

АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ РОБОТОВ

Дубинина В.В.

Рост спроса на быстрое предоставление заказов клиентам, повышение конкуренции в индустрии электронной коммерции и рост онлайн-покупок являются ключевыми факторами, которые будут способствовать росту рынка складской робототехники. В статье проведен анализ технико-экономических характеристик логистических роботов, исследован рынок этих роботов, рассмотрены компании-производители в России и за рубежом. Построена модель зависимости логарифма цены логистических роботов от показателя технической сложности, габаритов робота и времени.

DOI: 10.20537/mce2022econ12

Введение. Тенденции электронной коммерции влияют на складскую, производственную и логистическую отрасли. Для этих отраслей становится все более важным разрабатывать и оптимизировать автоматизированные решения.

Логистический робот — мобильный приводной программируемый механизм, предназначенный для управления потоком товаров, их транспортировкой, обработкой и упаковкой [1].

Логистика — один из самых развивающихся сегментов сервисной робототехники. Индустрия логистики привела к увеличению продаж профессиональных сервисных роботов на 39% [2]. В этом секторе робототехники выделяются логистические роботы как самый быстрорастущий и наиболее широко распространенный вид сервисных роботов. Если в 2013 г. на долю логистических роботов приходилось 10% от общего числа сервисных роботов [3], то в 2019 г. их доля уже составляла 43% [4].

В основном логистические роботы используются на складах и в складских помещениях для транспортировки грузов (товаров, ящиков, поддонов и т. д.). Эти роботы двигаются в заранее определенных направлениях, перемещая продукты для доставки и хранения. Также роботы выполняют обслуживание стеллажей и комплектацию заказов.

Другие примеры логистических роботов включают роботизированные манипуляторы, которые сортируют товары; транспортные средства для транспортировки товаров на открытом воздухе, например, в сельском хозяйстве; мобильные роботы в розничной торговле, которые подсчитывают запасы на полках и обрабатывают магазин как мини-склад. Кроме того, существуют логистические роботы для доставки лекарств и лабораторных образцов в больницы и лаборатории [5].

Расширение электронной коммерции, распространение цифровых технологий в логистике, необходимость повышения скорости и эффективности для сохранения конкурентоспособности компаний на рынке приводят к росту спроса на логистические роботы. Например, в компании Amazon в 2014 г. использовалось 14 тыс. роботизированных транспортных средств, а в 2019 г. — более 200 тыс. ед. (в два раза больше, чем в 2018 г.) [6].

По данным Bank of America, к 2025 г. 45% всех производственных задач будут выполняться с помощью роботизированных технологий. В связи с этой тенденцией крупные фирмы, такие как Raymond Limited (крупная индийская текстильная компания) и Foxconn Technology (китайский поставщик для крупных производителей технологий, таких как Samsung и другие), заменили 10 тыс. и 60 тыс. работников соответственно, внедрив автоматизированные технологии на своих заводах [7].

За период 2012–2018 гг. мировой рынок логистических систем вырос почти в 19 раз — с 196 млн долл. до 3700 млн долл. (рис. 1).

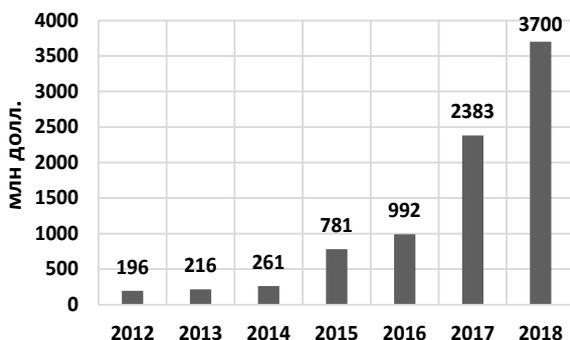


Рис. 1. Динамика мирового рынка логистических роботов (млн долл.), 2012–2018 гг. Источник: IFR World Robotics. Service Robots. 2013–2020.

При этом парк логистических систем вырос почти в 59 раз за период 2008–2020 гг. — с 3.2 тыс. ед. до 188 тыс. ед. (рис. 2). По данным IFR, в 2017 г. в мире использовалось 69 тыс. логистических систем, из которых 62.2 тыс. применялись на складах, в логистических центрах и учреждениях здравоохранения [5].

