

**РОБОТИЗАЦИЯ СКЛАДСКИХ ПРОЦЕССОВ  
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МОБИЛЬНЫХ ПОГРУЗЧИКОВ  
НА КОЛЁСАХ MECANUM**

**Ю.Н. МАТРУНЧИК**

*Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

**Д.И. ГАРМАЗА**

*УО «Национальный детский технопарк», г. Минск, Республика Беларусь*

*Рассматриваются вопросы роботизации процесса транспортирования и складирования на производстве, повышения эффективности складских работ, минимизации человеческого фактора и возможности разработки роботизированной мобильной системы складирования с использованием погрузчиков на всенаправленных колесах.*

Роботизация складов позволяет значительно повысить эффективность складских операций: это помогает минимизировать ручной труд, повысить скорость приёма в 10-15 раз и отгрузки товаров в 3-5 раз, увеличить точность сборки заказов до 90%, а также улучшаются и показатели безопасности труда.

Основная цель исследовательского проекта - роботизация процесса транспортирования и складирования на производстве; повышение эффективности складских работ; минимизации человеческого фактора. Для ее реализации должны быть решены следующие задачи и подзадачи - разработка роботизированной мобильной системы складирования с использованием погрузчиков на колёсах Mecanum, изучить существующие аналоги, разработать концепцию роботизированной системы, собрать действующий прототип, запрограммировать модель для необходимого поведения, протестировать модель в лабораторных условиях, сделать выводы о эффективности и целесообразности разработанной системы.

При анализе существующих аналогов были рассмотрены варианты автономных мобильных роботов, автоматически управляемых транспортных средств и тележек, автоматизированных систем хранения, оборудования для сортировки и перемещения грузов и др. Рассмотрены различные конструкции вилочных погрузчиков на обычных колёсах, узкопроходных погрузчиков, всенаправленных погрузчиков. На основании вышеописанного анализа были сделаны следующие выводы:

– Колёса Илона позволяют передвигаться в любом направлении без необходимости создания поворотного крепления, что уменьшает затраты на изготовление и повышает манёвренность.

– Энкодеры моторов позволяют контролировать скорость моторов с обратной связью, поэтому перемещения плавные и точные.

– Манипулятор с 5-ю степенями свободы позволяет перемещать предметы из одной точки в другую.

– Отладочная плата Arduino Uno позволяет производить необходимые расчёты для ручного управления, а также работы по запрограммированной программе.

– Управление через Bluetooth позволяет человеку находиться на расстоянии от зоны работы робота, а также не привязываться к проводам.

– Поскольку модуль Bluetooth подключается по последовательному интерфейсу, то остаётся возможность управление через USB-Serial адаптер.

– Светодиодный дисплей 16x8 пикселей позволяет выводить полезную информацию.

Был осуществлен выбор технических средств для реализации роботизированной мобильной системы складирования, а именно для сборки прототипа потребовались следующие электронные компоненты: отладочная плата Arduino Uno, 4 коллекторных мотора с редукторами, 2 платы-расширения для управления моторами на базе L298, 4 энкодера моторов, приёмник Bluetooth, 6 сервомоторов LX-225, самодельная плата для работы UART с несколькими устройствами; из механических компонентов: 4 колеса Илона, соединительная пластина.

При разработке прототипа системы были использованы компоненты робототехнических наборов-конструкторов KeyeStudio 4WD Bluetooth Car и Hiwonder xArm Uno.

Для программирования микроконтроллера используется Microsoft Visual Studio Code с установленным расширением PlatformIO IDE.

Для управления моторами с микроконтроллера используются специализированные микросхемы – драйверы. Микросхема L298, плата которая используется в проекте, представляет собой сдвоенный драйвер моторов. Для управления каждым мотором необходимо 2 пина: пин направления – задаёт направление вращения мотора, пин ШИМ – используется для управления скоростью.

Энкодеры (датчики подсчёта количества оборотов вала электродвигателя) подключены к одной группе портов. Поскольку сигналы с энкодеров короткие, а нам важно не пропустить их, то на порты группы C взведено прерывание по смене уровня (Pin Change Interrupt, PCINT). Такой способ проигрывает настоящим аппаратным прерываниям, но гораздо эффективнее, чем постоянная проверка состояний пинов.

Используемые сервоприводы отличаются от стандартных тем, что они подключаются через интерфейс UART в режиме полудуплекса (half-duplex, по одному проводу) на скорости 115200 бод.

Bluetooth модуль подключается через библиотеку Software Serial, т.к. сервоприводы уже заняли аппаратные пины UART.

