

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК (62-115)

### Алгоритм движения мобильного робота для складской логистики транспортного предприятия

*С.С. Пономаренко, Ф.С. Гришин, А.И. Изюмов, В.О. Колесников*

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

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы организации складской логистики на предприятии «НЕЙС-ЮГ». Предложено решение возникающих проблем путем создания мобильного робота с высокой грузоподъемностью, который позволит автоматизировать перемещение грузов между складскими помещениями и оптимизировать движение по территории предприятия. Описаны ключевые аспекты разработки такого робота, включая алгоритм перемещения, выбор метода планирования пути и задачи, которые необходимо решать для эффективного функционирования. Проведен анализ мирового рынка автоматизации складов. Реализация предложенного решения позволит сократить нагрузку на персонал, повысить эффективность складских помещений и уменьшить вероятность ошибок.

**Ключевые слова:** складская логистика, мобильный робот, алгоритм перемещения, методы планирования пути

### Mobile robot movement algorithm for transport company warehouse logistics

*Sergey S. Ponomarenko, Fedor S. Grishin, Andrey I. Izyumov, Vyacheslav O. Kolesnikov*

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

**Abstract.** The article considers the problem of warehouse logistics at the “NEYS-YUG” enterprise and proposes a solution to this problem by creating a mobile robot with a high load capacity. Such a robot will automate the movement of goods between warehouses and optimize their movement on the territory of the enterprise. The paper describes the key aspects of the development of such a robot, including the algorithm of movement, the choice of the path planning method and the tasks that the mobile robot must solve for effective functioning. The article also contains an analysis of the global warehouse automation market. The implementation of the proposed solution will reduce the workload on staff, increase the efficiency of storage facilities and reduce the likelihood of errors.

**Keywords:** warehouse logistics, mobile robot, algorithm of movement, path planning methods

**Введение.** Складская логистика — это самостоятельная область знаний, предметом изучения которой является система управления складом и товарными запасами организации, контроля процесса складирования и состояния запасов, их грамотного распределения.

Главная цель логистической активности инновационно-сервисного типа — это понижение общих расходов путём минимизации риска вероятных утрат при реализации сервисного и инновационного потенциала логической системы. Риск утраты эффективности работы логистической активности возможен при таких обстоятельствах как неопределенность рыночной ситуации, низкая степень организации международных взаимных связей, политические решения (санкции) и частота появления разногласий [1]. Для повышения эффективности логической активности необходимо применять автоматизацию складов.

Сейчас на предприятии работу по доставке запчастей из одного склада в другой выполняют рабочие, которые занимаются этим помимо своей основной работы. Следовательно, они работают сверх нормы, устают больше, что уменьшает производительность работы предприятия.

Если переложить эту работу на робота, то у работников предприятия не будет лишней работы, будет больше времени на свою основную работу, следовательно, эффективность работы будет выше.

Доставка, осуществляемая человеком, имеет ряд недостатков:

- людям нужно время на отдых;
- предприятию необходимо выплачивать зарплату;
- персонал занимается доставкой, вместо своей основной работы;

- человеческий фактор может негативно повлиять на итоговый результат.

Доставка, осуществляемая роботом, лишена таких недостатков, так как исключён человеческий фактор. Робот может работать без перерывов и отдыха.

Мировой рынок автоматизации складов стремительно растёт и по оценкам исследователей может удвоиться с 14 млрд долларов в 2019 году до 27,2 млрд долларов в 2025 году.

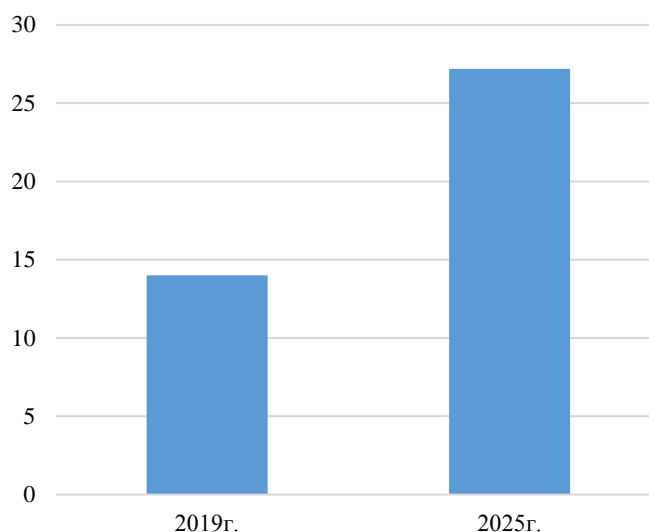


Рис. 1. Оценка динамики мирового рынка автоматизации складов в 2019–2025 гг., млрд долл.