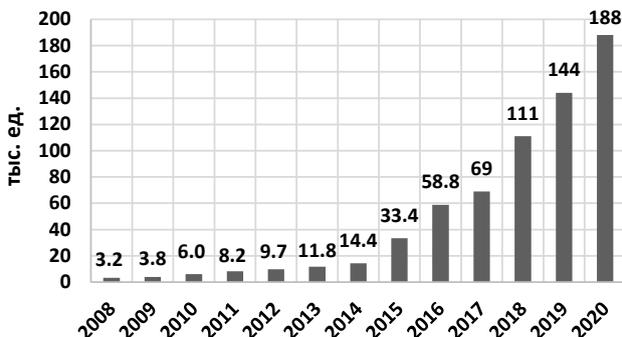


Рис. 2. Динамика парка логистических систем, 2008–2020 гг. Источник: расчеты автора по данным IFR World Robotics. Service Robots. 2009–2020.

Компании-производители логистических роботов. К основным мировым компаниям-производителям логистических роботов относятся MiR (Дания); Omron (Япония), Clearpath Robotics (Канада); Fetch Robotics, Kiva Systems и Locus Robotics (все — США); Geek + Robotics, HIK Robot и Seer (все — Китай); Robotnik (Испания).

Одним из примеров использования роботов на складах являются роботы Kiva, которые перемещают товары в компании Amazon. Они способны передвигаться со скоростью 8 км/ч, а грузоподъемность равна 317 кг. Amazon является крупнейшей в мире компанией электронной коммерции, ее продажи в 2019 г. составили треть всей электронной коммерции США. В США у Amazon 20 распределительных центров, в которых в 2016 г. работало около 45 тыс. роботов Kiva (в 2014 г. — 15 тыс. ед., в 2015 г. — 30 тыс. ед.) [8]. Внедрение роботизации позволило снизить операционные расходы на 20%. В 2019 г. началось тестирование робота-упаковщика CartonWrap от итальянской компании CMC Srl, который может упаковывать 600–700 коробок в час [9].

Роботы MiR 500 перевозят поддоны и другие грузы в компании IKEA; MiR 200 используется для транспортировки отходов производства (в основном фольги, пленки, картона) в компании ASTOR; а роботы MiR100 задействованы такими компаниями, как Airbus, Boeing, Flex, Honeywell, Michelin, Procter & Gamble, Toyota и Walmart.

На складах Cainiao (China Smart Logistics Network), китайской логистической компании группы Alibaba, используются беспилотные роботы Quicktron для перемещения товаров. Они могут вращаться на 360° и перемещать грузы весом до 500 кг. По данным компании, складские роботы сократили работу персонала на 70%. В 2018 г. на складах компании трудилось более 700 роботов [10].

Крупнейшая логистическая компания Японии Sagawa Global с помощью роботов и системы искусственного интеллекта управляет запасами, организует пространство, транспортирует грузы между зданиями, а даже доставляет заказ прямо до работников склада.

В логистической компании DHL роботы Locus Robotics используются для поиска нужных товаров, разгрузки, транспортировки или комплектации заказов. С 2016 г. в компании используются полностью автоматические транспортные тележки EffiBOT. Испанская компания ID Logistics внедрила 80 роботов LocusBots для автоматизации системы комплектации заказов и пополнения запасов на складе [11]. В 2022 г. на различных складах ID Logistics Group будет установлено 120 таких роботов [12].

Роботы компании Effidence для комплектации заказов установлены в DHL, La Poste, Renault, Seat, Daher; для транспортировки деталей – в Audi, BMW, Safran, Volkswagen, Airbus.

В России производством логистических роботов занимаются компании Ronavi Robotics, RoboCV, WayBot Robotics.

Стартап RoboCV из Сколково был создан в 2012 г. В 2013 г. было внедрено 6 роботов-тягачей, но дальнейшего развития этот пилотный проект не получил. До конца 2019 г. компания планировала продать около 40 роботов, а стоимость одного робота RoboCV составляет 40–60 тыс. евро [13].

В 2020 г. компания Leroy Merlin тестировала роботы Pallet Bot от WayBot Robotics. Они выполняли поиск паллет с товарами, поднимали их и перемещали в нужное место [14].

На складах компании Decathlon в Подмосковье и Санкт-Петербурге задействовано 83 складских робота (48 роботов компании

Geek+), которые участвуют в сборке до 83% интернет-заказов [15]. На складе X5 Retail Group также используются роботы компании Geek+.

В аэропорту Домодедово на складе временного хранения багажа завершается тестирование роботов компании Vanderlande. Система обеспечивает точность и безопасность доставки багажа к самолету. Склад состоит из 12 трехметровых стеллажей, между которыми по рельсам перемещаются роботы со скоростью 14 км/ч [16].

