННОВАТЕХСЕРВИС" [15] предложено неординарное

конструкторское решение складского транспортного робота-тележки (смотри рисунок 26), которое основанное на пространственной раме, опирающейся на четыре аппаратных колёса и приводится в движение двумя независимыми мотор-колесами мощностью по 0,5 кВт каждое, установленные в центральной части конструкции. Управление движением робота осуществляется контроллером за счёт формирования различных скоростных режимов работы мотор-колес. Так для кругового вращения платформы на 360 град. на месте контроллер обеспечивает вращение мотор-колёс в различных направлениях, а для поворотов (движение по дуге) обеспечиваются различные скорости вращения мотор-колёс. При движении прямо мотор-колёса вращаются с одинаковой скоростью в одном направлении (смотри приложения И, К).

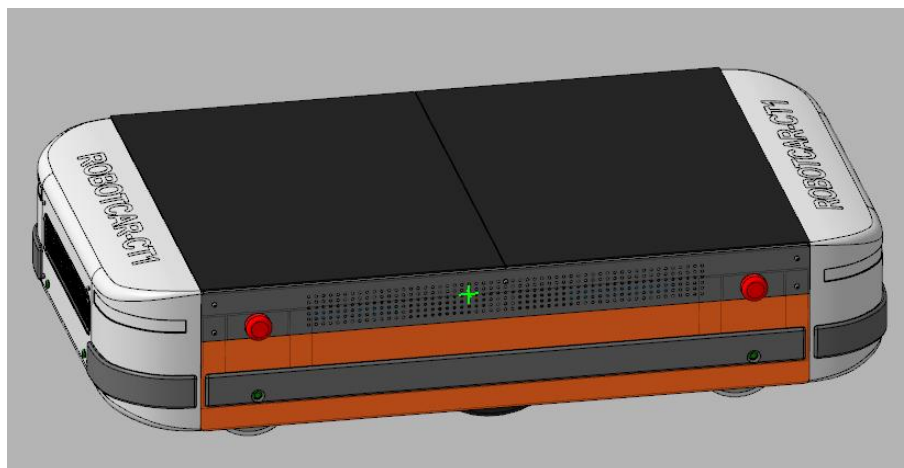


Рисунок 26 - 3D-модель мобильного транспортного робота

Причём в России есть ещё много интересных разработок, которые дешевле и в некоторых случаях лучше западных аналогов. Так, компания Ronavi Robotics предлагает мобильного робота-тележку, который лучше западных аналогов, например - большей грузоподъемностью, а также большим временем работы после заряда батарей. Робот-тележка Ronavi

(рисунок 27) представляет собой две платформы размером 1м на 50 см, весит 180 кг и способен перемещать груз массой аж до 1,5 т! Колеса робота устроены так, что ему не нужно пространство для разворота: он может и боком поехать. Получив запрос, робот самостоятельно находит нужный товар и перевозит к месту назначения. Такой робот может работать на любом складе – нужно лишь наклеить на стеллажах метки с QR-кодом. Специально разработанный софт способен управлять сразу несколькими роботами-тележками, регулируя их движение и отдавая заказ на доставку тому, кто ближе всего к нужному грузу.



Рисунок 27 – Мобильный робот-тележка Ronavi.

Наиболее частое применение в промышленности и складской логистике получили робокары и Россия тут не исключение. Например, робокары Rosla помогают решать сложную задачу транспортировки бумажных рулонов на фабрике по производству упаковочного материала компании Tetra Pak в г. Лобня. На фабрике работают семь робокаров, оснащённые фиксированными вилами для перемещения рулонов и паллет с грузом. Максимальный вес перемещаемого груза составляет 3.500 кг,

диаметр рулона – 800 – 1.850 мм, ширина – 500 – 2.000 мм; габариты паллеты – 1200 x 1000 мм (рисунок 28).



Рисунок 28 – Мобильный робокар Roca.

Для ориентирования в пространстве складского комплекса применяется лазерная навигация. Робокары Roca отличаются оптимальным энергопотреблением, пониженным временем зарядки и увеличенным коэффициентом использования. Робокары не требуют какой-либо специальной адаптации склада, необходимое оборудование достаточно быстро монтируется и настраивается. Речь идет о стойке управления погрузчиками, автоматической зарядке тяговых батарей, дисплеев для персонала склада, интеграции системы управления погрузчиками в общую информационную систему работы складского комплекса [5].

Объем российского рынка робототехники ещё невелик. Но отечественное производство не покрывает даже его нужды. Поэтому разработка мобильных платформ имеет актуальное значение.

Выводы по разделу

Создание мобильных роботов для различных производственных, бытовых или исследовательских целей является весьма важной и перспективной задачей. На сегодняшний день придумали и спроектировали такое множество разнообразных роботов, которое полностью совпадает с прогнозами ученых о будущих достижениях в сфере робототехники: будет разработано огромное количество специальных роботов, выполняющих возможно одну задачу, но совершенно функционально разных и выполняющих очень различные задачи и операции.

В данном разделе был проведён обзор различных существующих конструкций. На основе сделанного обзора и анализа была изучена функциональность и предложены варианты конструкции простейшего робота-тележки. Также, подытожив исследования по данному вопросу, можно сказать, что одна важная особенность, которая является главной в использовании робототехнических сборных платформ, - моделирование роботов, которые в дальнейшем могут быть в разы больше своих копий.

В будущем роботы будут оснащены искусственным интеллектом и способны самостоятельно принимать решения в той или иной ситуации, передвигаться на колесах или гусеницах ползком, или иными способами.

2 Описание конструктора TETRIX и конструктива платформы

Для физического изготовления разрабатываемой мобильной платформы использовался специализированный конструктор TETRIX в комплектации TETRIX MAX (рисунок 29) [35,36,37].



Рисунок 29 – Конструктор TETRIX MAX

Набор состоит из таких компонентов как:

- алюминиевые и металлические детали и крепежи для сборки каркаса платформы;
- инструменты для сборки;
- колеса для передвижения;
- 2 электродвигателя для движения платформы;
- 2 сервопривода;
- цифровой инфракрасный датчик линии;

- ультразвуковой датчик расстояния;
- перезаряжаемая Ni-MH (никельметаллогидридная) аккумуляторная батарея на 12 В;
- зарядное устройство для аккумуляторной батареи;
- соединительные провода;
- робототехнический контроллер TETRIX PRIZM;
- документация.

Рассмотрим каждый интересующий нас компонент по отдельности, а так же его технические характеристики.

Электродвигатель TorqueNADO.

На рисунке 30 представлен Электродвигатель TorqueNADO.



Рисунок 30 – Электродвигатель TorqueNADO

Это электродвигатель постоянного тока с редуктором и со встроенным высокочувствительным энкодером на эффекте Холла, который точно регулирует положение вала электродвигателя.

Технические характеристики:

- вес: 324 г;
- рабочее напряжение: 12 В;
- длина: 134 мм;
- передаточные числа: 60:1;
- диаметр: 37 мм;
- диаметр вала: 6 мм;
- крутящий момент: 4,9 Нм;
- скорость вращения: 100 об/мин.

Аккумуляторная батарея.

На рисунке 31 представлена аккумуляторная батарея TETRIX.



Рисунок 31 – Аккумуляторная батарея TETRIX

Перезаряжаемая Ni-MH (никельметаллогидридная) аккумуляторная батарея на 12 В, 3 А·ч. Состоит из десяти соединенных аккумуляторных элементов. Для безопасности встроен сменный плавкий предохранитель на 20 А.

Технические характеристики:

- вес: 580 г;

- размеры: 115×45×50 мм;
- выдаваемое напряжение: 12 В;
- емкость: 3 А×ч;
- номинал предохранителя: 20 А.

Ультразвуковой датчик расстояния.

На рисунке 32 представлен ультразвуковой датчик расстояния TETRIX.

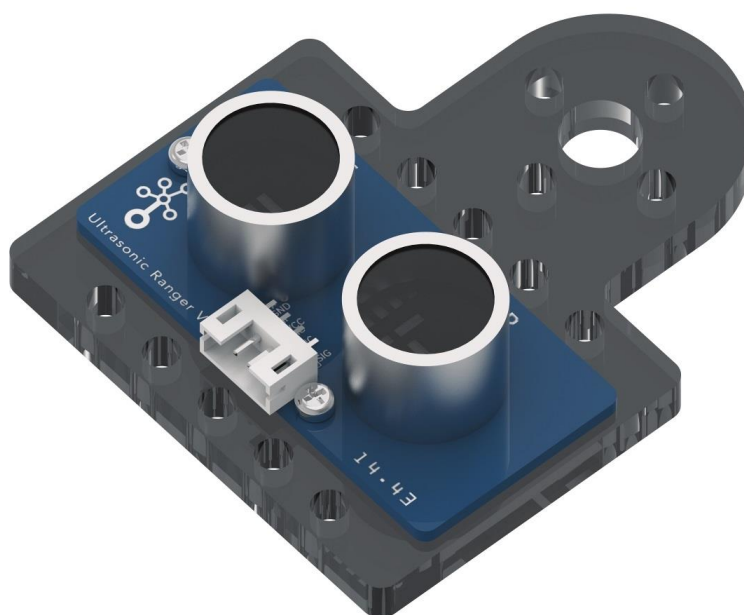


Рисунок 32 – Ультразвуковой датчик

Технические характеристики:

- частота: 42 кГц;
- минимальное расстояние: 3 см;
- максимальное расстояние: 400 см;
- напряжение питания: 5 В.

Зарядное устройство для аккумуляторной батареи.

На рисунке 33 представлено зарядное устройство для аккумуляторов TETRIX.



Рисунок 33 – Зарядное устройство

Зарядное устройство используется для перезарядки 12-вольтового аккумулятора TETRIX. Данное устройство автоматически определяет напряжение аккумуляторной батареи, настраивает правильное зарядное напряжение и автоматически отключает питание, когда аккумулятор полностью заряжен. А так же защищает аккумулятор от перегрузки по току, короткого замыкания и обратной полярности.

Технические характеристики:

- входное напряжение: переменное 100-240 В, 50/60 Гц;
- входной ток: 0.6 А;
- выходное напряжение: постоянное 16 В;
- выходной ток: 0.9/1.8 А;

Робототехнический контроллер TETRIX PRIZM.

На рисунке 34 представлен контроллер TETRIX PRIZM.

