

**КОМПЛЕКСНАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ОПЕРАЦИЙ РОБОТИЗИРОВАННЫХ ПОГРУЗЧИКОВ
НА ПРЕДПРИЯТИЯХ**
**INTEGRATED AUTOMATION OF TECHNOLOGICAL OPERATIONS
OF ROBOTIC LOADERS AT ENTERPRISES**

Кузнецов К.Д., магистрант

Мещерякова А.А., к.т.н., доцент

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет

имени Г.Ф. Морозова»,

г. Воронеж, Россия

Kuznetsov K.D., Master's student

Meshcheryakova A.A., CSc (Engineering), Associate Professor

FSBEI HE « Voronezh State University of Forestry and Technologies named after

G.F. Morozov»,

Voronezh, Russian Federation

Аннотация: В статье рассматриваются современные методы автоматизации роботов-погрузчиков на промышленно-складских комплексах. Дано описание основных контуров управления, навигации, оптимизации маршрута от начального пункта до конечного, а также контроля погрузки и разгрузки. Основанное внимание уделено интеллектуальной системе управления, которая использует машинное обучение для улучшения эффективности работы и снижает эксплуатационные затраты.

Summary: The article discusses modern methods of automation of robotic loaders in industrial and warehouse complexes. The basic control loops, navigation, route optimization from the initial point to the final destination, and loading and unloading control are described. Particular attention is paid to the intelligent control system, which uses machine learning to improve operational efficiency and reduce operating costs.

Ключевые слова: автоматизация, роботы-погрузчики, промышленные предприятия, системы навигации, интеллектуальные системы, машинное обу-

чение, логистика, оптимизация маршрутов, повышение эффективности, безопасность.

Keywords: automation, robotic forklifts, industrial plants, navigation systems, intelligent systems, machine learning, logistics, route optimization, efficiency improvement, safety

Автоматизация роботов-погрузчиков на промышленно-складских помещениях является главным аспектом повышения производительности труда, а также эффективностью складских и логистических процессов, что ведет к снижению экономических затрат [1]. Основные задачи, стоящие перед роботами-погрузчиками – транспортировка грузов, загрузка и разгрузка, что влияет на скорость и точность выполнения данных операций. Развитие технологий автоматизации позволяет не только повысить скорость и точность перемещения грузов и снизить затраты, но и минимизировать риски повреждения товара или деталей, а так же увеличить безопасность охраны труда на предприятии.

Современные системы автоматизации роботов-погрузчиков имеют следующие контуры управления:

- автономная навигация;
- управлением направления движения;
- контроль загрузки и разгрузки грузов;
- контроль массы груза;
- анализ состояния оборудования.

Ранее эти операции выполнялись вручную или с использованием минимальных контуров автоматизации, однако в нынешних условиях увеличения требований к скорости и точности работы, такие система не удовлетворяют современным потребностям. Необходимы более сложные и эффективные управления, способные анализировать рабочую область в режиме реального времени и учитывать изменения требований при эксплуатации.

Основной интерес представляет система интеллектуального управления, основанная на машинном обучении, которая может анализировать данные о передвижении робота-погрузчика и его загрузке, а также предупредить о возможной неисправности или задержке [2]. При всем этом автоматизация достигается за счет автоматической настройки параметров скорости, и построения маршрута в реальном времени с учетом изменяемых условий склада. Внедрение таких систем позволяет снизить энергетические затраты и затраты на топливо,

уменьшить износ оборудования и повысить общую пропускную способность логистических процессов.

В складских помещениях зачастую представлены автоматизированные вилочные погрузчики и роботизированные платформы (рисунок 1 и 2). Они спокойно могут работать в различных типах складов и производственных зон, устойчивы к изменяющимся условиям. Основные плюсы таких систем является способность автономной навигации с использованием различных сенсоров (например, LiDar). При работе роботы используют камеры, расположенные в помещении по периметру и камеры, установленные непосредственно на роботах, что позволяет безопасно перемещаться в среде с большим количеством препятствий и постоянно меняющейся обстановке.



Рисунок 1 – Автоматизированный вилочный погрузчик



Рисунок 2 – Автоматизированная роботизированная платформа

Автоматизированные роботы погрузчики имеют сложные алгоритмы управления, которые позволяют им эффективно распределять задачи между собой, снижать энергопотребления и уменьшать время простоя [3]. Управление такими системами осуществляется через главный сервер, который оснащён системами WMS (Warehouse Management System) и ERP (Enterprise Resource Planning), что обеспечивает правильное синхронное управление логистическими процессами. Одно из самых больших плюсов современных роботов погрузчиков является способность работать совместно с людьми в одном помещении, благодаря системе обнаружения препятствий и системе изменения траектории движения или полной остановки.

Эффективная работа погрузчика требует точного контроля за основными параметрами: заряд батареи, нагрузка на каждую ось (и вилы), точность следования маршрута, износ компонентов.