Моделирование зависимости логарифма цены логистических роботов от их технических показателей. В данной статье проведен технико-экономический анализ логистических роботов по аналогии с работами [17–19]. Для 20 моделей логистических роботов компаний Omron (Япония), MiR (Дания), Clearpath Robotics (Канада), AgileX (Китай), Robotnik (Испания), HIK Robot (Китай), Seer (Китай), выпущенных в период 2015–2021 гг., рассмотрены их технические показатели (грузоподъемность, габариты, масса, скорость, время работы, время зарядки аккумулятора) и цена.

Цена рассмотренных логистических роботов находится в диапазоне 8–57 тыс. долл., грузоподъемность — 20–1000 кг, масса — 9.1–315 кг, скорость — 1–2 м/с, время работы — 2–15 ч, время зарядки аккумулятора — 1–8 ч.

На основании этих данных построена модель зависимости логарифма цены от показателя технической сложности ((грузоподъемность · скорость · время работы) / масса), габаритов робота (длина · ширина · высота) и времени (t = год выпуска – 2014).

Модель имеет следующий вид:

$$\ln(Y) = 10.1 + 6.2 \cdot x_1 + 1.2 \cdot x_2 - 0.2 \cdot t, R^2 = 0.6,$$

(44.7) (3.5) (4.2) (–3.4)

где Y — цена логистического робота (тыс. долл.), x_1 — показатель технической сложности (км), x_2 — габариты (m^3), t — время. В скобках указаны t -статистики.

В результате моделирования выявлена положительная зависимость логарифма цены от показателя технической сложности и габаритов роботов, и отрицательная — от времени.

Кроме того, рассмотрена динамика отношения грузоподъемности к массе (рис. 3) и изменение времени зарядки аккумулятора в зависимости от года выпуска роботов (рис. 4).

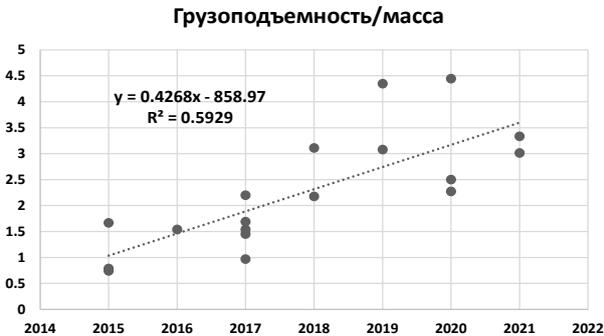


Рис. 3. Динамика отношения грузоподъемности (кг) к массе (кг) логистического робота.

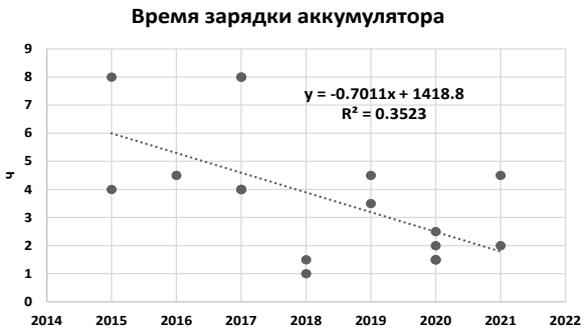


Рис. 4. Изменение времени зарядки аккумулятора (ч) от года выпуска робота.

Отношение грузоподъемности к массе со временем растет, а время зарядки — сокращается.

Заключение. Мировой рынок логистических роботов во многом определяется значительным ростом электронной коммерции. С ростом онлайн-покупок растет спрос на роботизированные решения среди производителей и розничных продавцов. Кроме того, росту рынка способствуют технологические достижения в виде интеграции роботизированных систем с искусственным интеллектом (ИИ), машинного обучения (ML) и программных решений для управления складом. Логистические

роботы находят более широкое применение в здравоохранении для доставки лекарств и обработки лабораторных образцов, также растет спрос на автоматизированные процессы упаковок и доставки.

Отмечается тенденция роста отношения грузоподъемности к массе робота и сокращение времени зарядки его аккумулятора.

В результате моделирования выявлена положительная корреляция между логарифмом цены логистических роботов и их габаритами, а также показателем технической сложности. При этом удельная цена роботов (в расчете на единицу грузоподъемности и массы) снижается со временем.

В ближайшие годы будет расти спрос на роботов для перемещения и комплектации заказов. Автоматизация и решения по увеличению производительности труда станут ключевыми направлениями в логистике.

