

Федерация Спортивной и Образовательной робототехники

Российская Робототехническая Олимпиада 2024

Творческая категория

«Роботы и роботизированные системы в промышленности»

Отчет по проекту «Бесконтактный робот-транспортировщик»

Команда «ТехНИК»

Средняя возрастная категория

Выполнил:

Шимановский Николай,
ученик 6 «Г» класса
МАОУ «Лицей №4», г. Пермь

Руководитель:

Ошева Вера Ивановна,
учитель информатики
МАОУ «Лицей №4», г. Пермь

г. Пермь, 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

Аннотация	3
Об авторе	4
Введение	5
Глава 1. Идея проекта	7
Глава 2. Этапы разработки проекта	8
Глава 3. Обзор существующих решений.....	9
Глава 4. Ключевые инновации	11
Глава 5. Выбор ресурсов для реализации проекта.....	13
Глава 6. Описание роботизированного решения.....	16
Глава 7. Социальное воздействие	20
Заключение.....	21
Список использованных источников.....	22
Приложение	24

Аннотация

Работа посвящена автоматизации складских процессов. Цель исследования – разработать эффективный роботизированный механизм перемещения грузов внутри склада, требующий минимальной конструкторской и программной реализации.

В рамках проекта были изучены существующие решения и предложен свой оригинальный вариант: система роботов, осуществляющих бесконтактное сопровождение тележек с грузом при помощи источников света. В практической части был спроектирован и реализован прототип данной роботизированной системы.

Об авторе

Меня зовут Шимановский Николай, я учусь в 6 «Г» классе МАОУ «Лицей №4» г. Перми.

Профессии многих взрослых в моей семье так или иначе связаны с техникой. Один мой дедушка – инженер-электроник, другой – учитель физики и информатики, мои родители – специалисты в сфере информационных технологий. Наверное, поэтому интерес к данным направлениям возник у меня еще в раннем детстве. Первые шаги в этой сфере я делал еще в детском саду, занимаясь Lego-конструированием.

Сейчас я учусь в классе с углубленным изучением информатики, занимаюсь робототехникой и смежными дисциплинами в Университетской школе робототехники при ПГГПУ [1], получаю инженерные знания в Школе цифровых технологий [2].

Данный проект – первая серьезная исследовательская работа, в которой совместились все полученные мной до этого момента знания, умения и навыки. Мне пришлось попробовать себя в качестве исследователя, изобретателя, проектировщика, дизайнера, конструктора и программиста. Результат представлен далее в отчете.



Рисунок 1. Автор работы Шимановский Николай

Введение

Перемещение каких-либо объектов (материалов, запчастей, готовых изделий и т. д.) из одной точки в другую – неотъемлемая часть любого производства. Перемещение осуществляется как между точками производственных линий, так и на складах. До сих пор очень часто этот процесс является неавтоматизированным либо частично автоматизированным. Именно поэтому разработка новых решений в этой области является очень **актуальной**.

Существующие решения для автоматизации перемещения объектов как правило являются сложными как в плане механической конструкции, так и плане программного обеспечения. Позволить себе иметь такое оборудование могут только очень крупные предприятия или склады. Поэтому было решено посвятить данное исследование поиску идеи, которая позволит автоматизировать перемещение объектов с минимальными затратами, а значит даст возможность повышения эффективности даже для тех, кто не обладает большими финансовыми ресурсами. В этом заключается **новизна работы**.

Цель исследования – разработать эффективный механизм перемещения объектов на складах (или производстве), требующий минимальной конструкторской и программной реализации.

Для достижения этой цели необходимо было решить следующие **задачи**:

- изучить существующие решения для автоматизации перемещения объектов;
- разработать собственный инновационный способ перемещения объектов;
- описать устройство и принцип работы роботизированной системы перемещения объектов;
- определиться, с помощью каких средств будет реализован прототип роботизированной системы перемещения объектов;
- реализовать прототип;
- оценить реализованный прототип с точки зрения возможности его применения, сделать выводы;

Объект исследования: роботы и роботизированные системы для автоматизации перемещения объектов.

Предмет исследования: функции, устройство и принципы работы роботов и роботизированных систем для перемещения объектов.

Методы исследования: теоретические – изучение и анализ литературы, классификация, обобщение, сравнение; практические – эксперимент, моделирование, наблюдение, измерение.

Теоретическая значимость работы состоит в возможности использования представленных идей в качестве базы для развития проекта, а также в качестве основы для других исследований в данном направлении.

Практическая значимость работы заключается в том, что созданный прототип реализован с помощью средств, предоставляющих большие возможности как в плане конструирования, так и в плане программирования. С его помощью можно детально проработать многие дополнительные моменты и провести много экспериментов, прежде чем переходить к реализации более совершенного прототипа, приближенного к реальной жизни.

Глава 1. Идея проекта

Желание принять участие в Российской Робототехнической Олимпиаде случайно совпало с периодом, когда в инженерной школе мы изучали фоторезисторы, и в качестве примера их использования нам была предложена схема электрической цепи, в которой работа моторов зависела от света, падающего на фоторезисторы.