Автоматические системы контроля износа позволяют выявить возможные неисправности и не дают случиться аварийной ситуации, что делает такие решения экономически выгодными, а также безопасными для эксплуатации в промышленных условиях.

Контур навигации нужен для точного и безопасного передвижения робота по складскому помещению. Основными датчиками для этого контура являются LiDAR (li), а также, камеры, которые установлены, как и на самом роботе, так и в помещении, картинка с которых обрабатывается основным сервером при помощи машинного зрения и отправляет сигнал в контроллер в самом роботе. В отличие от камер сигнал с LiDAR поступает на основной контроллер, который анализирует данные с него и корректирует его действия. Основной задачей этого контура является обеспечение безопасного и точного перемещения при изменении условий в рабочей зоне.

Контур управления отвечает за анализ окружающей среды при помощи LiDAR и обнаруживает препятствия в реальном времени. Датчик сканирует пространство вокруг робота создавая 3D-карту окружения. Полученные данные передаются на контроллер, который сравнивает текущую карту с заранее заданными маршрутами, корректирует траекторию движения и предотвращает столкновения.

Контур регулирования скорости отвечает за синхронное управление движением робота-погрузчика в зависимости от загруженности склада, наличия препятствий. На основе показаний сенсоров и данных системы управления складом (WMS) сервер управляет скоростью и траекторией движения, обеспечивая наилучшие маршруты перемещения, минимизацию энергозатрат.

Контур нагрузки предназначен для отслеживания веса и обеспечивает безопасного выполнения операций с грузом, Основные данные приходят с датчиков веса или по-другому их называют тензодатчики (t_1 , t_2 , t_3 , t_4 на рисунке 3), а так же, используется машинное зрение, которое анализирует положение, приблизительную массу груза. Информация обрабатывается центральным сервером и далее передается на контроллер, который регулирует скорость подъема, угол наклона, скорость подъема. Это позволяет предотвратить перегрузки и возможные повреждения как груза, так и рабочего персонала.