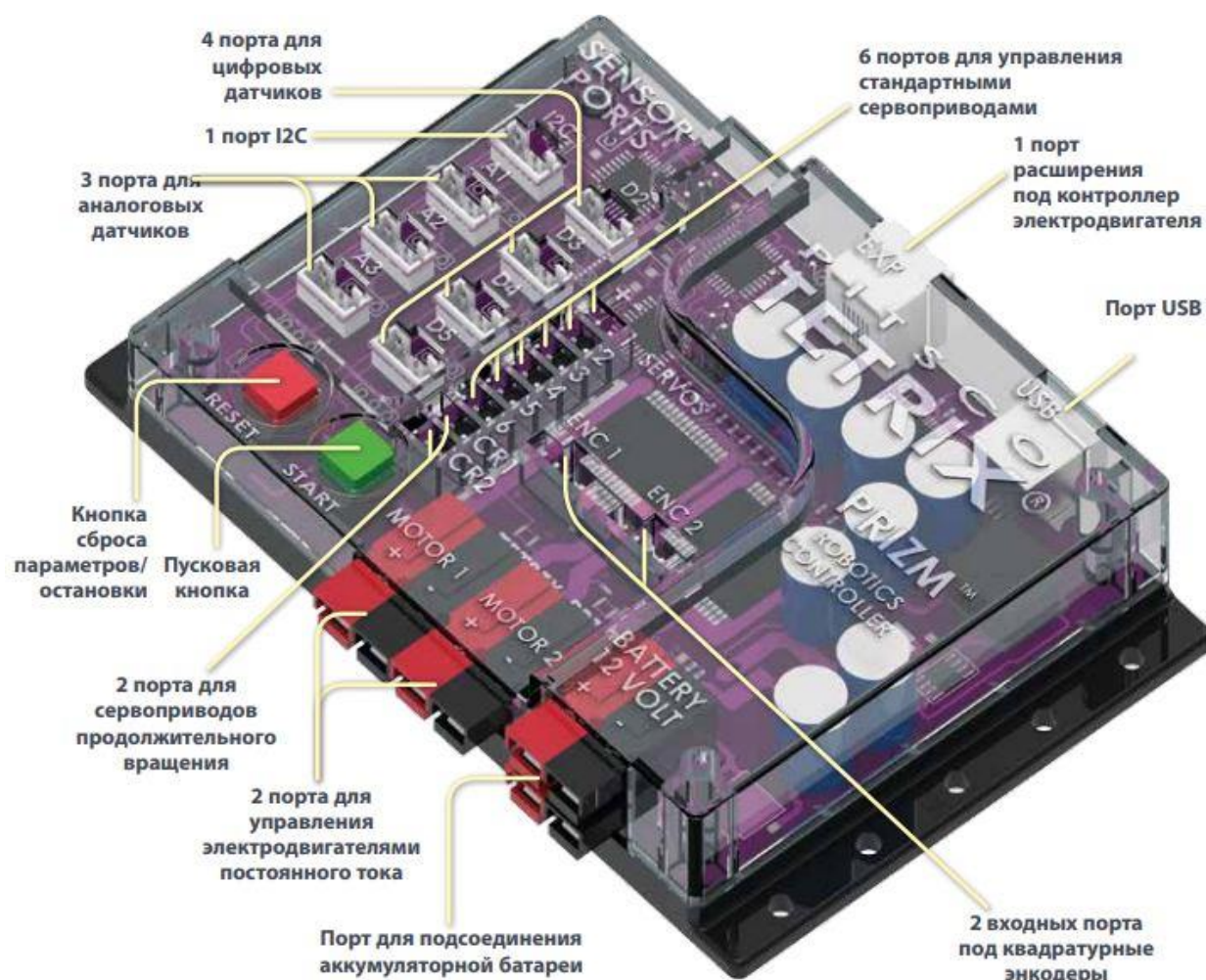


Рисунок 34 – Внешний вид контроллера и назначение его портов

Порты для датчиков на контроллере PRIZM.

В контроллере PRIZM используются схемы назначения контактов, совместимые с Arduino UNO. Датчики, к которым в библиотеке на языке Arduino для контроллера PRIZM есть программные коды, настраиваются автоматически благодаря библиотечным функциям. Однако функции составления программных кодов на языке Arduino позволяют напрямую пользоваться всеми портами, если нужно с ними поработать. За исключением

порта I2C все остальные можно настроить на ввод или вывод сигналов при помощи функции Arduino pinMode. На рисунке 35 представлен один из портов для подключения датчиков к контроллеру. В таблицах 1-8 расписаны функции каждого контакта всех портов для подключения датчиков контроллера TETRIX PRIZM.

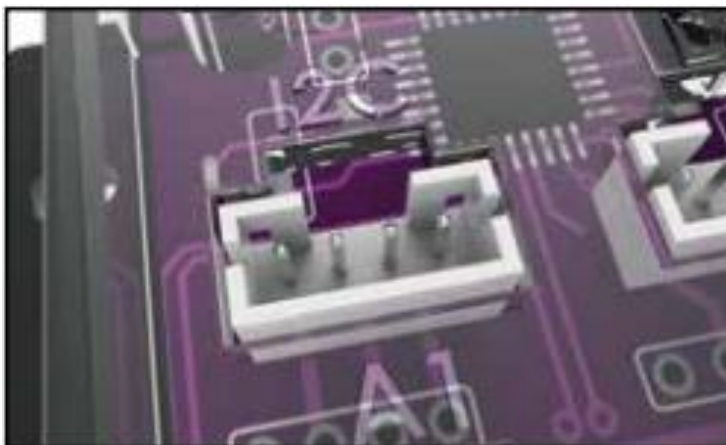


Рисунок 35 – Порт для датчиков на контроллере PRIZM
(Контакты слева направо: 1, 2, 3, 4.)

Таблица 1 - Назначение контактов порта I2C

Номер контакта	Функция	Назначение контакта в ПО Arduino (IDE)
Контакт 1	Заземление	Отсутствует
Контакт 2	+5 В, 100 мА	Отсутствует
Контакт 3	SDA (последовательная передача данных через шину связи I2C)	Канал ввода ADC4 (A4)
Контакт 4	SCL (тактовый сигнал шины связи I2C)	Канал ввода ADC5 (A5)

Таблица 2 - Порт для аналоговых датчиков (A1)

Номер контакта	Функция	Назначение контакта в ПО Arduino (IDE)
Контакт 1	Заземление	Отсутствует
Контакт 2	+5 В, 100 мА	Отсутствует
Контакт 3	Неиспользуемый	Отсутствует
Контакт 4	Ввод аналоговых или ввод-вывод цифровых сигналов	Ввод аналоговых сигналов (A1), ввод-вывод цифровых сигналов (15)

Таблица 3 - Порт для аналоговых датчиков (A2)

Номер контакта	Функция	Назначение контактов в ПО Arduino (IDE) ()
Контакт 1	Заземление	Отсутствует
Контакт 2	+5 В, 100 мА	Отсутствует
Контакт 3	Неиспользуемый	Отсутствует
Контакт 4	Ввод аналоговых или ввод-вывод цифровых сигналов	Ввод аналоговых сигналов (A2), ввод-вывод цифровых сигналов (16)

Таблица 4 - Порт для аналоговых датчиков (A3)

Номер контакта	Функция	Назначение контактов в ПО Arduino (IDE) ()
Контакт 1	Заземление	Отсутствует
Контакт 2	+5 В, 100 мА	Отсутствует
Контакт 3	Неиспользуемый	Отсутствует
Контакт 4	Ввод аналоговых или ввод-вывод цифровых сигналов	Ввод аналоговых сигналов (A3), ввод-вывод цифровых сигналов (17)

Таблица 5 - Порт для цифровых датчиков (D2)

Контакт	Функция	Назначение контактов в ПО Arduino (IDE) ()
Контакт 1	Заземление	Отсутствует
Контакт 2	+5 В, 100 мА	Отсутствует
Контакт 3	Ввод-вывод цифровых сигналов	Ввод-вывод цифровых сигналов (9)
Контакт 4	Ввод-вывод цифровых сигналов	Ввод-вывод цифровых сигналов (2)

Таблица 6 - Порт для цифровых датчиков (D3)

Контакт	Функция	Назначение контактов в ПО Arduino (IDE) ()
Контакт 1	Заземление	Отсутствует
Контакт 2	+5 В, 100 мА	Отсутствует
Контакт 3	Неиспользуемый	Отсутствует
Контакт 4	Ввод-вывод цифровых сигналов	Ввод-вывод цифровых сигналов (3)

Таблица 7 - Порт для цифровых датчиков (D4)

Контакт	Функция	Назначение контактов в ПО Arduino (IDE) ()
Контакт 1	Заземление	Отсутствует
Контакт 2	+5 В, 100 мА	Отсутствует
Контакт 3	Неиспользуемый	Отсутствует
Контакт 4	Ввод-вывод цифровых сигналов	Ввод-вывод цифровых сигналов (4)

Таблица 8 - Порт для цифровых датчиков (D5)

Контакт	Функция	Назначение контактов в ПО Arduino (IDE) ()
Контакт 1	Заземление	Отсутствует
Контакт 2	+5 В, 100 мА	Отсутствует
Контакт 3	Неиспользуемый	Отсутствует
Контакт 4	Ввод-вывод цифровых сигналов	Ввод-вывод цифровых сигналов (5)

Порты для энкодеров на контроллере PRIZM.

У контроллера PRIZM есть два входа под квадратурные энкодеры, которые показаны на рисунке 36, позволяющие точно регулировать параметры в каналах управления электродвигателями постоянного тока № 1 и № 2. Энкодеры на электродвигателях постоянного тока TETRIX отслеживают угловое положение их валов; на основе этих данных программный код обеспечивает быстрое и точное регулирование угловой скорости и положения валов электродвигателей постоянного тока. Через порт ENC1 поступают сигналы энкодера для электродвигателя постоянного тока, подключенному к каналу № 1, а через порт ENC2 — сигналы энкодера в канал управления электродвигателем постоянного тока № 2.

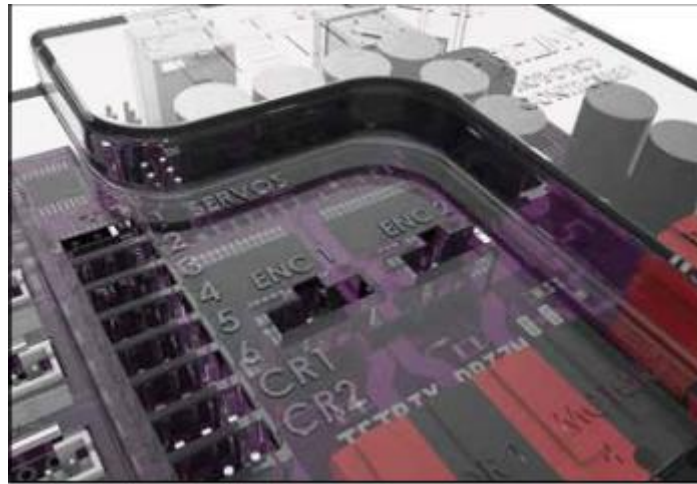


Рисунок 36 - Порты под квадратурные энкодеры на контроллере PRIZM (Контакты слева направо: 1, 2, 3, 4.) (Обозначение: ENC1 и ENC2)

Контакт 1: источник постоянного напряжения +5 В.