На базе этой схемы я собрал небольшое устройство в виде «жука», бегающего за источником света.

Сама идея того, что источник света (любой, в данном случае я использовал фонарик в телефоне) может бесконтактно заставлять двигаться другое устройство, показалась очень интересной, появилось большое желание где-то ее применить.

После изучения правил проведения Российской Робототехнической Олимпиады стало понятно, что в рамках творческой категории вполне можно продемонстрировать эту идею, есть сделать ее частью роботизированного решения, отвечающего теме сезона. Т. е. часть проекта реализовать в виде роботов, а часть оставить в виде простого непрограммируемого устройства, собранного на базе электронных компонентов.

Тема сезона предполагала разработку роботов и роботизированных систем в промышленности с целью автоматизации производственных либо складских процессов. Дальнейшие размышления привели к мысли о том, что нашу идею можно применить для автоматизации процессов перемещения объектов (материалов, заготовок, готовых деталей, каких-либо грузов и т. д.). Цепочка перемещения будет состоять из роботов, каждый из которых с помощью источника света умеет «вести» за собой тележку с грузом, а тележка умеет «следовать» за роботом. При необходимости роботы могут так же бесконтактно «передавать» тележку друг другу, «общаясь» между собой с помощью какого-либо стандартного механизма обмена данными.

Поскольку подобное решение скорее всего будет наиболее востребованным именно на складах, было решено сосредоточиться на теме автоматизации складских процессов: изучить, какие способы перемещения объектов существуют, и предложить свое оригинальное решение, способное привести к повышению эффективности работы склада, но при этом не требующее колоссальных финансовых затрат.

Глава 2. Этапы разработки проекта

Вся работа по проекту была выполнена в рамках следующих основных этапов.

Изучение предметной области. На данном этапе были изучены источники, содержащие информацию о существующих складских роботах, проведена систематизация материалов, выполнена классификация существующих решений, выявлены достоинства и недостатки этих решений.

Постановка задачи (уточнение идеи). На основе данных, полученных на предыдущем этапе, были сформулированы точные критерии, которым должно удовлетворять разрабатываемое роботизированное решение. Так же были определены ключевые инновации, отличающее наше решение от существующих.

Проектирование прототипа. На этом этапе было составлено общее описание роботизированного решения с указанием устройства и принципов работы всех его компонентов.

Выбор средств для реализации прототипа. Данный этап был посвящен исследованию доступных ресурсов для реализации нашей идеи и выбору наиболее подходящих. После большого количества экспериментов было принято решение использовать возможности конструктора Lego (Technic и Powered Up), а программную часть реализовать с помощью общедоступной платформы Pybricks [3].

Реализация прототипа. На данном этапе с помощью выбранных средств были реализованы все компоненты нашего роботизированного решения. Процесс был последовательным и итерационным. Шаг за шагом были сконструированы, запрограммированы и протестированы отдельные части проекта, а затем собран весь проект целиком.

Оценка реализованного прототипа, выводы. На последнем этапе был проведен анализ того, насколько реализованный прототип соответствует начальному замыслу, все ли удалось реализовать, какие нюансы возникли, и что нужно учесть в будущем. Также сделаны предположения о том, какую пользу может принести реализация предложенного решения в жизни, кто выиграет от использования данной идеи, и в какой степени она может повысить эффективность автоматизируемых процессов.

Глава 3. Обзор существующих решений

Основными видами операций, выполняемых на складах, являются перемещение объектов из одной точки в другую, помещение их в места хранения и изъятие из мест хранения. Поскольку наша работа посвящена автоматизации процесса перемещения, в обзоре существующих решений мы сосредоточимся на описании механизмов, предназначенных для этой цели.

Следует отметить, что изобретение складских роботов помогло существенно повысить производительность работы складов за счет применения новой концепции «товар к человеку» в противовес устаревшей концепции «человек к товару». Новая концепция работы складов предполагает перемещение грузов по складу между некоторыми станциями, на которых работают операторы. Т. е. люди остаются на одном месте, а грузы перемещают роботы. Некоторые источники утверждают, что скачок производительности при это сравним с аналогичным при внедрении конвейерного производства [4].

Изучив различные источники об устройстве современных крупных складов, мы выяснили, что на сегодняшний день существует большое количество разнообразных автоматизированных устройств для перемещения объектов на складах.

Широкое распространение получили роботы туннельного типа. Склады, которые используют данный вид роботов, оборудованы большим количеством однотипных модулей хранения (стеллажей). Принцип действия таких роботов сводится к следующему: робот заезжает под модуль хранения, подводит под него захваты и поднимает в транспортное положение. Далее робот перемещает модуль хранения к нужной станции, где происходит дальнейшая работа с объектами, которые хранятся в этих модулях. Подобные роботы применяются на складах Amazon [5], Alibaba [6], Decathlon [7] и др.

Другой вид роботов, применяемых на складах – это так называемые платформенные роботы. Объект хранения каким-либо способом попадает на платформу робота (от человека, с конвейерной ленты, от робота-манипулятора и т. д.). Платформенный робот перевозит его в заданную точку, где объект забирают (также человек,

конвейерная лента, робот-манипулятор и т. д.). В качестве примера можно привести склады DHL [8], [9], СДЭК [10].

