

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 629.05

Адаптация складского помещения для применения автоматизированной системы управления складом

С.И. Попов, Ю.В. Марченко, М.А. Руденко, А.А. Насонов

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

Статья посвящена вопросам необходимой адаптации складского помещения для внедрения автоматизированной системы управления, в которой используются роботизированные погрузчики. В ходе исследования были установлены основные параметры, необходимые для эффективной работы склада. Определена ширина проезда, достаточная для свободного маневрирования роботизированного погрузчика, а также предложены принципы размещения контейнеров внутри складского пространства.

Ключевые слова: складское помещение, система управления складом, роботизированный погрузчик

Для цитирования. Попов С.И., Марченко Ю.В., Руденко М.А., Насонов А.А. Адаптация складского помещения для применения автоматизированной системы управления складом. *Молодой исследователь Дона*. 2025;10(3):41–45.

Adaptation of a Warehouse to the Automated Warehouse Management System

Sergey I. Popov, Julianna V. Marchenko, Mikhail A. Rudenko, Aleksei A. Nasonov

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

The article studies the issues of necessary adaptation of a warehouse to implementation of an automated management system with robotic forklifts. During the research, the main parameters ensuring efficient operation of a warehouse have been ascertained. The width of a passage sufficient for free maneuvering of a robotic forklift has been determined, and rules for storing containers inside a warehouse have been proposed.

Keywords: warehouse, warehouse management system, robotic forklift

For Citation. Popov SI, Marchenko JuV, Rudenko MA, Nasonov AA. Adaptation of a Warehouse to the Automated Warehouse Management System. *Young Researcher of Don*. 2025;10(3):41–45.

Введение. Данная статья представляет результаты исследований, посвященных разработке системы управления автоматизированной складской системой. Одна из задач исследования заключается в адаптации складского помещения при использовании автоматизированной системы управления складом с применением роботизированного погрузчика. При внедрении роботизированного погрузчика происходит изменение организационной структуры склада [1–5]. Так, при отсутствии необходимости ручного труда отпадает нужда в кладовщиках, функции которых выполняет погрузчик. Однако возникает потребность в периодическом обслуживании и наладке погрузчика, что требует наличия специалиста, занимающего должность оператора-наладчика. В его обязанности входят контроль технического состояния погрузчика, проведение планового технического обслуживания и текущего ремонта, а также осуществление внепланового ремонта. Кроме того, оператор отвечает за корректировку программного обеспечения, управление погрузчиком в ручном режиме в случае необходимости перевозки грузов за пределы складского помещения, наблюдение за работой погрузчика, приемку и размещение деталей на складе с использованием погрузчика, а также заполнение сопроводительной документации, связанной с погрузчиком.

Технологический процесс приемки поставляемых деталей остается прежним, за исключением того, что на складе уже нет кладовщиков, которые ранее занимались приемкой товара. Эти обязанности теперь возложены на оператора-наладчика. В связи с использованием роботизированного погрузчика и изменением технологии работы склада цель данной работы заключается в необходимости расчета габаритных параметров стеллажей, на которых будут храниться контейнеры, а также определения необходимой ширины проезда для обеспечения свободного маневрирования и выполнения операций погрузчиком.

Основная часть. При расчете параметров мы опираемся на габариты тары, которая соответствует требованиям погрузочного механизма, используемого на складе электропогрузчика. Контейнер имеет размеры $920 \times 1080 \times 915$ (Г $\times$ Ш $\times$ В) мм. Следовательно, ячейка стеллажа должна быть немного больше габаритных размеров тары для обеспечения свободной загрузки и разгрузки. Учитывая работу именно роботизированной техники на складе, можно допустить минимальные смещения погрузочного механизма в стороны. В целях увеличения плотности компоновки склада допустимо увеличить размеры ячейки стеллажа относительно габаритных размеров контейнера всего на 20 мм по бокам (в итоге на 40 мм).