Для поворота робоплатформы колёсам Илона не нужно поворачиваться. Поворот выполняется следующим образом: в зависимости от направления вращения колёс получается движение в одном из направлений (вперед, назад, вправо, влево).

Т.к платформа может двигаться на поверхности с разным покрытием, то она может перемещаться не всегда идеально. Для компенсации вредных воздействий внешних и внутренних факторов требуется ПИД-регулятор, а наиболее качественным способом управления сервомоторами является управление через точку с координатами. Расчёт обратной кинематики позволяет привести манипулятор в заданное положение и ориентацию.

На рисунке 1 представлен 3D визуализация прототипа разрабатываемой роботизированной мобильной системы с погрузчиками на всенаправленных колесах.

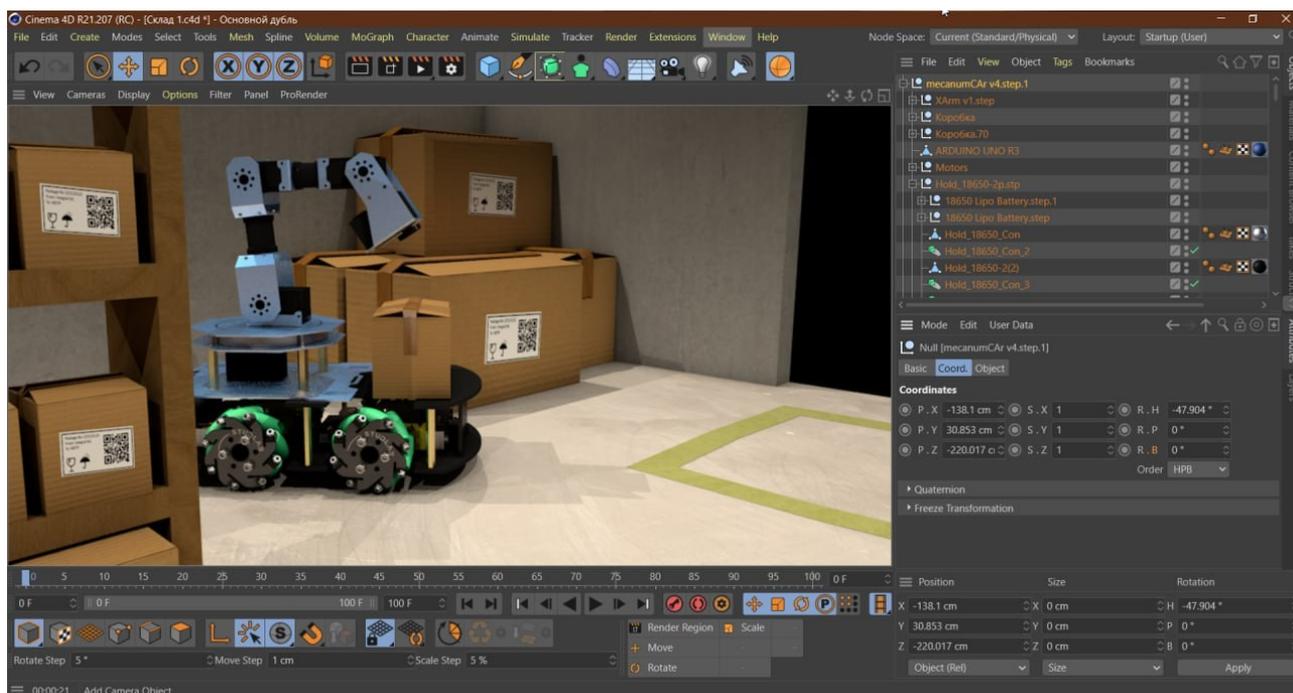


Рисунок 1. – Прототип разрабатываемой роботизированной мобильной системы с погрузчиками на всенаправленных колесах

## ЛИТЕРАТУРА

1. Околов, А. Р. Программное обеспечение промышленных роботов: учеб.-метод. пособие для студ. учр. высш. образования по специальностям 1-53 01 01 "Автоматизация технологических процессов и производств", 1-54 01 06 "Промышленные роботы и робототехнические комплексы" / А. Р. Околов, Ю. Н. Матрунчик ; Министерство образования Республики Беларусь, Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Робототехнические системы". – Минск : БНТУ, 2021. – 65, [1] с. : ил., табл. – Режим доступа: <https://rep.bntu.by/handle/data/91428>. – Дата доступа: 14.10.2022.