Интересное решение для перемещения продовольственных товаров применяется на складах крупнейшего онлайн-супермаркета в Великобритании – Ocado. Роботы передвигаются по рельсам над ячейками с товаром. Их перемещение регулирует система контроля трафика на основе 4G, которая позволяет избежать столкновения. Роботы привозят контейнеры с продуктами к сортирующим станциям, где потом другой робот или человек формирует заказ. Пустые ячейки роботы заполняют новыми товарами [11].

Роботы могут перемещать грузы не только в горизонтальной плоскости, но и вертикально. Так, существуют высотные многоярусные склады, в которых перемещение грузов осуществляют роботизированные вертикальные подъемники. Например, подобные роботы используются на складах Lego в Дании [12].

Также существуют вилочные роботы, предназначенные для перемещения палет с грузами и подъема их на небольшую высоту до 3 м. Данный вид роботов пришел на смену вилочным погрузчикам, управляемым человеком.

Еще один вид роботов – это роботы-буксиры. Они перемещают по заданному маршруту тележки-платформы, цепляя их к себе. Сцепление робота и тележки осуществляется механически [13].

Перечисленные выше туннельные, платформенные, вилочные роботы и роботы буксиры, как выяснилось, относятся к одному классу устройств. Они называются AVG-роботами (Automated Guided Vehicle, автоматически управляемое транспортное средство) [14]. Идея роботизированного решения, предложенного автором в данной работе, оказалась очень похожей на существующих роботов-буксиров. Но мы предлагаем их усовершенствовать. Ключевые инновации будут изложены ниже.

В завершение обзора существующих решений следует сказать, что кроме роботов для перемещения объектов хранения между участками склада по-прежнему широко используются традиционные конвейерные ленты, а также монорельсовые линии. Например, на складах Coca-Cola, Ikea [15].

Глава 4. Ключевые инновации

Изучение существующих роботизированных решений для перемещения грузов внутри складов показало, что они очень сложные и очень дорогие. Ниже представлены несколько идей, которые, возможно, позволят создать доступных складских роботов.

Упрощение программной реализации роботов. Существующие роботы очень сложны в плане программной реализации. В первую очередь это обусловлено тем, что на складах в ограниченном пространстве одновременно работают сотни, а иногда даже тысячи роботов. И они не должны «мешать» друг другу. Известен случай, когда столкновение небольших по своим размерам роботов привело к серьезному пожару на складе, а полное восстановление всех складских процессов заняло неделю [16]. В рамках данного проекта предлагается за каждым роботом закрепить отдельный небольшой участок склада, вдоль которого он будет передвигаться. Сопровождая груз по маршруту, роботы будут последовательно передавать его друг другу. Программная реализация робота при этом существенно упростится.

Снятие конструктивных ограничений. Существующие роботы механически контактируют с другим оборудованием в процессе перемещения грузов. Они либо поднимают и перевозят целые стеллажи, либо сами имеют платформу для перевозки груза, либо механически цепляют паллеты или тележки с грузом. Это накладывает ограничения на конструкцию как самого робота, так и на конструкцию других используемых приспособлений: роботы и приспособления для перевозки должны быть механически совместимы.

В рамках данного проекта предлагается отказаться от физического контакта и реализовать связку «робот-тележка» так, чтобы тележка самостоятельно следовала за роботом. Роботы и тележки при этом могут быть любой конфигурации, сделаны с использованием различных материалов, главное, чтобы они удовлетворяли следующему набору требований:

- робот имеет источник света;
- тележка приводится в движение за счет датчиков, реагирующих на свет;

- роботы способны передавать друг другу данные, используя стандартные протоколы.

И хотя данное предложение, с одной стороны, усложняет используемое оборудование (у тележки должны появиться датчики, мотор, аккумулятор), но за счет того, что устройство робота при такой реализации будет максимально простым, в целом предложение выглядит целесообразным.

Повышение мобильности складов. Многие из существующих роботов ориентируются по каким либо-меткам на полу, магнитным лентам, проложенным проводам и т. д. При этом становится затруднительным изменение конфигурации склада. Если за каждый участок склада будет отвечать свой робот, то перемещения каждого робота будут достаточно просты, и не будут требовать какой-то сложной навигации. Но несколько роботов в совокупности смогут обслуживать сложные маршруты. При этом конфигурация склада в любой момент может быть изменена в соответствии с потребностями.

Глава 5. Выбор ресурсов для реализации проекта

Чтобы продемонстрировать идею данного проекта, необходимо было разработать и сконструировать следующие компоненты: тележка для перевозки груза, минимум два робота, которые будут передавать ее друг другу, и некая конструкция, имитирующая участки склада.

Тележка по задумке является непрограммируемой. Основные материалы для ее создания: фанерная основа, 2 мотора, батарейный блок, и электронные компоненты, которые позволят приводить тележку в движение за счет света.

Процесс выбора материалов для конструирования роботов оказался сложнее. Требований было три: должна быть возможность запрограммировать движение роботов, должна быть возможность управлять источником света и должна быть возможность передачи данных от одного робота к другому.