Контакт 2: сигнал с показаниями счётчика энкодера (А).

Контакт 3: заземление энкодера.

Контакт 4: сигнал с показаниями счётчика энкодера (В).

Порт USB на контроллере PRIZM.

Порт USB на контроллере PRIZM, который показан на рисунке 37, служит для связи между самим контроллером и компьютером под управлением ОС Windows, Mac или Linux. Его главное назначение — загрузка программного кода в память микроконтроллера [34]. Может также обеспечивать обмен данными между контроллером PRIZM и компьютером с использованием протокола последовательной связи. Например, в ПО Arduino (IDE) есть прибор контроля последовательной передачи данных, в окне которого отображаются значения данных, полученных от контроллера PRIZM. Здесь можно отображать показания обычных датчиков или энкодеров, а при необходимости и другие виды данных о программах. Возможность видеть значения данных зачастую очень помогает при отладке программного кода. Прибор контроля последовательной передачи данных

можно использовать и для отправки информации в контроллер PRIZM. Примером этого может служить приведение контроллером PRIZM в движение электродвигателей постоянного тока или сервоприводов в ответ на нажатие кнопок на клавиатуре. Для задействования функций отслеживания данных или управления продвинутое в программировании пользователи имеют возможность создать графические интерфейсы на платформах Java, Python или других платформах программирования.



Рисунок 37 – Порт USB на контроллере PRIZM, предназначенный для программирования и связи

Кнопка сброса параметров на контроллере PRIZM.

Красная кнопка сброса параметров, которая показана на рисунке 38, служит двум целям. Нажатие на неё прекращает выполнение любого программного кода и возвращает показания всех энкодеров и других датчиков в исходное состояние. Нажатие на неё точно так же перезапускает всю систему, как и выключение-включение питания.



Рисунок 38 – Кнопка сброса параметров на контроллере PRIZM

Пусковая кнопка на контроллере PRIZM.

Зелёная пусковая кнопка (Start), которая показана на рисунке 39, служит для запуска программного кода, загруженного в контроллер PRIZM. Когда вы создаёте программный код посредством ПО Arduino (IDE), функция PrizmBegin выполняет все команды, необходимые для запуска программы. Вызов этой функции приводит необходимые параметры в надлежащее состояние и задерживает выполнение программного кода до тех пор, пока не будет нажата зелёная пусковая кнопка.



Рисунок 39 – Пусковая кнопка на контроллере PRIZM

Порты для электродвигателей постоянного тока на контроллере PRIZM.

На контроллере PRIZM два порта для подсоединения электродвигателей постоянного тока. Они обозначены надписями Motor 1 и Motor 2. Каждый канал используется для управления угловой скоростью и направлением вращения электродвигателей постоянного тока TETRIX при помощи команд, определение которых есть в ПО Arduino (IDE) контроллера PRIZM. На каждый канал управления электродвигателями подаётся постоянный ток силой 10 А и напряжением 12 В. Каждый канал управления электродвигателем снабжён красно-чёрным разъёмом, в котором красная часть имеет положительный потенциал, а чёрная — отрицательный. Силовые кабели к электродвигателям постоянного тока TETRIX снабжены парными

цветными разъемами, которые следует вставлять в часть разъёма того же цвета, чтобы всё работало. На рисунке 40 можно увидеть эти порты для подсоединения электродвигателей постоянного тока.

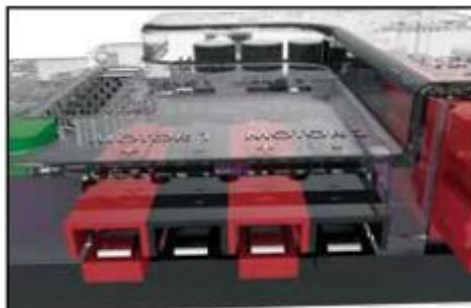


Рисунок 40 – Порты для электродвигателей постоянного тока на контроллере PRIZM

Порт для подсоединения аккумуляторной батареи на контроллере PRIZM.

Для питания контроллера PRIZM служит перезаряжаемая никельметаллогидридная аккумуляторная батарея на 12 В серии TETRIX. К контроллеру PRIZM прилагается комплект выключателя, предназначенный для подсоединения аккумуляторной батареи к соответствующему порту. Аккумуляторную батарею можно подсоединить либо к верхнему либо к нижнему ряду разъёмов, которые показаны на рисунке 41. Порт расширения предназначен для подсоединения дополнительных контроллеров электродвигателей к контроллеру PRIZM и раздачи им напряжения по гирляндной цепи.



Рисунок 41 – Порт ввода/вывода напряжения аккумуляторной батареи контроллера PRIZM

В таблице 9 представлены технические характеристики контроллера TETRIX PRIZM.

Таблица 9 – Технические характеристики контроллера TETRIX PRIZM

Микроконтроллер:	Atmega328P с установленным загрузчиком операционной системы Arduino Optiboot
Память:	программируемое ЭПЗУ объемом 32 кб (Atmega328P)
Питающее напряжение:	9...18 В пост. тока
Порты для управления электродвигателями постоянного тока:	2 соединителя с разъёмами Powerpole; мостовая схема управления при помощи широтно-импульсной модуляции; каждый канал рассчитан на постоянный ток силой 10 А и максимальную нагрузку по току до 20 А
Рекомендованный электродвигатель:	Электродвигатель постоянного тока на 12 В TETRIX (39530)
Режимы управления электродвигателями постоянного тока:	Постоянная мощность (от -100 % до 100 %) Постоянная скорость при помощи ПИД-регулирования (от -720 до 720 градусов в секунду) ПИД-регулирование постоянной скорости для достижения и удержания заданного конечного положения с учётом показаний энкодера ПИД-регулирование постоянной скорости для достижения и удержания заданного конечного положения с учётом показаний энкодера в градусах Остановка в режиме торможения или выбега Отслеживание тока электродвигателя постоянного тока (все режимы)

Продолжение таблицы 9

Рекомендованный энкодер:	Комплект энкодера для электродвигателя серии TETRIX MAX (38000)
Порты под энкодеры для электродвигателей:	2 квадратурных, 5 В пост. тока, не более 50 мА; Технические характеристики: 360 отсчётов на оборот, 1440 импульсов на оборот; ENC 1 и ENC 2
Разъём USB:	USB типа B
Накопитель USB:	FTDI
Порты для стандартных сервоприводов:	Всего 6: каналы 1-6 для сервоприводов
Порты для сервоприводов продолжительного вращения (CR):	Всего 2: Каналы CR1 и CR2
Совокупное ограничение по току сервопривода:	постоянный ток не более 6 В, 6 А
Режимы управления сервоприводами:	Задание скорости сервопривода (0...100 %) Задание положение вала сервопривода (0...180 градусов) Задание состояния сервопривода продолжительного вращения (вращение по ЧС/против ЧС)
Отслеживание напряжения аккумуляторной батареи:	в пределах 0...18 В
Порты для цифровых датчиков (D2-D5):	Каждый можно настроить на ввод или вывод цифровых сигналов. D2 можно превратить в порт последовательной связи.
3 порта для аналоговых датчиков (A1-A3):	Каждый порт можно настроить на ввод аналоговых сигналов или вводвывод цифровых сигналов.
1 порт I2C (I2C):	скорость 100 кГц. Используется шина связи I2C, которая используется также для внутренних микроконтроллеров, управляющих электродвигателями постоянного тока и сервоприводами. Адреса I2C с 0x01 по 0x06 оставлены контроллером PRIZM в запасе.
Порт расширения под дополнительный контроллер электродвигателя (EXP):	К этому порту при помощи гирляндной схемы можно подключить дополнительные модули управления электродвигателями постоянного тока и сервоприводами TETRIX.
Порт для подсоединения аккумуляторной батареи:	подходит к разъёмам Powerpole; дополнительный порт для раздачи напряжения аккумуляторной батареи по гирляндной цепи контроллерам электродвигателей, подсоединяемых к порту расширения.
1 зелёная пусковая кнопка (START)	Программируемая кнопка
1 красная кнопка сброса параметров/остановки (RESET)	Непрограммируемая кнопка
1 красный светодиод:	Программируемый светодиод, служащий индикатором
1 зелёный светодиод:	Программируемый светодиод, служащий индикатором
1 синий светодиод:	Включается на время подачи в цепь электропитания

Из описанного конструктора была создана физическая модель мобильной платформы, изображенная на рисунке 42.