**Основная часть.** Решением описанной выше проблемы является создание мобильного робота для складской логистики с высокой грузоподъемностью, который позволит автоматизировать действия, производимые на данном предприятии, такие как: перемещение грузов между складскими помещениями, планирование оптимального перемещения грузов по территории предприятия.

Внедрение данного мобильного робота позволит сократить нагрузку на персонал и обслуживающие складские помещения, понизить воздействие человеческого фактора и ограничить вероятность ошибки, а также увеличить эффективность использования складских помещений.

При создании данного вида робота очень большое значение имеет алгоритм перемещения, выбранный при разработке логистики робота, так как показатели качества работы напрямую зависят от улучшения данных процессов. На рис. 1 представлен разработанный авторами соответствующий алгоритм движения системы управления мобильного робота, который обеспечивает осуществление поставленных перед ним задач.

Также одной из проблем перемещения робота является выбор метода планирования пути. Для доставки груза роботом в заданную целевую точку рассмотрены несколько вариантов планирования движения, которые приведены в таблице 1 [2].

Таблица 1

Методы планирования пути

Методы	Реальное время	Тип окружающей среды	Характер пути
На основе графа или древа	Хорошо	Статический	Негладкий
На основе клеточной декомпозиции	Хорошо	Статический	Негладкий
Метод потенциальных полей	Лучше	Динамический	Гладкий
Оптимизационный метод	Хорошо	Динамический	Гладкий
Интеллектуальный метод	Плохо	Статический	Негладкий