Очевидным решением было использование элементов конструктора Lego. С конструктивными деталями проблем не было, в достаточном количестве были доступны элементы серии Technic. Также были в наличии элементы Powered Up: моторы, движущаяся платформа, датчик цвета и датчик расстояния. Датчики решено было использовать не по назначению, а в качестве управляемых источников света.

Из управляющих блоков в наличии были только хаб конструктора Mindstorms Robot Inventor и хаб от поезда серии City. Хаб робота-изобретателя идеально подходил для использования в данном проекте. С его помощью можно было запрограммировать и движение, и управление источником света, и передачу данных по Bluetooth. Но он был в единственном экземпляре, а приобретение второго – дорого и нецелесообразно.

После изучения интернет-ресурсов, было найдено решение Pybricks, которое позволяет менять прошивку хабов Lego, и затем использовать их по своему усмотрению, программируя на языке Python (бесплатно) либо с помощью графических блоков (после покупки платной лицензии). Компания Lego, по всей видимости, не запрещает подобное использование своих конструкторов. По крайней мере, каких-либо упоминаний об этом найдено не было.

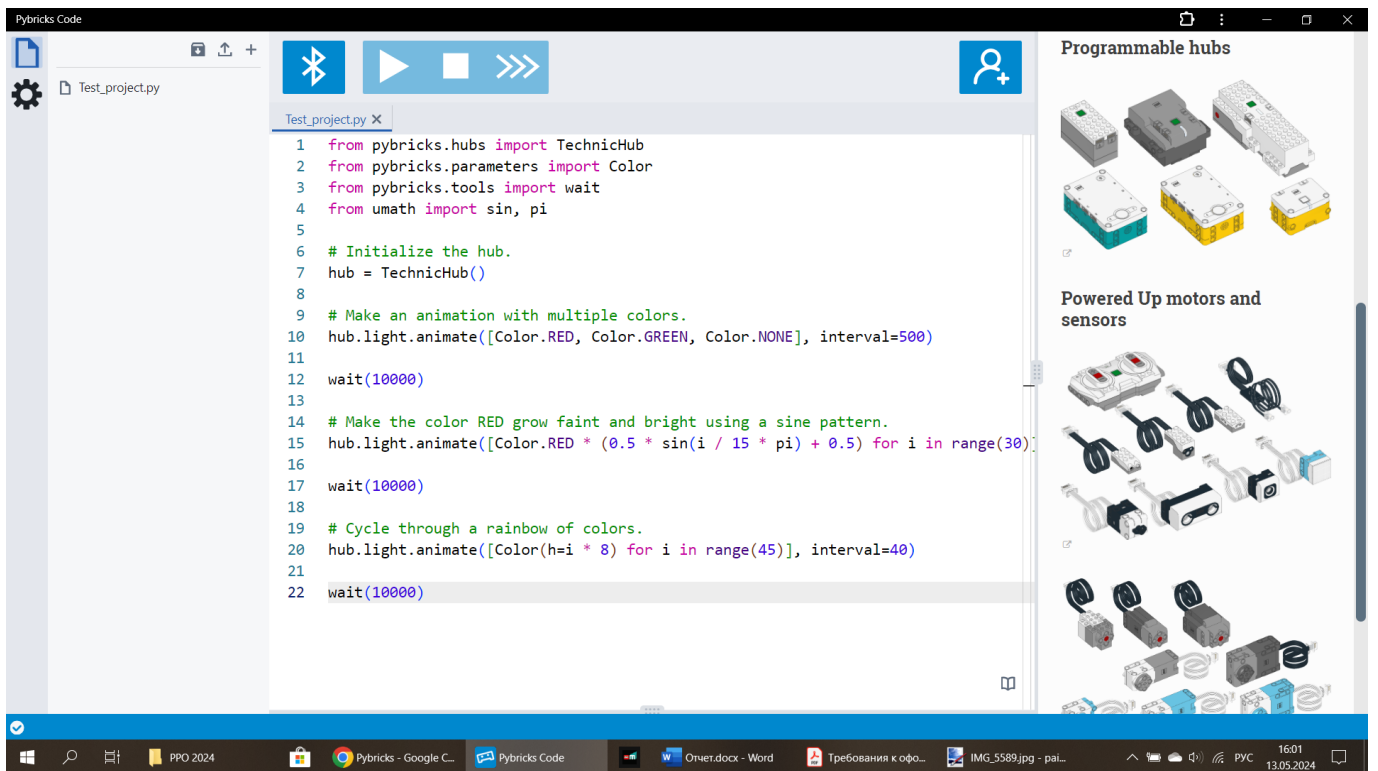


Рисунок 2. Программирование в Pybricks на языке Python

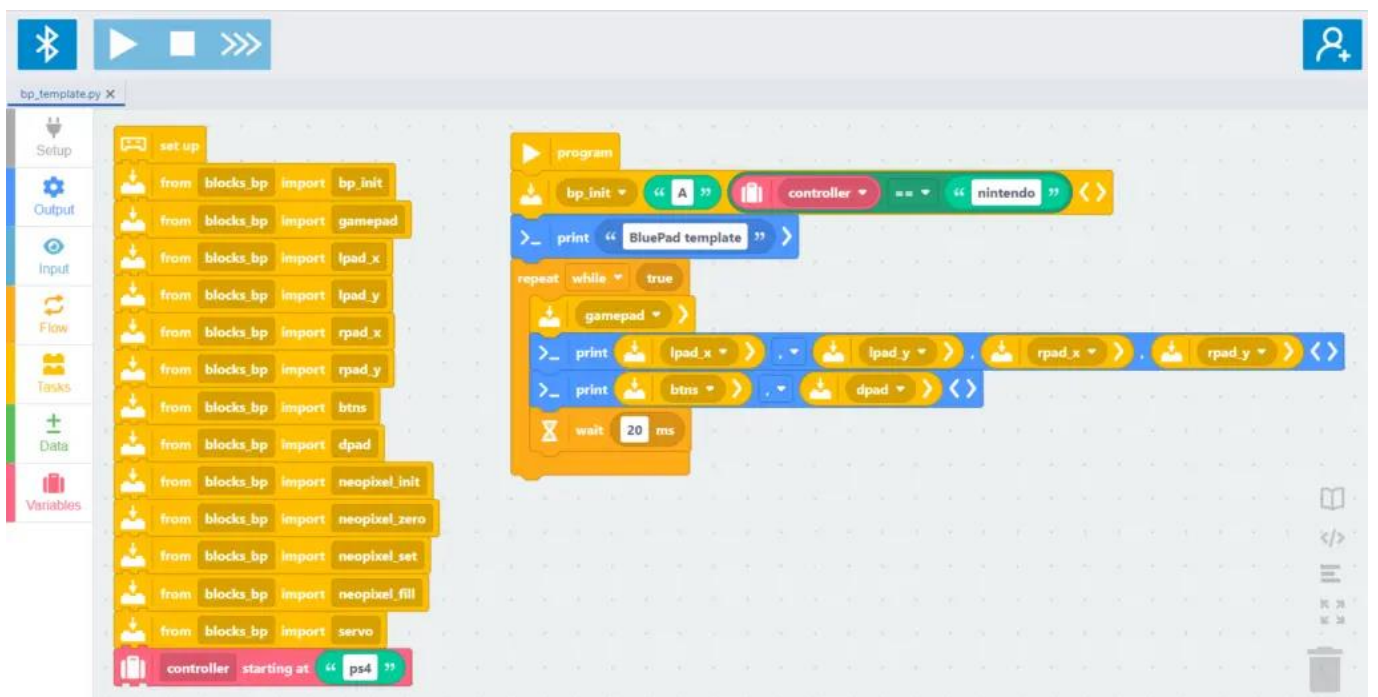


Рисунок 3. Программирование в Pybricks с помощью блоков

Для экспериментов с Pybricks использовался хаб от поезда Lego. Эксперименты прошли удачно. Очень ограниченный по своим возможностям хаб, приобрел широкую функциональность.