По данным ABI research, к 2025 г. количество складских роботов увеличится до 4 млн ед. [20], а общее количество роботизированных складов составит более 50 тыс. (в 2018 г. их было менее 4 тыс.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доставить за полчаса. Что такое логистический робот? URL: <https://habr.com/ru/company/sberbank/blog/418053/>
2. Understanding the Explosive Growth of Logistics Robots. URL: <https://www.automate.org/blogs/understanding-the-explosive-growth-of-logistics-robots>
3. *Karabegović, I.; Karabegović, E.; Mahmić, M.; Husak, E.* The application of service robots for logistics in manufacturing processes // *Advances in Production Engineering & Management*. 2015. Vol. 10, No. 4, 185-194. DOI: <http://dx.doi.org/10.14743/apem2015.4.201>. URL: http://apem-journal.org/Archives/2015/APEM10-4_185-194.pdf
4. Strong growth forecast for sales of professional and domestic service robots. IFR Secretariat Blog - Dec 01, 2020. URL: <https://ifr.org/post/strong-growth-forecast-for-sales-of-professional-and-domestic-service-robots>
5. Logistics Robots. URL: <https://www.automate.org/a3-content/service-robots-logistic-robots>
6. Тренды рынка складских роботов. URL: <http://robotrends.ru/pub/2007/trendy-rynka-skladskih-robotov>

7. Warehouse robotics market – growth, trends, covid-19 impact, and forecasts (2022 - 2027). URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/warehouse-robotics-or-material-handling-robotics-market>
8. Складские роботы - прогнозы и статистика. URL: <https://robotrends.ru/robopedia/skladskie-roboty---proгноzy-i-statistika>
9. Роботы-упаковщики Amazon заменят тысячи сотрудников-людей. URL: <https://habr.com/ru/news/t/451656/>
10. *Khaletskaya A.* Roboty magazynowe: 5 przykładów automatyzacji. URL: <https://wareteka.pl/blog/roboty-magazynowe-przyklady-automatyzacji/>
11. Roboty magazynowe najpierw sprawdzają język pracownika. URL: <https://www.wnp.pl/logistyka/roboty-magazynowe-najpierw-sprawdzaja-jezyk-pracownika,518214.html>
12. *Wiśniewska K.* Inteligentne roboty i sztuczna inteligencja w magazynie. URL: <https://log24.pl/news/inteligentne-roboty-i-sztuczna-inteligencja-w-magazynie/>
13. Тренды рынка складских роботов. URL: <http://robotrends.ru/pub/2007/trendy-rynka-skladskih-robotov>
14. Складские роботы - участники рынка. URL: <https://robotrends.ru/robopedia/skladskie-roboty---uchastniki-rynka>
15. Складские роботы взяли на себя работу на подмосковном складе Decathlon. URL: <http://robotrends.ru/pub/2116/skladskie-roboty-vzyali-na-sebya-rabotu-na-podmoskovnom-sklade-decathlon>
16. Автоматизированные роботы для складских работ и их преимущество для бизнеса. URL: <https://vc.ru/u/777913-newss/229600-avtomatizirovannye-roboty-dlya-skladskih-rabot-i-ih-preimushchestvo-dlya-biznesa>
17. *Комкина Т.А., Никонова М.А., Дубинина М.Г.* Техничко-экономический анализ отдельных видов сервисных роботов // Экономический анализ: теория и практика. 2020. Т.19, вып.10. С. 1965–1986. DOI: <https://doi.org/10.24891/ea.19.10.1965>.
18. *Варшавский А.Е., Дубинина В.В.* Основные тенденции изменения технико-экономических показателей промышленных роботов // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2018. – Т. 14, № 10. – С. 1916 – 1935. <https://doi.org/10.24891/ni.14.10.1916>
19. *Дубинина М.Г.* Анализ технико-экономических показателей профессиональных квадрокоптеров // Научно-практический журнал "Концепции". - Москва. – №1(38). – 2019. – С.27-35. DOI: 10.34705/КО.2019.14.39.003.
20. Roboty w logistyce. URL: <http://bizneslogistyka.pl/roboty-w-logistyce/>

ANALYSIS OF LOGISTIC ROBOTICS DEVELOPMENT TRENDS

Dubinina V.V.

The growing demand for fast delivery of orders to customers, increased competition in the e-commerce industry and the growth of online shopping are key factors that will contribute to the growth of the warehouse robotics market. The article analyzes the technical and economic characteristics of logistics robots, investigates the market of these robots, and considers manufacturing companies in Russia and abroad. A model of the dependence of the logarithm of the price of logistics robots on the indicator of technical complexity, the dimensions of the robot and time is constructed.