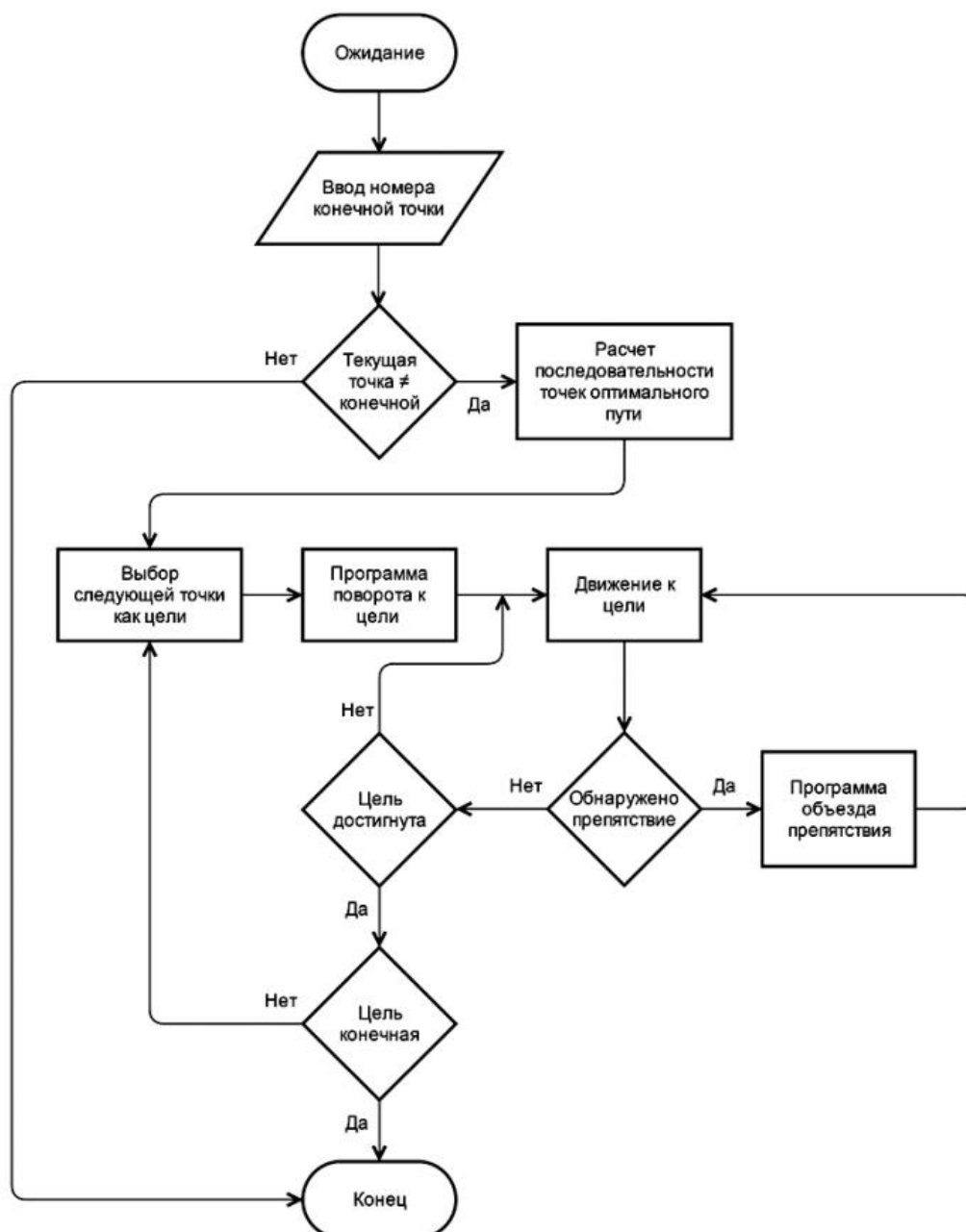


Рис. 1. Блок-схема алгоритма движения

Для выбора наиболее оптимального и подходящего под наши задачи метода планирования пути необходимо провести ряд практических экспериментов с робототехнической установкой.

Для возможности осуществления автоматического выбора рационального поведения или оптимального действия в каждой текущей ситуации мобильному роботу требуется решать ряд задач: дистанционное определение геометрических характеристик зоны маневрирования; определение текущих координат и ориентации робота; формирование оперативной (локальной) и тактической (глобальной) моделей проблемной среды; планирование целенаправленных траекторий движения на оперативном и тактическом уровнях; отработка планируемых траекторий движения; контроль и диагностика программно-аппаратных средств СУ и двигательной установки [2].

**Заключение.** Определена проблема складской логистики предприятия «НЕЙС-ЮГ» и предложено решение для повышения эффективности складской логистики. Приведён анализ мирового рынка автоматизации складов. Для перемещения мобильного робота по территории предприятия предложен алгоритм передвижения. Рассмотрены методы планирования пути, а также определен ряд задач для возможности осуществления автоматического выбора рационального поведения или оптимального действия в каждой текущей ситуации.

### Список литературы

1. Тутова М.О., Перекатов Е.В. Эффективность складской логистики. *I Международная научно-практическая конференция «Современные инновации: фундаментальные и прикладные исследования»*. 2015;1 (1). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-skladskoy-logistiki>

2. Орехов С.Ю., Багдошвили Р.А., Копылов В.О. Исследование методики планирования движений мобильного робота в известной среде. *Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet»*. 2022;6:7073–7084. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-metodiki-planirovaniya-dvizheniy-mobilnogo-robota-v-izvestnoy-srede>

*Об авторах:*

**Пonomarenko Сергей Сергеевич**, магистрант кафедры «Робототехника и мехатроника» Донского государственного технического университета (344000, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина. 1) [kreol092000@gmail.com](mailto:kreol092000@gmail.com)

**Гришин Фёдор Сергеевич**, магистрант кафедры «Робототехника и мехатроника» Донского государственного технического университета (344000, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина. 1) [fedor\\_99@list.ru](mailto:fedor_99@list.ru)

**Изыумов Андрей Игоревич**, доцент кафедры «Робототехника и мехатроника» Донского государственного технического университета (344000, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина. 1) [Andrei-Igorevich1991@yandex.ru](mailto:Andrei-Igorevich1991@yandex.ru)

**Колесников Вячеслав Олегович**, магистрант кафедры «Робототехника и мехатроника» Донского государственного технического университета (344000, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина. 1) [slava\\_tehnostar@mail.ru](mailto:slava_tehnostar@mail.ru)

*About the Authors:*

**Sergey S. Ponomarenko**, Master's degree student of the Robotics and Mechatronics Department, Don State Technical University (1, Gagarin Square, Rostov-on-Don, 344003, RF), [kreol092000@gmail.com](mailto:kreol092000@gmail.com)

**Fedor S. Grishin**, Master's degree student of the Robotics and Mechatronics Department, Don State Technical University (1, Gagarin Square, Rostov-on-Don, 344003, RF), [fedor\\_99@list.ru](mailto:fedor_99@list.ru)

**Andrey I. Izyumov**, associate professor of the Robotics and Mechatronics Department, Don State Technical University (1, Gagarin Square, Rostov-on-Don, 344003, RF), [Andrei-Igorevich1991@yandex.ru](mailto:Andrei-Igorevich1991@yandex.ru)

**Vyacheslav O. Kolesnikov**, Master's degree student of the Robotics and Mechatronics Department, Don State Technical University (1, Gagarin Square, Rostov-on-Don, 344003, RF), [slava\\_tehnostar@mail.ru](mailto:slava_tehnostar@mail.ru)