Следующим ограничением стала невозможность использовать хаб от робота-изобретателя и модернизированный хаб от поезда совместно для передачи данных от одного к другому. Заменять прошивку робота-изобретателя не хотели, так как на момент написания данной работы он был задействован в другом проекте со своим встроенным функционалом. Но возможности Pybricks впечатлили, поэтому было принято решение приобрести два одинаковых хаба серии Technic, модернизировать их с помощью Pybricks и использовать для создания прототипов складских роботов.

Для создания конструкции, имитирующей участка склада, использовались блоки Lego Duplo.

Глава 6. Описание роботизированного решения

Моделируемая цепочка состоит из тележки для перемещения груза и двух роботов, последовательно ведущих за собой тележку вдоль двух участков склада.

Тележка представляет собой фанерную основу, на которой собрана электрическая цепь, позволяющая включать моторы в зависимости от падающего на фоторезисторы света. Питание подается от батарейного блока из двух элементов АА.

Принцип действия тележки следующий. Фоторезисторы установлены в передней части тележки. Если свет попадает на правый фоторезистор, начинает работать левый мотор, тележка едет вправо. Если свет попадает на левый фоторезистор, начинает работать правый мотор, тележка едет влево. Если свет попадает одновременно на оба фоторезистора, работают оба мотора, тележка едет вперед. Подобное устройство позволяет заботиться об управлении направлением движения тележки, она самостоятельно будет следовать за источником света, при необходимости поворачивая в нужную сторону.

Верхняя платформа тележки, на которой, собственно, и будет находиться груз, выполнена из деталей конструктора Lego.