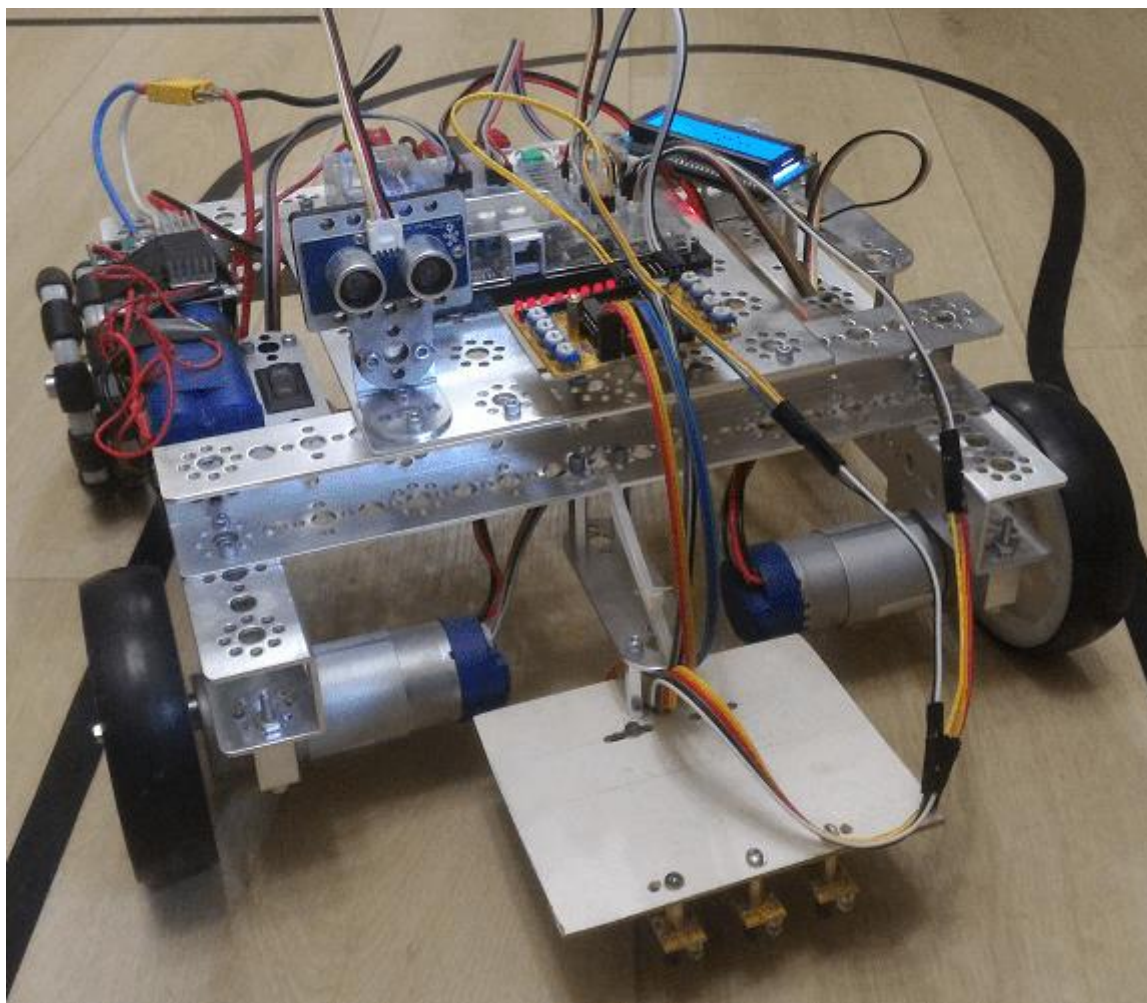


Рисунок 42 - Мобильная платформа, собранная из конструктора TETRIX.

Данная платформа использовалась в качестве работающего макета для обучения студентов.

Выводы по разделу

В данном разделе приведено описание конструктора, используемых элементов и собранной модели мобильной платформы

3 Разработка электрической принципиальной схемы

Была разработана функциональная схема (рисунок 43).

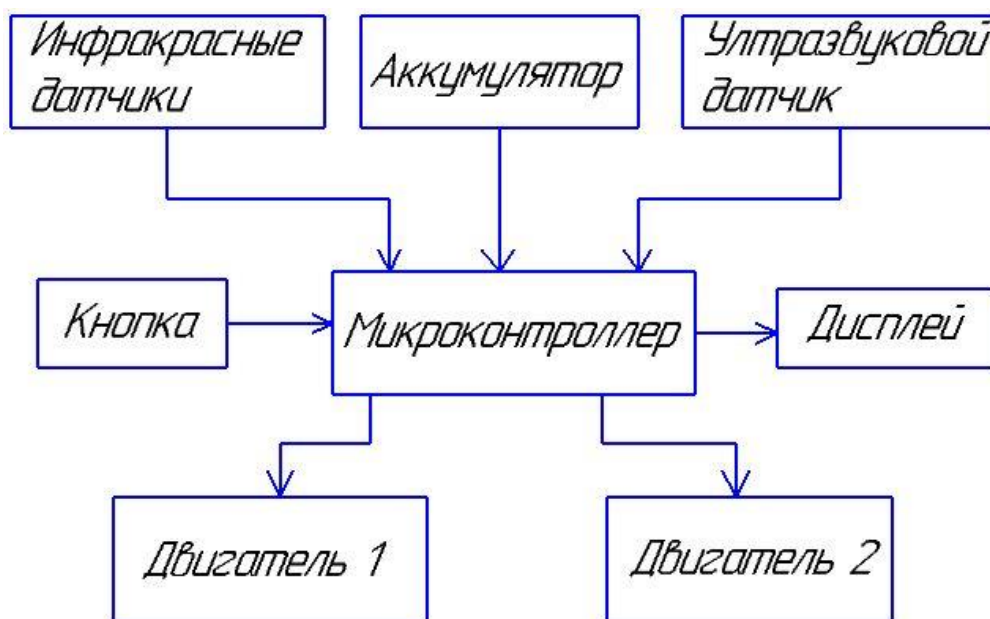


Рисунок 43 - Схема функциональная мобильной платформы.

Центральным блоком схемы (обозначенным на рисунке как микроконтроллер) является контроллер TETRIX PRIZM, имеющий в своем составе драйвера, посредством которых происходит управление левым и правым двигателями. Сигналы с инфракрасных датчиков используются для отслеживания линии. На ультразвуковом дальномере построена система предотвращения наезда на препятствие. Движение начинается при нажатии на кнопку. Отладочная информация выводится на дисплей. Все элементы запитаны от аккумулятора.

Рассмотрим используемые компоненты более подробно.

Инфракрасный датчик линии (рисунок 44) состоит из излучателя и приемника. Сигнал на приемнике зависит от цвета пола, то есть от наличия

на нем контрастной линии [18, 19, 28]. В данной работе применяется черная линия (черная изоленга), наклеенная на более светлый пол.



Рисунок 44 - Принцип действия инфракрасного датчика линии.

В качестве излучателя применяется инфракрасный светодиод с длиной волны 940-950нм (работающий в инфракрасном диапазоне). В качестве приемника может использоваться соответствующие ему по спектральной чувствительности фотодиод или фототранзистор.

Сигнал, получаемый с приемника является аналоговым. Однако во многих датчиках аналоговый сигнал подается на компаратор и выходным сигналом является цифровой, говорящий о наличии или отсутствии черной линии. Подстройка уровня перехода между нулем и единицей осуществляется переменным резистором.

Пример схемы с транзисторным фотоприемником и аналоговым выходным сигналом приведен на рисунке 45.

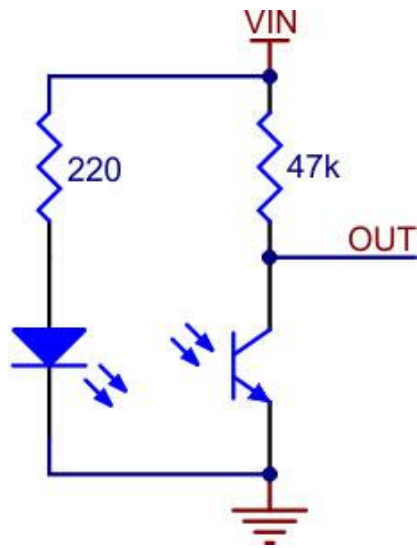


Рисунок 45 - Пример схемы с транзисторным фотоприемником и аналоговым выходным сигналом.

Существуют недорогие аналоговые датчики, пример которых приведен на рисунке 46 [6].

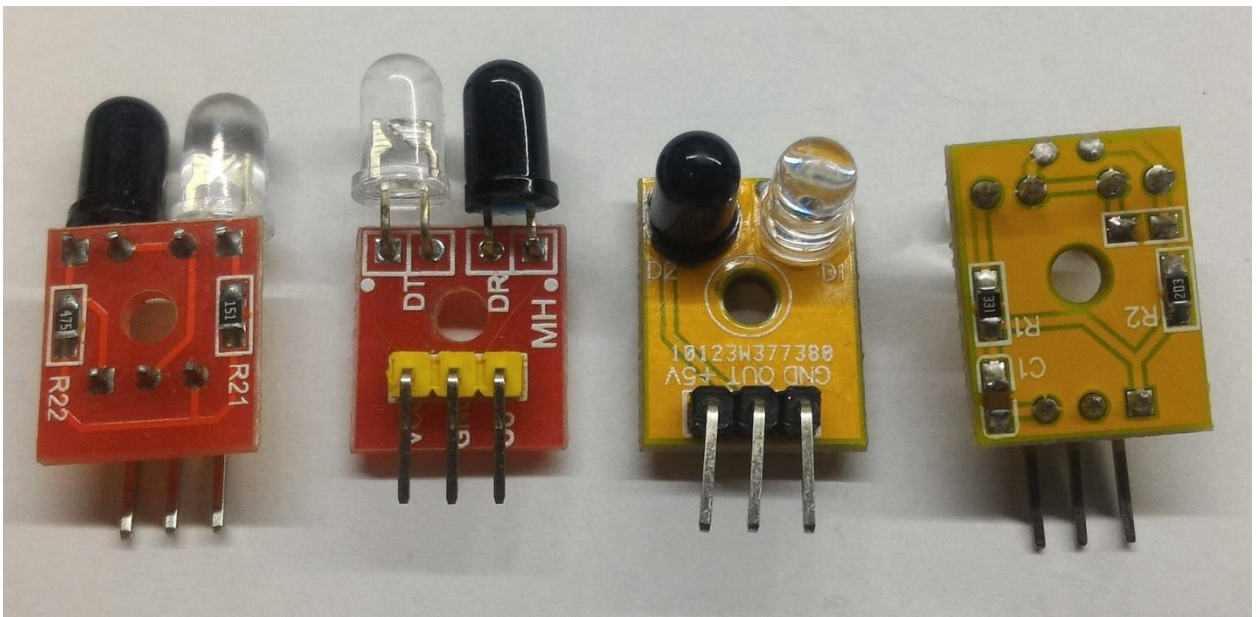
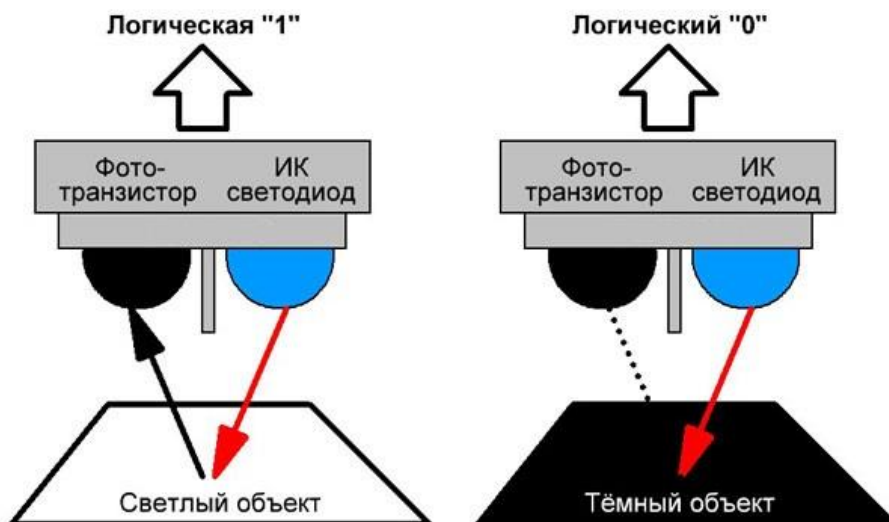


Рисунок 46 - Аналоговые инфракрасные датчики.