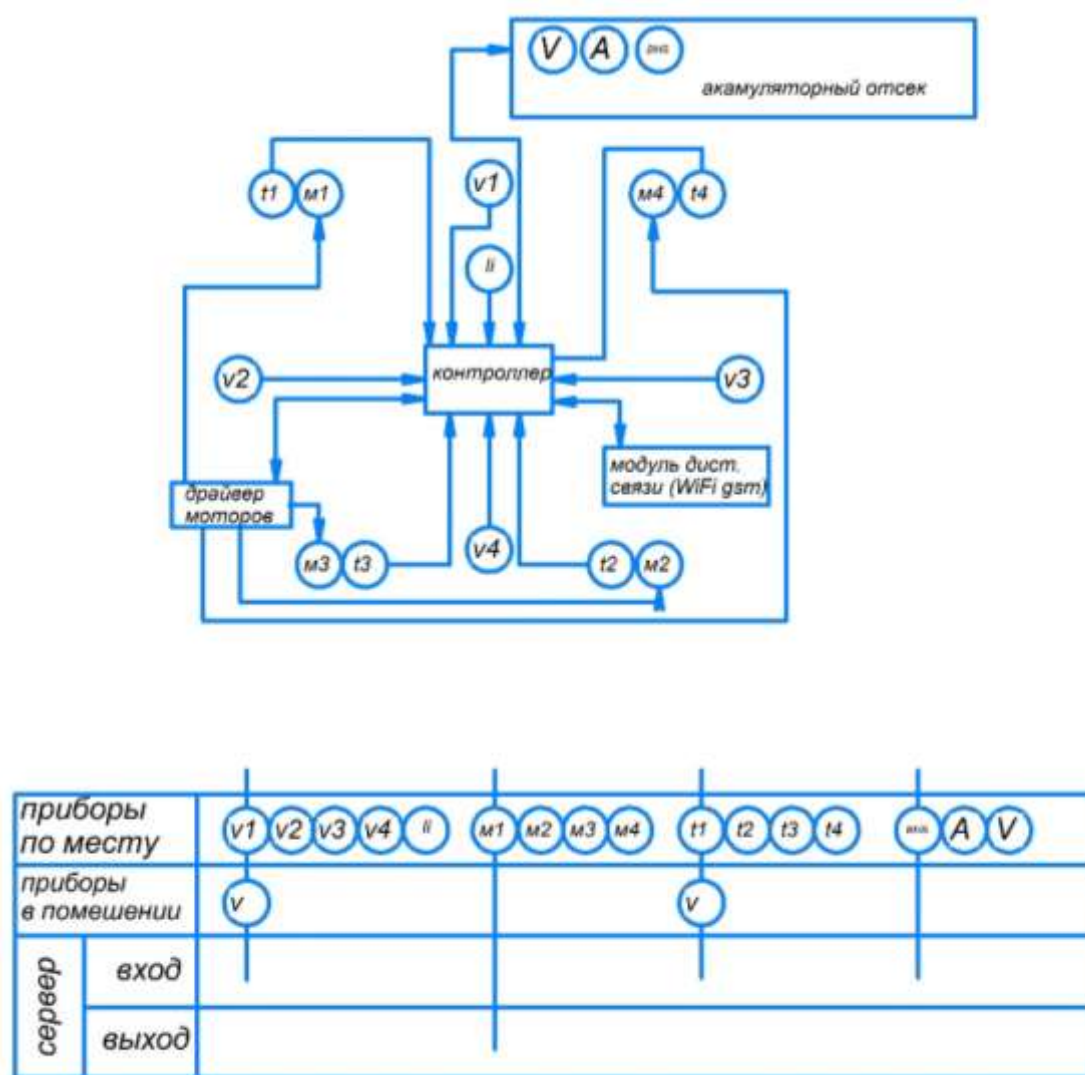


Рисунок 3 – Автоматизированная схема контроля основных параметров работы робота погрузчика

Контур мониторинга технического состояния робота необходим для выявления неисправности и не допускать аварийных ситуаций. Основными датчиками в этом контуре является датчики температуры в разных узлах робота, BMS (Battery Management System) которая обеспечивает безопасность работы батареи и предотвращает её выход из строя в результате перезарядки, переразрядки, короткого замыкания или перегрева, а также тензодатчики, которые отслеживают механическую нагрузку. Все эти датчики передают данные в контроллер, который сравнивает их с макс допустимыми и уже отправляет отчет на главный сервер, а также позволяет анализировать данные для своевременного обслуживания узлов системы. Это позволяет снизить временные и экономические затраты на ремонт и повышает надежность всех системы.

На основе физической модели и данных машинного обучения было разработано несколько сценариев оптимизации процесса доставки груза. Эффек-

тивность внедрения интеллектуальной системы управления роботом погрузчиком приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Эффективность внедрения интеллектуальной системы управления роботом-погрузчиком

Часы работы	Начальный КПД	Оптимизированный КПД	Начальная стоимость (ручной труд)	Оптимизированная стоимость (при использовании робота-погрузчика)
1	70	90	350	100
2	65	90	700	200
3	60	90	1050	300
4	50	90	1400	400
5	50	90	1750	500
6	50	90	2100	600
7	50	90	2450	700

Данные таблицы 1 показывают, что после внедрения автоматической системы управления роботом погрузчиком наблюдается повышение КПД, снижение расхода топлива, а также сокращение человеческой ошибки. В среднем КПД повысился на 15%, а экономические расходы сократились в среднем на 40%.

Таким образом, представлены использование интеллектуальных систем управления, основанных на машинном обучении, для анализа данных о передвижении и загрузке позволяет не только повысить точность и скорость выполнения операций, но и минимизировать риски повреждения грузов и травматизма на предприятии.

Список литературы

1. Мещерякова, А.А. Автоматизированные роботы для складских работ / А.А. Мещерякова, К.Д. Кузнецов// Современные вопросы автоматизации и систем управления в технических, организационных и экономических системах : материалы Национальной научно-практической конференции студентов и молодых ученых. – Воронеж, 2023. –С. 129-133.

2. Мещерякова, А.А. История развития робототехники KUKA / А.А. Мещерякова, А.С. Турбин// Автоматизация и управление в технических, организационных и экономических системах : материалы Национальной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, Воронеж, 21 марта 2022 г. – Воронеж, 2022. – С.100-104.

3. Кузнецов, К.Д. Перспективы развития робототехнических систем / К.Д. Кузнецов, А.А. Мещерякова, А.А. Грибанов // Мехатроника, автоматика и робототехника. – 2024. – № 13. – С 39-42.

References

1. Meshcheryakova, A.A. Automated robots for warehouse operations / A.A. Meshcheryakova, K.D. Kuznetsov // Modern issues of automation and control systems in technical, organizational and economic systems. Proceedings of the National Scientific and Practical Conference of Students and Young Scientists. – Voronezh, 2023. – Pp. 129-133.

2. Meshcheryakova, A.A. History of the development of KUKA robotics / A.A. Meshcheryakova, A.S. Turbin // Automation and control in technical, organizational and economic systems: Proceedings of the National Scientific and Practical Conference of Students and Young Scientists, Voronezh, March 21, 2022 / ed. A. A. Griбанov; Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, FSBEI HE "VSTU". – Voronezh, 2022. - 100-104 p.

3. Kuznetsov, K.D. Prospects for the Development of Robotic Systems / K.D. Kuznetsov, A.A. Meshcheryakova, A.A. Griбанov // Mechatronics, Automation and Robotics. – 2024. - № 13. – P. 39-42.