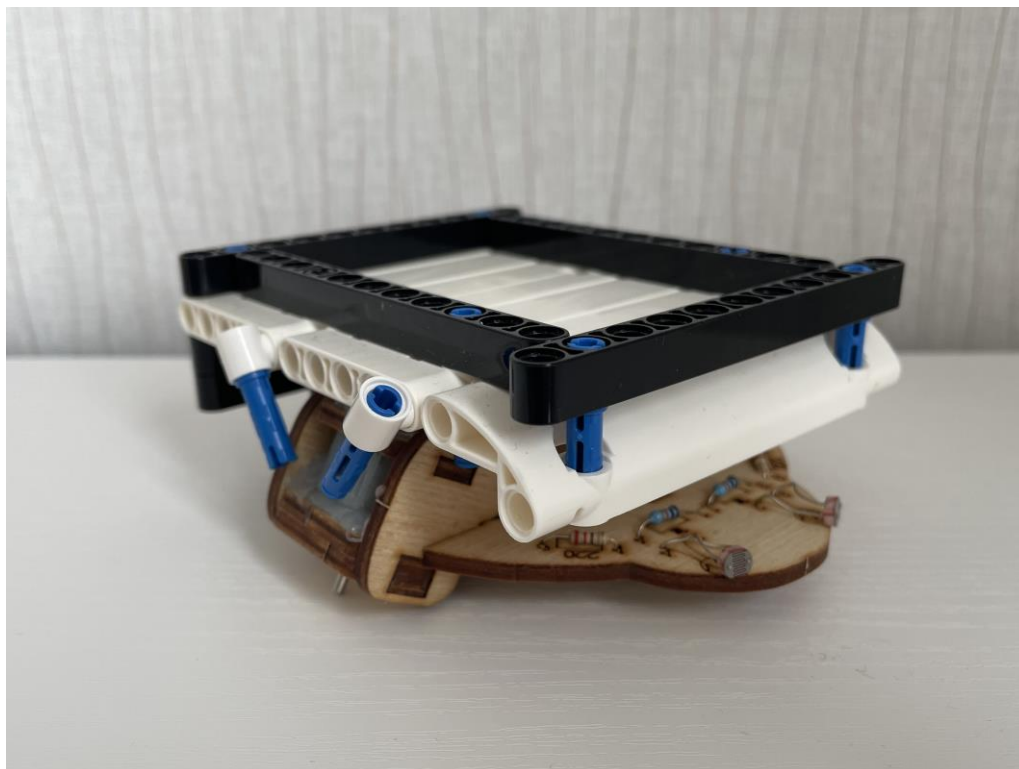


Рисунок 4. Управляемая светом тележка

Два робота выполнены из деталей конструктора Lego Technic, в качестве управляющего блока используются хабы этой же серии, модернизированные для работы с программной платформой Pybricks.

Роботы разные по своей конструкции, но оба удовлетворяют определенным выше требованиям, достаточным для демонстрации идеи.

Первый робот использует в качестве механизма движения платформу серии Lego City, в качестве источника света используется датчик расстояния. Второй робот использует в качестве механизма движения мотор, в качестве источника света используется датчик цвета и освещенности.

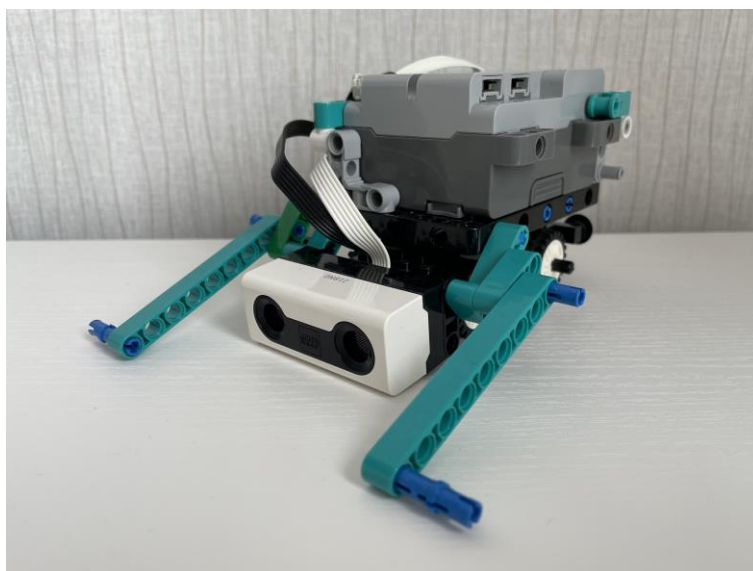


Рисунок 5. Робот для 1-го участка склада

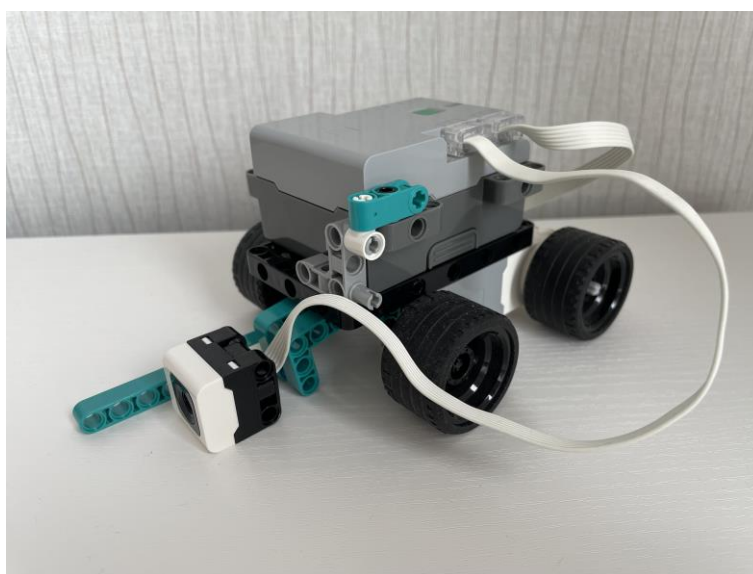


Рисунок 6. Робот для 2-го участка склада

Алгоритм работы роботов выглядит следующим образом:

- ожидать от какого-либо из роботов информацию о том, что можно забирать тележку и сопровождать ее дальше по маршруту;
- подъехать к тележке с грузом;
- включить источник света;
- сопроводить тележку вдоль своего участка склада;
- выключить источник света;
- отъехать от тележки;
- передать следующему роботу информацию о том, что можно забирать тележку и сопровождать ее дальше по маршруту.

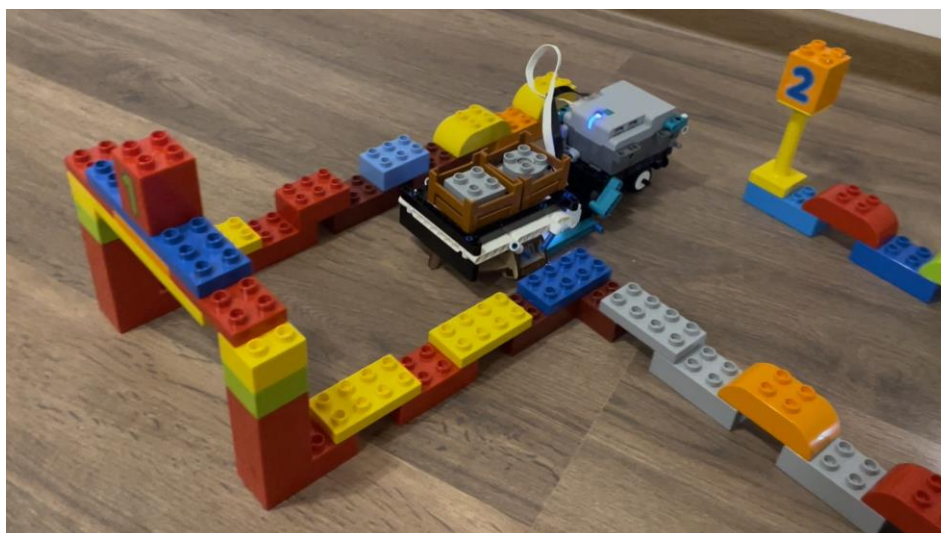


Рисунок 7. Первый робот сопровождает тележку



Рисунок 8. Первый робот передал тележку второму

Поскольку в рамках данного проекта разрабатывался только прототип с целью демонстрации идеи, то для передвижения роботов использовались простые команды вида «проехать вперед/назад столько-то». В реальной жизни должен быть реализован функционал перемещения робота в конкретную точку участка склада.

Для включения/выключения источника света использовались команды управления световыми дугами датчика цвета и датчика расстояния.

Передача данных между роботами осуществлялась посредством Bluetooth. Программная платформа Pybricks позволяет при инициализации хаба указать, какой из 255 каналов он будет использовать для передачи данных, а затем любые другие хабы могут прослушивать этот канал для получения информации, которую они ожидают. В нашем случае первый робот использовал канал номер 1 для передачи данных, а второй робот его прослушивал, и как только получал данные, начинал свое движение.

Программы на языке Python для первого и второго роботов приведены в Приложении.

Глава 7. Социальное воздействие

Как видится автору проекта, реализация в реальной жизни представленных идей может принести немало пользы.

Есть общие преимущества автоматизации складов, которые многократно описаны в самых различных источниках. Роботы освобождают человека от тяжелого ручного, во многом рутинного труда, экономится рабочее время ценных высококвалифицированных сотрудников, снижаются затраты на низкоквалифицированные кадры. Автоматизированное перемещение грузов на складе повышает эффективность за счет того, что операции выполняются быстрее, без перерывов, более точно, с меньшим количеством ошибок и т. д.

Механизмы перемещения объектов на складах, представленные в данной работе, призваны в первую очередь повлиять на то, чтобы автоматизацию складских процессов могли позволить себе не только крупные компании, но и мелкие. Простые роботы, обслуживающие небольшие участки склада, вместе с непрограммируемыми платформами, которые они могут «передавать» друг другу, теоретически способны обеспечить выполнение тех же задач по перевозке грузов, что и сложные существующие роботы. Но при этом скорее всего они будут стоить значительно дешевле.

А если абстрагироваться от автоматизации складов и производств, и пофантазировать, то можно себе представить, как небольшие роботы с таким устройством в будущем будут помогать людям в других местах хранения, например, в книгохранилищах библиотек, архивах, запасниках музеев и т. д.

Заключение

До работы над данным проектом автор не сталкивался с темой автоматизации складских процессов. Как оказалось, она актуальна и востребована, поскольку позволяет повысить производительность и эффективность, а также оптимизировать деятельность персонала склада.