Существуют цифровые датчики (рисунки 47, 48) [24].



а) принцип действия

Рисунок 47 – Принцип действия цифрового инфракрасного датчика



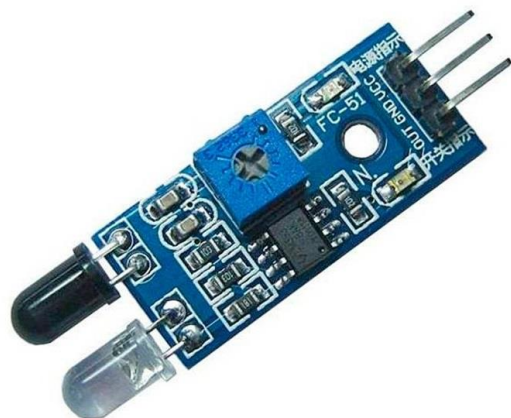
б)

Рисунок 48- внешний вид и назначение выводов цифрового инфракрасного датчика.

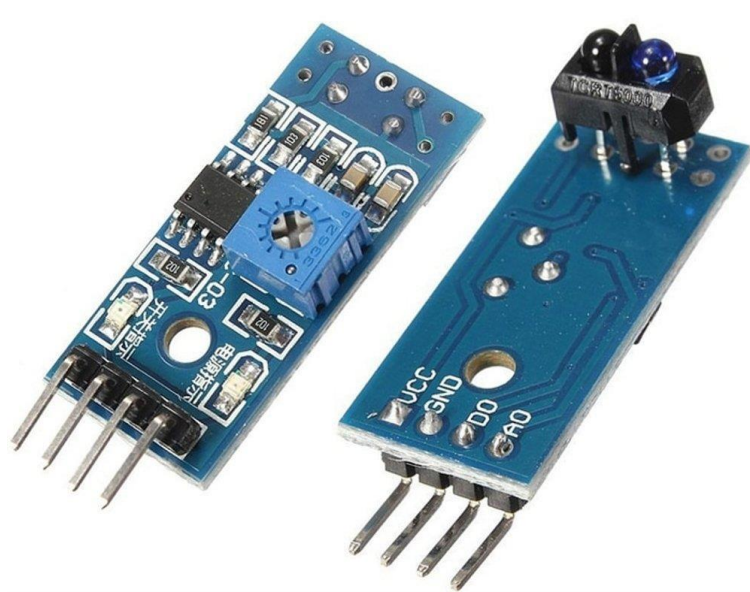
Несколько конкретных типов датчиков приведены на рисунке 49 [2,11].



а) датчик линии KY-032



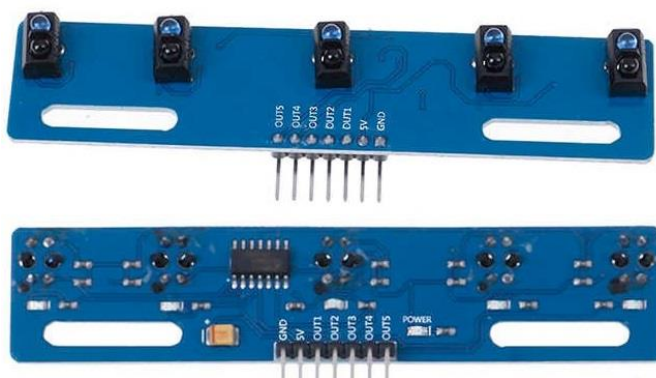
б) датчик линии FC-51



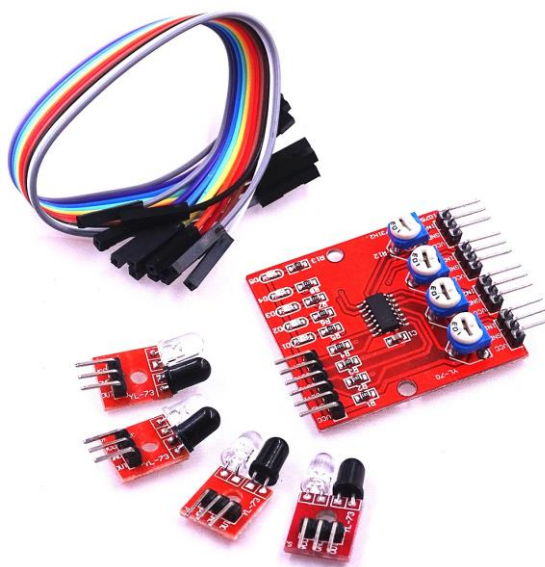
в) датчик линии TRT5000

Рисунок 49 - Цифровые инфракрасные датчики линии.

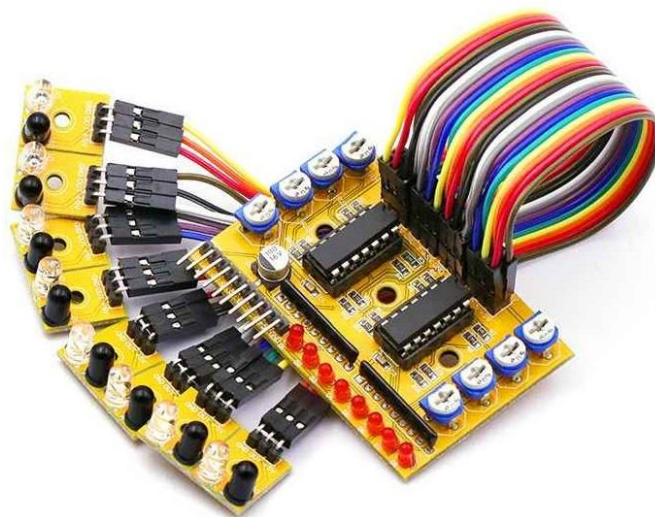
В составе одного модуля может присутствовать сразу несколько датчиков (рисунок 50) [17].



а) пятиканальный модуль TCRT5000



б) Четырехканальный модуль YL-70 с датчиками YL-73



в) восьмиканальный модуль МН

Рисунок 50 - Многоканальные цифровые инфракрасные датчики линии.

Из всех рассмотренных модулей было решено использовать восьмиканальный модуль МН. При этом 3 датчика, предназначенных для обнаружения развилки будут использоваться в цифровом виде, а 2 датчика, по которым происходит движение – в аналоговом.

Для вывода отладочной информации использовали дисплей (рисунок 51), а для начала движения кнопку (рисунок 52) [12,13, 21].

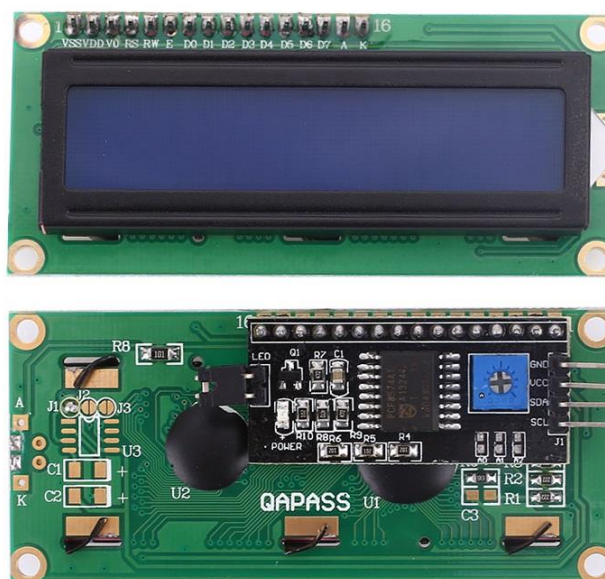


Рисунок 51 – Дисплей LCD 1602 с модулем I2C



Рисунок 52 –Кнопка

На основе функциональной была разработана электрическая принципиальная схема (рисунок 53).

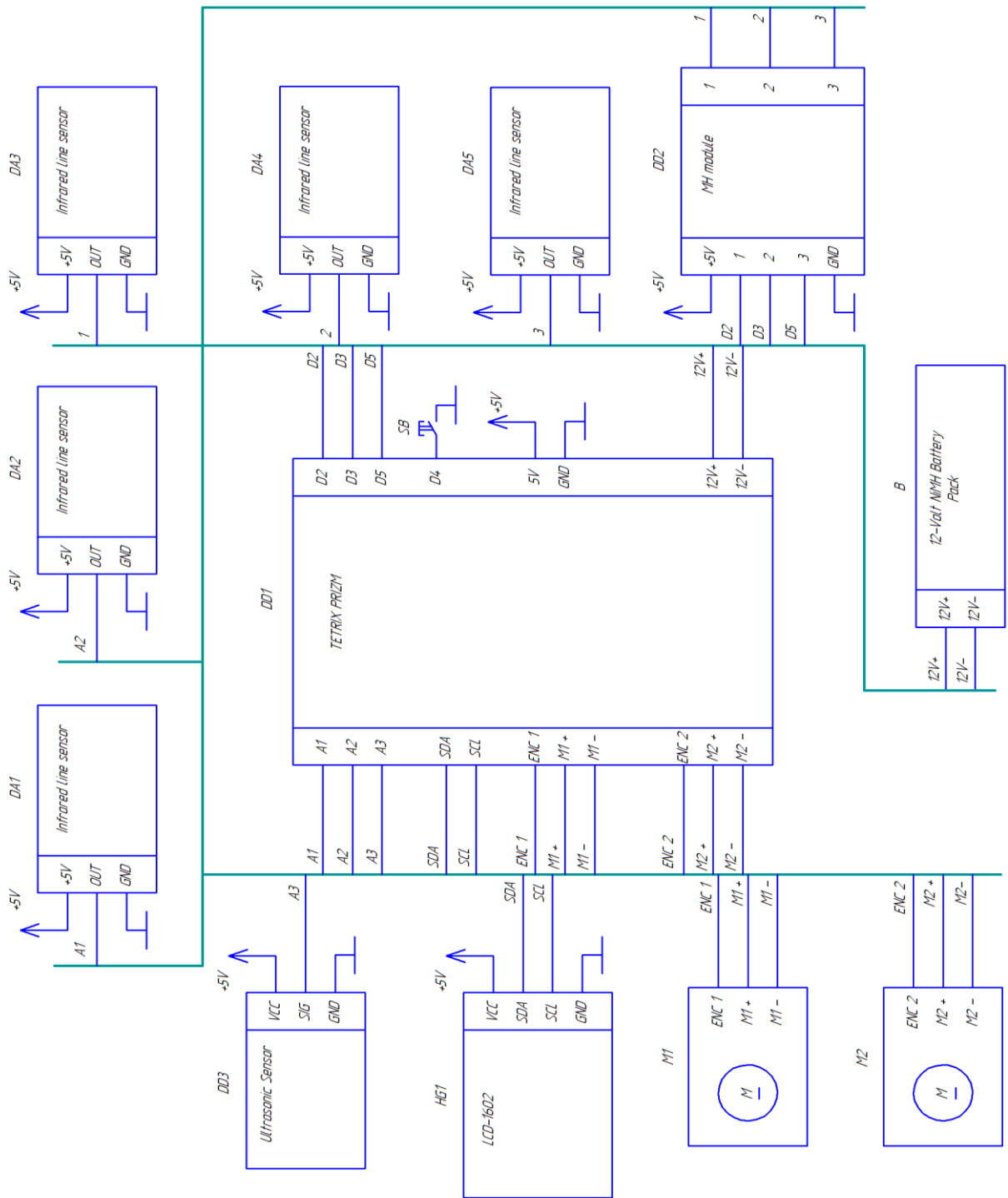


Рисунок 53– Электрическая принципиальная схема мобильной платформы.