Свободная высота для подъема контейнера должна превышать размеры боковых зазоров. Во-первых, это необходимо для беспрепятственной загрузки и разгрузки тары при ее неполной загрузке, а во-вторых, при заполнении контейнера крупногабаритными деталями должно оставаться пространство между полкой стеллажа и деталями, которые превышают габарит контейнера. Учитывая размеры одной ячейки основного стеллажа, можно рассчитать общее количество ячеек основных стеллажей, которые будут находиться на складе при высоте от пола до потолка в 4900 мм.

Ширина и высота ячеек дополнительных стеллажей совпадают с аналогичными параметрами ячеек основных стеллажей, отличаясь лишь глубиной. Таким образом, для дополнительных стеллажей необходимо подобрать контейнеры с параметрами $560 \times 1080 \times 915$ (Г $\times$ Ш $\times$ В) мм. Ячейка дополнительного стеллажа будет иметь параметры $560 \times 1120 \times 1000$ (Г $\times$ Ш $\times$ В) мм.

В результате проведенных расчетов с учетом всех вышеизложенных требований были получены следующие параметры складского помещения (рис. 1): ширина ячейки — 1120 мм, высота ячейки — 1000 мм, глубина полки — 920 мм, количество ячеек в высоту — 4, высота основных стеллажей — 4200 мм, количество ячеек основных стеллажей — 120, количество дополнительных стеллажей — 48.

Для эффективной работы роботизированного электропогрузчика ширина проезда должна быть достаточной для свободного маневрирования по складу, а также для осуществления погрузки и разгрузки грузов. В данном случае рулевое управление погрузчика позволяет ему разворачиваться на месте на 90° . Исходя из этого, для свободного маневрирования и выполнения операций погрузчику необходима ширина проезда, которая должна превышать его габаритную длину. При невозможности такого маневра возможно применение алгоритма разворота в несколько приемов. Для выполнения данного алгоритма в программное обеспечение погрузчика заложены параметры столкновения и ориентирования маршрута.

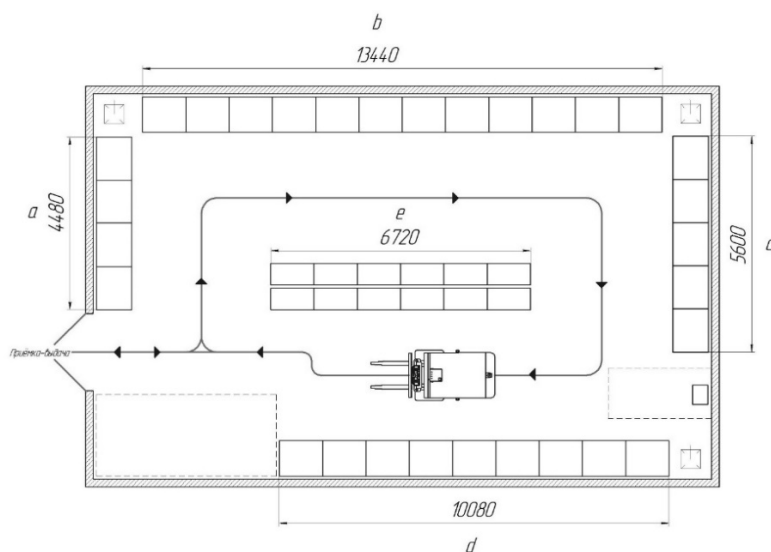


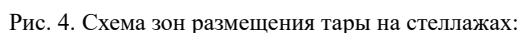
Рис. 1. Размещение стеллажей на складе

Исходя из вышеописанных параметров погрузчика и его габаритной длины, составляющей 3210 мм, получаем размеры ширины проезда, представленные на рис. 2.



Technical drawing of a 1200x1000x915 mm pallet. The drawing shows the pallet's dimensions: 1200 mm length, 1000 mm width, and 915 mm height. The pallet is constructed from a grid of plastic or metal slats. The drawing includes a side view and a top view, with dimensions labeled in millimeters (mm). The side view shows a height of 915 mm and a width of 1000 mm. The top view shows a length of 1200 mm and a width of 1000 mm. The drawing also shows the pallet's base, which is 1200 mm long and 1000 mm wide. The pallet is shown with a 150 mm gap between the slats. The drawing is a technical illustration of a standard pallet.