В ходе исследования были изучены существующие роботизированные системы для перемещения грузов внутри складов, предложено собственное оригинальное решение. Данное решение, по мнению автора, может снизить финансовые затраты на автоматизацию складских процессов, а значит сделает ее доступной для небольших предприятий и организаций.

С использованием доступных средств был создан прототип системы, основанный на идее бесконтактной перевозки грузов небольшими простыми по конструкции роботами.

В работе акцент был сделан на представлении основных принципов взаимодействия частей системы, но не рассматривались детали. Поэтому развитие данного проекта видится в проработке таких вопросов, как построение оптимальных маршрутов передвижения роботов, способы ориентации роботов в пределах участка склада, зарядка аккумуляторов роботов и тележек и другие. Также, поскольку прототип создавался с использованием учебных конструкторов, важно продумать вопрос, какие материалы и комплектующие будут необходимы в случае реализации описанной системы в реальной жизни.

Список использованных источников

1. Университетская школа робототехники при ПГППУ [Электронный ресурс] // Университетская школа робототехники, официальный сайт : [сайт]. — URL: <https://robo.pspu.ru/> (дата обращения: 14.05.2024).
2. Робототехника, программирование и научно-техническое творчество для школьников [Электронный ресурс] // Школа цифровых технологий : [сайт]. — URL: <https://cmit.ru/perm/> (дата обращения: 14.05.2024).
3. Pybricks - Robotics made easy [Электронный ресурс] // Pybricks.com : [сайт]. — URL: <https://pybricks.com/> (дата обращения: 14.05.2024).
4. Автоматическая комплектация [Электронный ресурс] // NISSA Engineering : [сайт]. — URL: <https://nissa-eng.ru/sistemnye-resheniya/avtomaticheskaja-komplektacija/> (дата обращения: 14.05.2024).
5. Amazon Robotics [Электронный ресурс] // Wikipedia.org : [сайт]. — URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Amazon_Robotics (дата обращения: 14.05.2024).
6. Автоматический склад с роботами Alibaba [Электронный ресурс] // YouTube.com : [сайт]. — URL: https://www.youtube.com/watch?v=WWR_hA692iM (дата обращения: 14.05.2024).
7. Decathlon: 82 робота собирают до 80% интернет-заказов [Электронный ресурс] // Retail.ru : [сайт]. — URL: <https://www.retail.ru/news/decathlon-83-robota-sobirayut-do-80-internet-zakazov-23-aprelya-2021-204024/> (дата обращения: 14.05.2024).
8. DHL развернет на своих площадках 5000 автономных мобильных роботов [Электронный ресурс] // DSMedia.pro : [сайт]. — URL: <https://dsmedia.pro/news/dhl-razvernet-na-svoih-ploschadkah-5000-avtonomnyh-mobilnyh-robotov> (дата обращения: 14.05.2024).
9. LocusBots [Электронный ресурс] // RoboTrends : [сайт]. — URL: <https://robo-trends.ru/robopedia/locusbots> (дата обращения: 14.05.2024).
10. СДЭК задействовал китайские мобильные роботы для автоматизации сортировки [Электронный ресурс] // RoboTrends.ru : [сайт]. — URL:

<https://robotrends.ru/pub/2204/sdek-zakupaet-kitayskie-mobilnye-roboty-dlya-avtomatizacii-sortirovki> (дата обращения: 14.05.2024)

11. В Лондоне 2000 роботов трудятся на складах Ocado, собирая товары для доставки [Электронный ресурс] // Ridus.ru : [сайт]. — URL: <https://www.ridus.ru/v-londone-2000-robotov-trudyatsya-na-skladah-ocado-sobiraya-tovary-dlya-dostavki-380112.html> (дата обращения: 14.05.2024).

12. Как делают Лего. Завод Lego изнутри [Электронный ресурс] // YouTube.com : [сайт]. — URL: <https://www.youtube.com/watch?v=uvZfkiWShag> (дата обращения: 14.05.2024).

13. MiR Hook 200 - Better than Autonomous Mobile Robots (AMR) by RG Group [Электронный ресурс] // YouTube.com : [сайт]. — URL: <https://www.youtube.com/watch?v=kSxEujeYWAE> (дата обращения: 14.05.2024).

14. AGV Робот [Электронный ресурс] // NISSA Engineering : [сайт]. — URL: <https://nissa-eng.ru/baza/agv-avtomaticheski-upravljajemoe-transportnoe-sredstvo/#description80e2-50f2223c-5b6b> (дата обращения: 14.05.2024).

15. Роботы делают все сами! Топ 10 роботизированных складов мира [Электронный ресурс] // YouTube.com : [сайт]. — URL: https://www.youtube.com/watch?v=ZirVp3gJJ-Q&list=RDCMU90e63q8eP9_D2N3yhQV0g&start_radio=1&t=5s (дата обращения: 14.05.2024).

16. Роботы парализовали работу гигантского склада онлайн-ритейлера. Отменены тысячи заказов [Электронный ресурс] // CNews.ru : [сайт]. — URL: https://www.cnews.ru/news/top/2021-07-20_roboty_paralizovali_rabotu (дата обращения: 14.05.2024).

Приложение