Выводы по разделу

В данном разделе была разработаны функциональная и электрическая принципиальная схемы, выбраны элементы.

4. Алгоритм управления платформой

Платформа должна передвигаться по контрастной линии, нанесенной на полу, проходить плавные повороты и останавливаться в отмеченных точках. Дальнейшее движение продолжается по нажатию на кнопку.

Для отслеживания линии будет использоваться 5 датчиков: три передних, работающих в цифровом режиме и два задних – в аналоговом (рисунок 54). Передние датчики предназначены для обнаружения развилки, задние – для управления движением по ПИД алгоритму [32].



Рисунок 54 – Расположение инфракрасных датчиков линии

Разработанная блок-схема алгоритма (БСА) [7] программы изображена на рисунке 55.

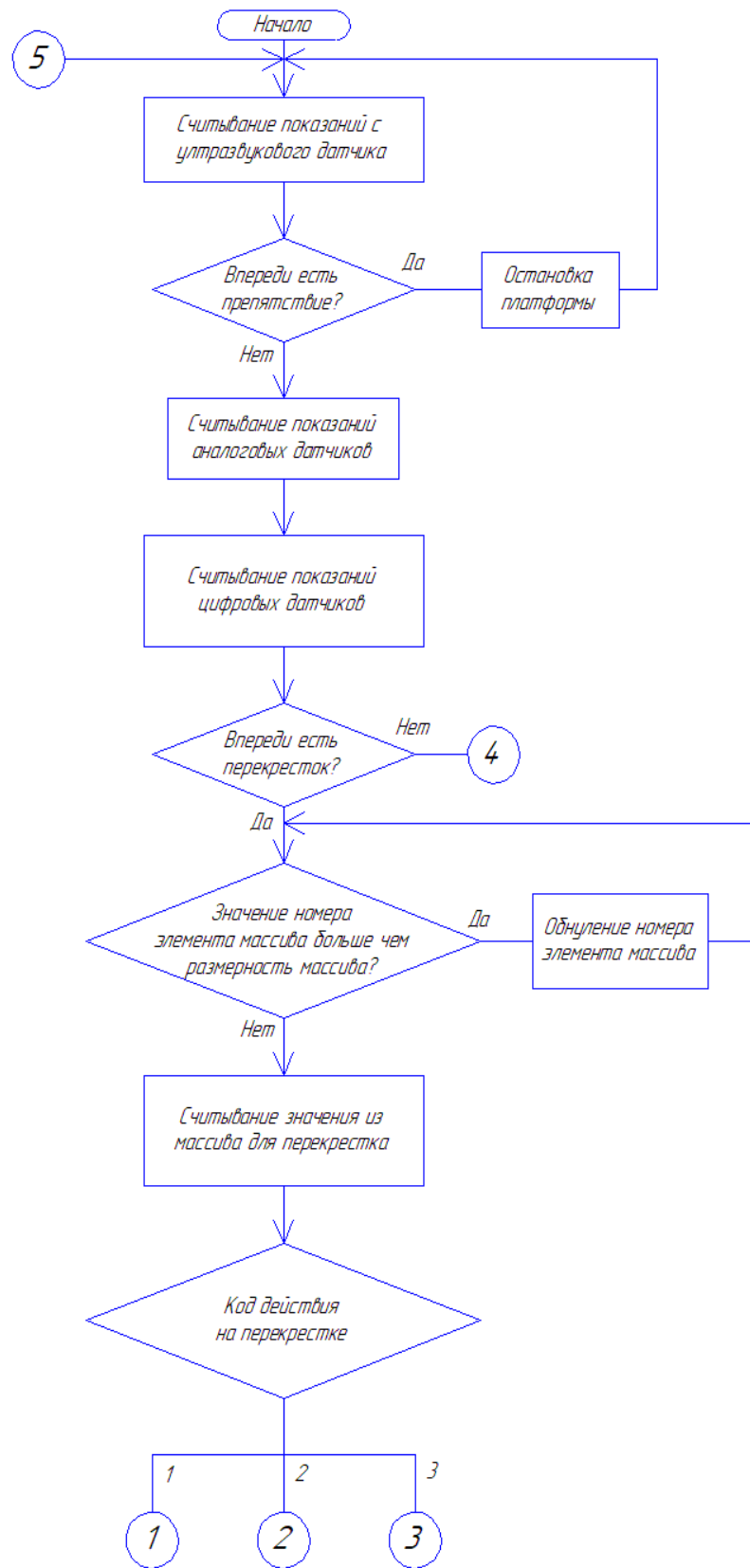


Рисунок 55а – БСА мобильной платформы.

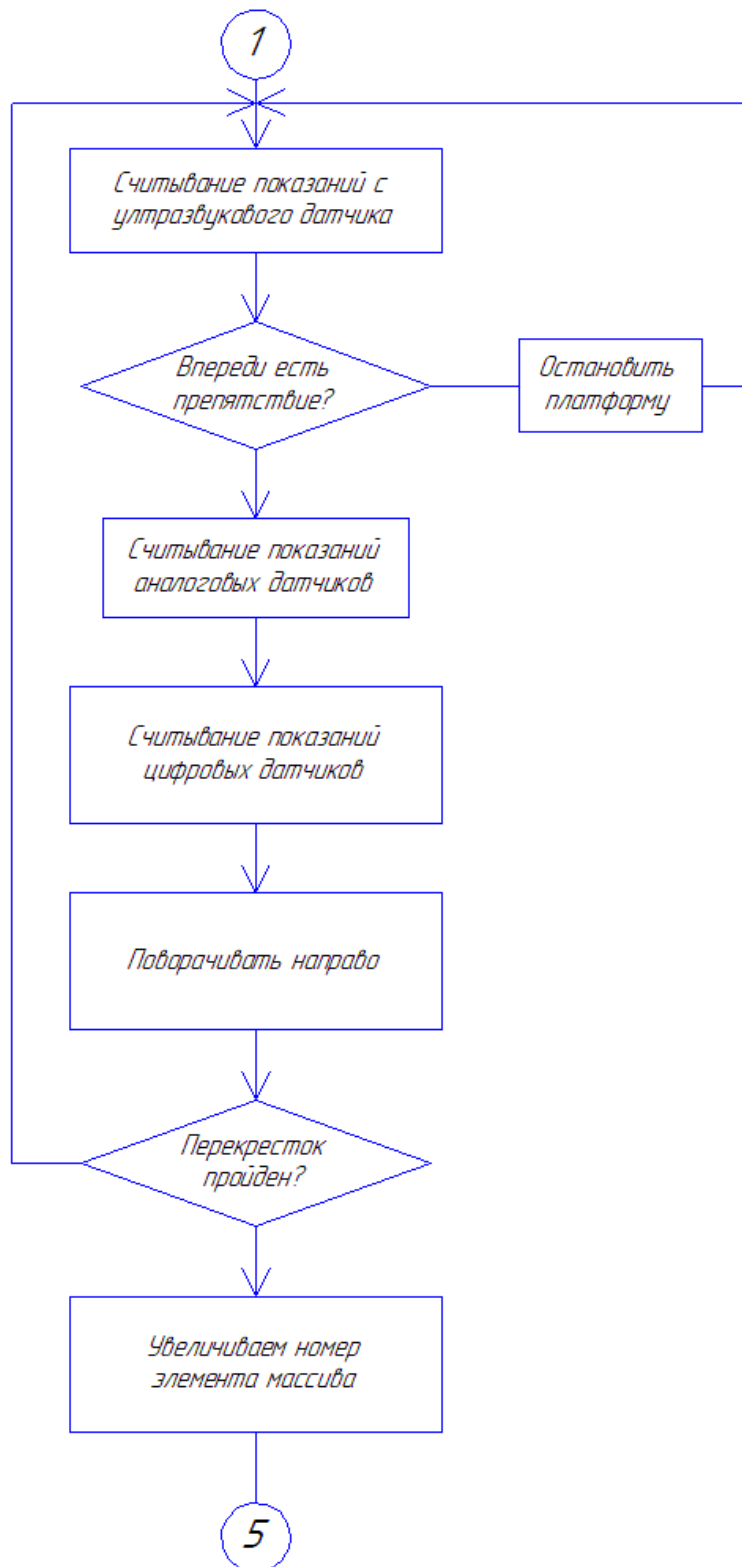


Рисунок 556 – БСА мобильной платформы.