Все контейнеры на складе имеют предварительно определенный порядок размещения. В первую очередь, все контейнеры классифицируются по двум критериям: масса и востребованность. Эти критерии выбраны не случайно, так как самые тяжелые и востребованные контейнеры размещаются как можно ближе к пункту выдачи. Это позволяет снизить нагрузку на погрузчик, экономить электроэнергию и увеличивать скорость выдачи необходимого товара. В соответствии с данными критериями, склад делится на три зоны размещения тары (рис. 4).



- 43

Внутри указанных зон также происходит распределение контейнеров по весу: чем дальше от приемки-выдачи, тем легче контейнер. Обозначение по весу является числовым и выглядит следующим образом: 1 — тяжелые; 2 — средние; 3 — легкие. Востребованность контейнеров также подразделяется на три группы, но обозначается буквами: X — высоко-востребованные; Y — средне-востребованные; Z — мало-востребованные.

Далее распределение производится исключительно на основе содержимого контейнера. Все тары классифицируются по конкретным деталям и их принадлежности к определенным группам. Принадлежность к группе обозначается буквами (А, В, С и т.д.), а принадлежность к конкретной детали — численно (1 — клапана, 2 — поршни и т.д.). В данное распределение входят следующие группы деталей [8-12]: А — двигатель; В — кузов (все навесное кузовное оборудование, хранимое на складе, например, фонари, ручки, стеклоочистители и т.д.); С — трансмиссия; D — ходовая часть; Е — рулевое управление; F — тормозная система; G — электрооборудование; Н — система охлаждения.

Итогом такой сортировки является создание уникального шифра для каждой тары с запасными частями (рис. 5).



Рис. 5. Уникальный шифр контейнера

Расшифровав данный код, можно понять, что контейнер тяжелый (1), содержит мало-востребованные (Z) детали двигателя (А), а именно распределительные валы (136).

Заключение. В результате проведенных расчетов были определены необходимые параметры складского помещения, установлена ширина проезда, достаточная для свободного маневрирования роботизированного погрузчика, а также предложен принцип размещения контейнеров на складе.

Список литературы

1. Popov SI, Galchenko GA, Marchenko JuV, Drozdov DS. Use of Neural Networks and Autopilot for Quick and Accurate Grain Discharge on the Elevator. In: Shamtsyan M, Pasetti M, Beskopylny A (Eds.). *Proceedings of XIV International Scientific Conference "INTERAGROMASH 2021". Robotics, Machinery and Engineering Technology for Precision Agriculture. Smart Innovation, Systems and Technologies. Vol 247*. Singapore: Springer; 2022. P. 45–53. https://doi.org/10.1007/978-981-16-3844-2_6
2. Marchenko JuV, Korotky AA, Popov SI, Marchenko EV, Galchenko GA, Kosenko VV. Municipal Waste Management in an Urbanized Environment Based on Ropeway Technology. In: Beskopylny AN, Shamtsyan M (Eds.). *Proceedings of XIV International Scientific Conference "INTERAGROMASH 2021". Lecture Notes in Networks and Systems. Vol 246*. Cham: Springer; 2022. P. 235–241. https://doi.org/10.1007/978-3-030-81619-3_26
3. Марченко Ю.В., Дерюшев В.В., Попов С.И., Марченко Э.В. Модель многопараметрической оптимизации характеристик канатной дороги в системе транспортировки твердых бытовых отходов. *Безопасность техногенных и природных систем*. 2023;7(4):80–96. doi.org/10.23947/2541-9129-2023-7-4-80-96
4. Марченко Ю.В., Попов С.И., Марченко Э.В., Журнаджи Г.В., Петров А.А. Автоматизированный технологический процесс транспортирования твердых отходов с использованием мехатронных модулей. *Молодой исследователь Дона*. 2024;9(3):64–68. URL: https://mid-journal.ru/upload/mid/iblock/21c/13_1941-Marchenko-64_68.pdf (дата обращения: 05.03.2025).
5. Zvezdina MYu, Shokova YuA, Marchenko JuV, Popov SI. Digitalization of Transport in the South Russia Macro-Region and Its Environmental Consequences. *Sociología y Tecnociencia (Sociology and Technoscience)*. 2024;14(2):1–22. <https://doi.org/10.24197/st.2.2024.1-22>
6. Marchenko JuV, Popov SI. The Use of a Unified Container in an Ecological Automated System for the Removal of Solid Household Waste in an Urbanized Environment Based on Rope Transport Technologies. In: Beskopylny A, Shamtsyan M, Artiukh V (Eds.). *Proceedings of XV International Scientific Conference "INTERAGROMASH 2022". Lecture Notes in Networks and Systems. Vol 575*. Cham: Springer; 2023. P. 1304–1311. https://doi.org/10.1007/978-3-031-21219-2_146
7. Марченко Ю.В., Молаоди О., Попов С.И. Имитационное моделирование процессов автоматизированного транспортирования «Смарт-контейнеров» в транспортно-логистическом терминале. В: *Труды двадцать первой Всероссийской научно-практической конференции «Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство»*. Старый Оскол, 29 ноября 2024 года. Том 1. Старый Оскол: Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»; 2024. С. 633–642.