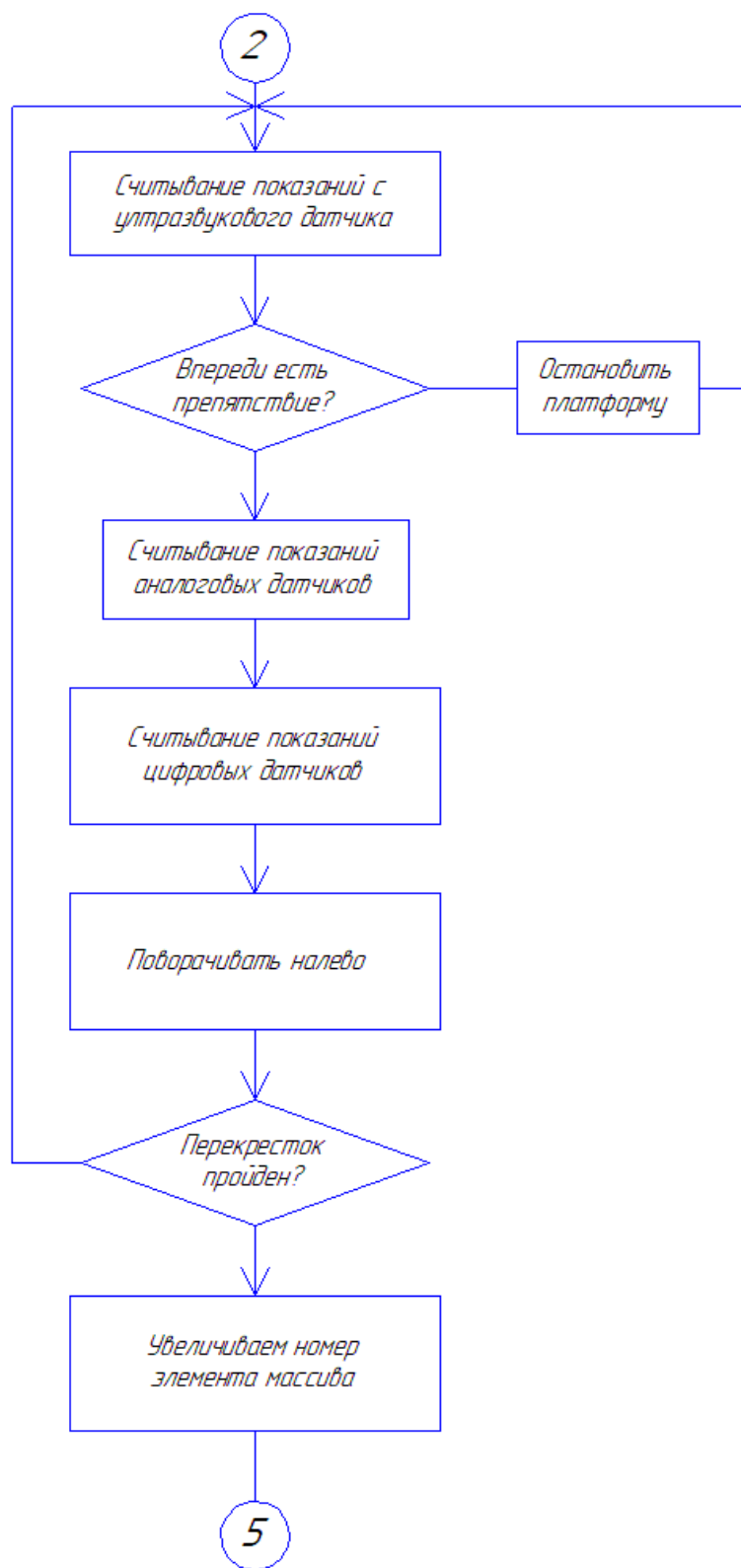


Рисунок 55в – БСА мобильной платформы.

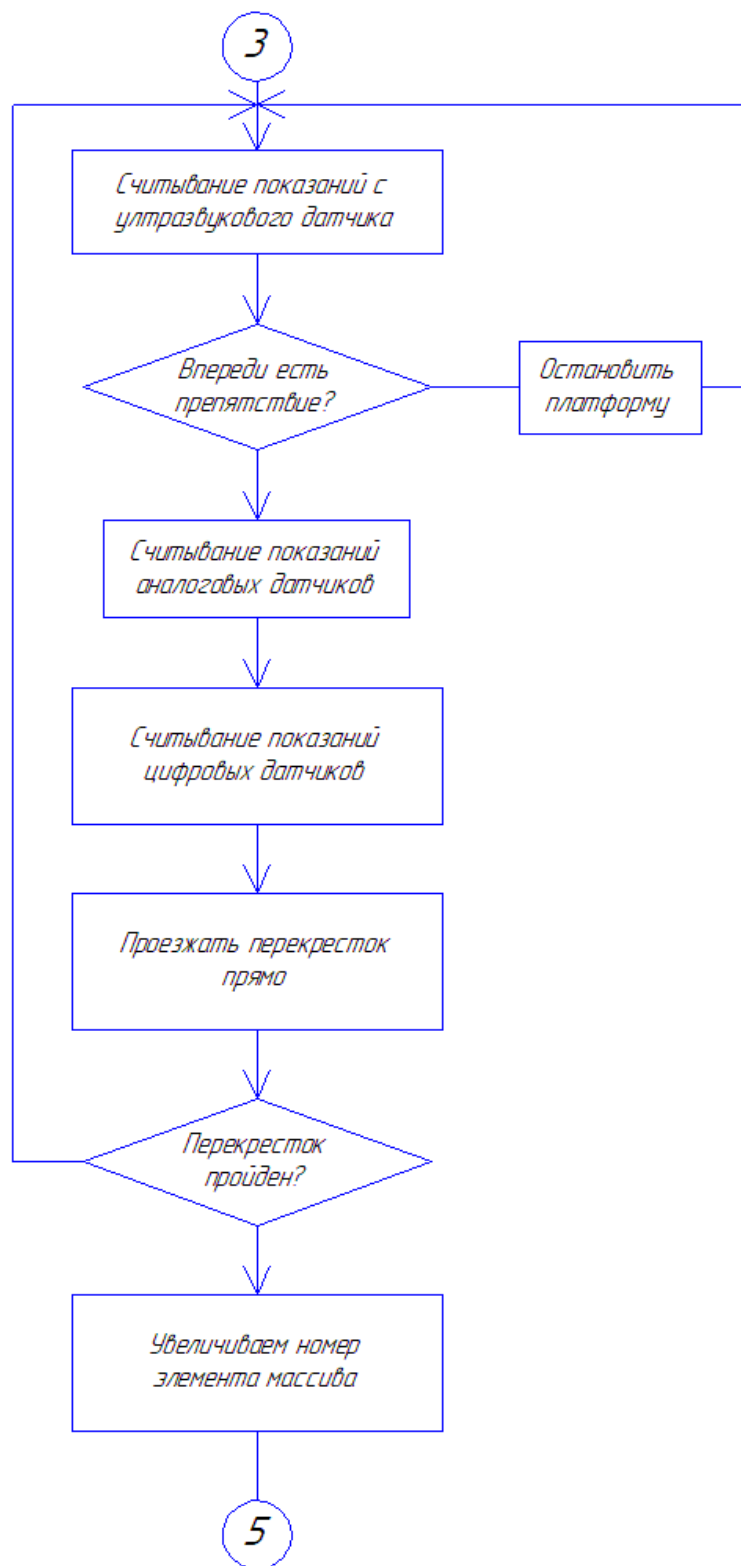


Рисунок 55г – БСА мобильной платформы.

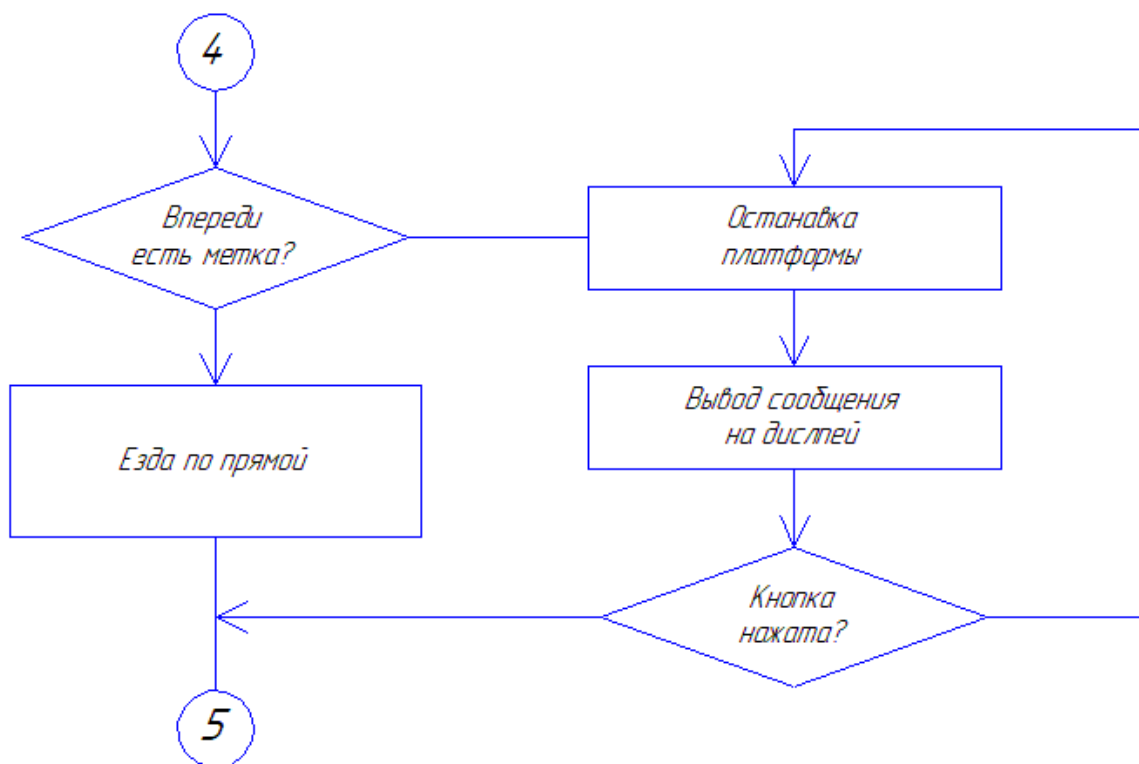


Рисунок 55д – БСА мобильной платформы.

Приведенная БСА может быть использована при написании управляющей программы для микроконтроллера.

Выводы по разделу

В данном разделе представлена блок-схема алгоритма работы мобильной платформы, которая может быть использована для написания управляющей программы для микроконтроллера. Сама управляющая программа в данном разделе не разрабатывается, так как это не являлось задачей ВКР.

Заключение

Цель данной работы являлась разработка мобильной платформы с микроконтроллерным управлением, способной автономно передвигаться по трассе, нанесенной на полу в виде контрастной линии.

Для достижения поставленной цели были решены 6 задач:

- обзор мобильных транспортных платформ и сфер их применения;
- анализ исходных данных и известных решений;
- описание конструктора TETRIS
- разработка структурной и принципиальной схем;
- выбор необходимых компонентов;
- разработка алгоритмов передвижения и программы.

Разработанная мобильная платформа является макетным образцом и в первую очередь предназначена для использования в учебном процессе. На ее основе студенты смогут получать знания в области микроконтроллерной техники. Полученные знания, умения и навыки позволят разрабатывать промышленные образцы платформ с микроконтроллерным управлением, способных автономно передвигаться по трассе, нанесенной на полу в виде контрастной линии. Такие платформы предназначены для автоматического перемещения грузов на производствах и организации складских хозяйств.