8. Попов С.И., Марченко Ю.В., Донцов Н.С., Иванов В.В., Марченко Э.В. Исследование возможности восстановления стенок цилиндра двигателей внутреннего сгорания (ДВС) за счет применения твердосмазочных материалов на основе дисульфида молибдена. В: *Труды восьмой Международной научно-технической конференции «Наукоемкие технологии на современном этапе развития машиностроения»*. Москва, 19–21 мая. Москва: ООО «Техполиграфцентр»; 2016. С. 179–181.

9. Попов С.И., Валявин В.Ю., Подуст С.Ф., Линькова Е.Ф., Юрьева В.В. *Диагностирование и испытание электрооборудования транспортных машин*. Учебное пособие. Ростов-на-Дону: Издательский центр ДГТУ; 2010. 115 с.

10. Лебедев В.А., Марченко Ю.В., Попов С.И., Марченко Э.В., Донцов Н.С. Методы обеспечения показателей качества реноизделий в авторемонтном производстве. В: *Труды Четырнадцатой Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство»*. Старый Оскол, 23-24 ноября 2017 года. Том 1. Старый Оскол: Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»; 2017. С. 227–235.

11. Иванов В.В., Попов С.И., Донцов Н.С., Денисенко Ю.Н. Использование вибрационной механохимической обработки с одновременным нанесением оксидного покрытия на алюминиевый сплав АК5М2 в пищевой промышленности. *Гальванотехника и обработка поверхности*. 2020;28(3):28–36. https://doi.org/10.47188/0869-5326_2020_28_3_28

12. Иванов В.В., Попов С.И., Донцов Н.С., Курская И.А. Нанесение вибрационного двухкомпонентного твердосмазочного механохимического покрытия на различные детали из титанового сплава. *Упрочняющие технологии и покрытия*. 2020;16(9):404–407.

Об авторах:

Сергей Иванович Попов, кандидат технических наук, доцент кафедры робототехники и мехатроники Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), spopov1957@yandex.ru

Юлианна Викторовна Марченко, кандидат технических наук, доцент кафедры робототехники и мехатроники Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), marchenko-6470@male.ru

Михаил Александрович Руденко, магистрант кафедры робототехники и мехатроники Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), mihailrudenko07@yandex.ru

Алексей Александрович Насонов, магистрант кафедры робототехники и мехатроники Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), leshanasonovgg@gmail.com

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Sergey I. Popov, Cand.Sci. (Engineering), Associate Professor of the Robotics and Mechatronics Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), spopov1957@yandex.ru

Julianna V. Marchenko, Cand.Sci. (Engineering.), Associate Professor of the Robotics and Mechatronics Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), marchenko-6470@male.ru

Mikhail A. Rudenko, Master's Degree Student of the Robotics and Mechatronics Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), mihailrudenko07@yandex.ru

Aleksei A. Nasonov, Master's Degree Student of the Robotics and Mechatronics Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), leshanasonovgg@gmail.com

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.