Таким образом, в данной работе проведен подробный обзор мобильных роботов и автоматических транспортных мобильных платформ, предназначенных для перемещения грузов. Описан конструктор тетриса и собранная на его основе мобильная платформа. Разработана электрическая принципиальная схема мобильной платформы, выбраны все комплектующие. Разработана блок-схема алгоритма работы программы.

Работа оформлена в соответствии с требованиями [16,22,23,31].

Список используемой литературы

1. Автоматические роботизированные складские транспортные системы SB Robotics [Электронный ресурс] Режим доступа: www/ URL: <http://robosklad.com.ua> // Стандарт-Пак - 20.03.2019 г.
2. Алгоритмы работы AGV компании Rosla: инновации для максимальной эффективности работы склада //Складской комплекс №3, май-июнь 2014. — с. 38-39.
3. Амазон. Алгоритмы работы самого крупного ритейлера в мире [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/company/pochtoy/blog/406783/> (дата обращения: 07.05.2023)
4. Аналоговый модуль KY-032 с инфракрасным датчиком [Электронный ресурс]. URL: <https://umnyjdomik.ru/ky-032-modul-s-infrakrasnym-datchikom-obnaruzheniya-prepyatstvij-dlya-arduino.html> (дата обращения: 07.05.2023)
5. Ансеров Ю. М. и др. Машины и оборудование машиностроительных предприятий: Учебник для инженерно-экономических специальностей вузов/Ю. М. Ансеров, В. А. Салтыков, В. Г. Семин. – Л.: Политехника, 1991. – 365 с
6. Бесконтактный датчик YL-73 [Электронный ресурс]. URL: <http://arduino-kid.ru/collection/modules/YL-73> (дата обращения: 07.05.2023)
7. Блок-схемы алгоритмов [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%BB%D0%BE%D0%BA-%D1%81%D1%85%D0%B5%D0%BC%D0%B0> (дата обращения: 07.05.2023)
8. Боранбаев М. С., Андреева Т. В., Риман О. Д. Разработка робота для транспортировки малогабаритных объектов на базе микроконтроллера AVR // Молодой ученый. — 2016. — №11. — С. 277-286. — URL: <https://moluch.ru/archive/115/31118/> (дата обращения: 20.03.2023).

9. Бурдаков, С.Ф. Системы управления движением колесных роботов / С.Ф. Бурдаков, И.В. Мирошник, Р.Э. Стельмаков. – Санкт-Петербург: «Наука». – 2001. – 266 с.
10. Гурьев А., Петров И., Грудин А., Мустафин С., Кондратьев Я. Сравнительный анализ и обзор робототехнических конструкторов и платформ. М. ЦПМ, 2015. – 6с
11. Инфракрасный датчик FC-51 [Электронный ресурс]. URL: <https://robo02.ru/2018/03/22/infrared-sensor-of-distance-touch-fc-51/> (дата обращения: 07.05.2023)
12. Каталог электронных компонентов [Электронный ресурс]. URL: <http://www.chip-dip.ru> (дата обращения: 17.05.2023)
13. Каталог электронных компонентов [Электронный ресурс]. URL: <https://www.impulsi.ru/> (дата обращения: 17.05.2023)
14. Мартыненко, Ю. Г. Управление движением мобильных колёсных роботов / Ю.Г. Мартыненко. – М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2005. – 80с.
15. Материалы эскизного проекта транспортного робота [Электронный ресурс] Режим доступа: [www/](http://www.инноватехсервис.рф) URL: <http://инноватехсервис.рф> // ИННОВАТЕХСЕРВИС - 20.03.2019 г.
16. Методические указания по оформлению выпускных квалификационных работ по программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры : [Электронный ресурс]. URL: [https://yadi.sk/d/Fs-9ts_VInrE3Q/BKP_\(Diplom\)](https://yadi.sk/d/Fs-9ts_VInrE3Q/BKP_(Diplom)) / Оформление ВКР (Дата обращения: 18.02.2023)
17. Модуль датчика линии TCRT5000 [Электронный ресурс]. URL: <https://robot-kit.ru/3094/> (дата обращения: 07.05.2023)
18. Навигация зрячего робота [Электронный ресурс] Режим доступа: [www/](http://www.инноватехсервис.рф) URL: http://cofelis.ru/?page_id=46&page=3.html/ - 20.03.2019 г. - Загл. с экрана.

19. Оптопара принцип работы [Электронный ресурс]. URL: <https://principraboty.ru/optopara-princip-raboty-optrony-princip-raboty/> (дата обращения: 07.05.2023)

20. Петреченко В. А. Потенциал российских инноваций на рынке систем автоматизации и робототехники: экспертно-аналитический отчет // сайт - URL: http://www.rusventure.ru/ru/programm/analytics/docs/Otchet_robot-FINAL%20291014.pdf (дата обращения: 20.03.2023).

21. Подключение дисплея LCD 1602 к arduino по i2c / ПС [Электронный ресурс]. URL: <https://arduinomaster.ru/datchiki-arduino/lcd-i2c-arduino-displey-ekran/> (дата обращения: 07.05.2023)

22. Положение о выпускной квалификационной работе: утв. решен. учен. совет. от 21.11.2019 решение №254 : [Электронный ресурс]. URL: [https://yadi.sk/d/Fs-9ts_VInrE3Q/BKP_\(Diplom\)](https://yadi.sk/d/Fs-9ts_VInrE3Q/BKP_(Diplom)) / Положение о ВКР (Дата обращения: 18.02.2023)

23. Порядок обеспечения самостоятельности выполнения письменных работ в ТГУ : [Электронный ресурс]. URL: [https://yadi.sk/d/Fs-9ts_VInrE3Q/BKP_\(Diplom\)](https://yadi.sk/d/Fs-9ts_VInrE3Q/BKP_(Diplom)) / Положение о Антиплагиате (Дата обращения: 18.02.2023)

24. Робот, едущий по линии под управлением Arduino [Электронный ресурс] Режим доступа: [www/ URL: http://wiki.amperka.ru/робототехника:робот-с-датчиками-линии-на-arduino](http://wiki.amperka.ru/робототехника:робот-с-датчиками-линии-на-arduino) - 20.03.2019 г. - Загл. с экрана.

25. Робототехника Amazon Robotics [Электронный ресурс]. URL: <https://mentamore.com/robototexnika/amazon-robotics.html> (дата обращения: 07.05.2023)

26. Рубцов И.В. Вопросы состояния и перспективы развития отечественной наземной робототехники военного и специального

назначения. // Технологический институт Южного федерального университета в г. Таганроге, 2013.

27. Рядчиков И. В., Сеница С. Г., Брагин Б. О., Шепилов В. В., Пузановский К. В. Создание робота автономного движения по линии [Текст] // Технические науки: проблемы и перспективы: материалы III Междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, июль 2015 г.). — СПб.: Свое издательство, 2015. — С. 19-25

28. Устройство и работа датчика линии [Электронный ресурс]. URL: <http://elektrik.info/device/1588-kak-ustroen-i-rabotaet-datchik-linii.html> (дата обращения: 07.05.2023)

29. Фролов Д. П., н. р. проф., к.т.н. Масальский Г. Б. Модернизация шасси и системы управления мобильного комплекса. // Политехнический институт СФУ. Сборник материалов Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспектив-2015», посвященной 70-летию Великой Победы. — Красноярск, 2015. — с. 28-30.

30. Шахинпур М.И. Курс робототехники: материал технической информации [Текст] / М. Шахинпур; пер. с англ. С. С. Дмитриева; под ред. С.Л. Зенкевича. М. Мир, 2012. - 527 с.

31. Электроника и нанoeлектроника, управление в технических системах, электроэнергетика и электротехника. Выполнение бакалаврской работы / сост. Позднов М.В., Прядилов А.В. - Тольятти: ТГУ, 2019. - 41 с.

32. PID controller [Электронный ресурс]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/PID_controller (дата обращения: 07.05.2023)

33. Ronavi-Robotics [Электронный ресурс]. URL: <https://ronavi-robotics.ru/> (дата обращения: 07.05.2023)

34. S. A. Prasad, B. S. Kariyappa, R. Nagary, S. K. Thakur, Microcontroller Based AC Power Controller, Wireless Sensor Network, Vol. 1, Issue 2, Jul 2009, pp. 76-81.

35. TETRIX MAX Programmable Robotics Set [Электронный ресурс]. URL: <https://www.pitsco.com/RU/Shop/Robotics/TETRIX-MAX-Programmable-Robotics-Set>
36. TETRIX PRIZM Robotics Controller [Электронный ресурс]. URL: <https://www.pitsco.com/RU/Shop/Robotics/TETRIX-PRIZM-Robotics-Controller> (дата обращения: 17.05.2023)
37. TETRIX PRIZME programming guide [Электронный ресурс]. URL: <https://asset.pitsco.com/sharedimages/resources/tetrix-prizm-programming-guide.pdf> (дата обращения: 07.05.2023)
38. Types of autonomous mobile robots, and their warehouse use cases [Электронный ресурс]. URL: <https://www.supplychaindive.com/news/4-types-of-autonomous-mobile-robots-and-their-warehouse-use-cases/529548/> (дата обращения: 07.05.2023)
39. Warehouse Robots for Retail Automation [Электронный ресурс]. URL: <https://www.nanalyze.com/2018/08/warehouse-robots-retail-automation/> (дата обращения: 07.05.2023)

Приложение А
Перечень элементов

Таблица А.1 – Перечень элементов

<i>Поз.</i>	<i>Наименование</i>	<i>Кол.</i>	<i>Примечание</i>					
	<i>Датчики</i>							
<i>DA1...DA5</i>	<i>Инфракрасный датчик линии 10123W377388</i>	<i>6</i>						
<i>DD3</i>	<i>Ультразвуковой датчик расстояния TETRIX</i>	<i>1</i>						
<i>M1...M2</i>	<i>Мотор TorqueNADO</i>	<i>2</i>						
<i>DD2</i>	<i>Четырехканальный модуль МН</i>	<i>1</i>						
<i>DD1</i>	<i>Контроллер TETRIX PRIZM</i>	<i>1</i>						
<i>HG1</i>	<i>Жидкокристаллический дисплей LCD-1602</i>	<i>1</i>						
<i>B</i>	<i>Аккумуляторная батарея TETRIX</i>	<i>1</i>						
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	<i>Мобильная платформа с микроконтроллерным управлением Перечень элементов</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>	<i>Хайдаров М</i>						<i>1</i>	<i>1</i>
<i>Пров.</i>	<i>Прядилов А.В.</i>							
<i>Н.контр.</i>								
<i>Утв.</i>								
						<i>ТГУ, ЭЛД-1902а</i>		