

Научная статья
DOI: 10.37791/2687-0657-2026-20-4-81-116
EDN: DHPXKW

ГРНТИ 06.81.19
BAK 5.2.6
УДК 338.45

Технологические тренды и прогнозы глобального рынка коллаборативных роботов

М. Р. Сафиуллин^{1,2}, К. Р. Смольникова^{1*}

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

²Академия наук Республики Татарстан, Казань, Россия

*krsmolnikova@yandex.ru

Аннотация. Актуальность настоящего исследования обусловлена стремительным ростом внедрения коллаборативной робототехники в различных отраслях промышленности и необходимостью понимания долгосрочных тенденций для формирования эффективной стратегии технологического развития. Цель настоящего исследования – провести комплексный анализ текущего состояния и перспектив развития глобального и российского рынков коллаборативной робототехники с выявлением ключевых драйверов роста, технологических трендов, барьеров внедрения и оценкой их влияния на трансформацию промышленной автоматизации. В рамках достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи: оценить текущий объем и структуру глобального рынка коботов; проанализировать прогнозы развития рынка в разрезе регионов и отраслей применения; систематизировать барьеры и ограничения развития коллаборативной робототехники; выявить ключевые технологические тренды и инновации в области коллаборативной робототехники; сопоставить прогнозы развития мирового рынка; провести анализ, оценить потенциал и специфику российского рынка коллаборативной робототехники. Методологическую основу работы составили общенаучные методы синтеза и анализа, статистической обработки данных, контент-анализ открытых источников и рецензируемых научных публикаций. В качестве объекта исследования рассматриваются мировой и российский рынки коллаборативной робототехники, функционирующие в условиях цифровой трансформации промышленности. Предмет исследования – совокупность управленческих отношений, механизмов и методов выявления, интерпретации и интеграции ключевых мировых паттернов, векторов и траекторий научно-технологического развития в части внедрения робототехники. Научная новизна исследования заключается в выявлении, формализации и системном выделении новых трендов развития мирового рынка коллаборативных роботов, а также в обосновании прогнозов относительно возможных траекторий дальнейшей эволюции данного рынка.

Ключевые слова: коллаборативные роботы, коботы, обзор рынка, прогноз развития, технологические тренды, промышленная автоматизация, российский рынок робототехники, цифровая трансформация производства, Индустрия 4.0, BPMES

Для цитирования: Сафиуллин М. Р., Смольникова К. Р. Технологические тренды и прогнозы глобального рынка коллаборативных роботов // Современная конкуренция. 2026. Т. 20. № 4. С. 81–116. DOI: 10.37791/2687-0657-2026-20-4-81-116.

Статья доступна на условиях простой (неисключительной) лицензии, которая является безвозмездной, предоставляется на срок действия исключительного права и действует по всему миру. Данная лицензия предоставляет любому лицу право копировать и распространять материал на любом носителе и в любом формате и создавать производные материалы, видоизменять и преобразовывать материал при условии указания авторов, названия статьи, журнала, его года и номера (в том числе посредством указания DOI).

© Сафиуллин М. Р.,
Смольникова К. Р.,
2026.

Research article

DOI: 10.37791/2687-0657-2026-20-4-81-116

Technological Trends and Forecasts of the Global Collaborative Robots Market

M. Safiullin^{1,2}, K. Smolnikova^{1*}

¹Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia

²Tatarstan Academy of Sciences, Kazan, Russia

*krsmolnikova@yandex.ru

Abstract. The relevance of this study is driven by the rapid growth of collaborative robotics adoption across various industries and the need to understand long-term trends for developing an effective technological development strategy. The aim of this study is to conduct a comprehensive analysis of the current state and development prospects of the global and Russian collaborative robotics markets, identifying key growth drivers, technological trends, adoption barriers, and assessing their impact on the transformation of industrial automation. To achieve this goal, the paper addresses the following objectives: assess the current size and structure of the global cobot market; analyze market development forecasts by region and application industry; systematize the barriers and limitations to collaborative robotics development; identify key technological trends and innovations in collaborative robotics; compare global market development forecasts; analyze, evaluate the potential and specifics of the Russian collaborative robotics market. The methodological framework of the study comprises general scientific methods of synthesis and analysis, statistical data processing, content analysis of open sources and peer-reviewed scientific publications. The object of the study is the global and Russian collaborative robotics markets operating under industrial digital transformation. The subject of the study is the set of managerial relationships, mechanisms, and methods for identifying, interpreting, and integrating key global patterns, vectors, and trajectories of scientific and technological development in the field of robotics adoption. The scientific novelty of the study lies in identifying, formalizing, and systematically highlighting new development trends in the global collaborative robot market.

Keywords: collaborative robots, cobots, market review, development forecast, technological trends, industrial automation, Russian robotics market, digital transformation of manufacturing, Industry 4.0, BPMES

For citation: Safiullin, M., & Smolnikova, K. (2026). Technological Trends and Forecasts of the Global Collaborative Robots Market. *Journal of Modern Competition*, 20(4), 81–116. <https://doi.org/10.37791/2687-0657-2026-20-4-81-116>

© Safiullin M., Smolnikova K., 2026.

The article is available under a simple (non-exclusive) license, which is royalty-free, provided for the duration of the exclusive right, and is valid worldwide. This license grants any person the right to copy and distribute the material on any medium and in any format, and to create derivative materials, modify, and transform the material, provided that the authors, the article title, the journal, its year, and issue are credited (including by specifying the DOI).

Введение

Коллаборативная робототехника представляет собой одно из наиболее динамично развивающихся направлений современной промышленной автоматизации, реализующее ключевые принципы концепций Индустрии 4.0 и Индустрии 5.0. Фундаментальное отличие коллаборативных роботов от традиционных промышленных манипуляторов заключается в возможности безопасного функционирования в едином рабочем пространстве совместно с человеком-оператором, исключая необходимость установки физических защитных ограждений [1]. Данная функциональная возможность обеспечивается интеграцией встроенных сенсорных систем безопасности, программным ограничением силовых и скоростных параметров движения, а также применением адаптивных алгоритмов реагирования на присутствие человека в рабочей зоне, что создает принципиально новые перспективы для автоматизации производственных процессов на предприятиях различного масштаба [2].

Демографические тенденции, включая старение населения в развитых странах, сокращение доли трудоспособного населения и отток специалистов в сферу услуг и ИТ, трансформировали дефицит кадров в стратегический ограничитель промышленного роста. Согласно ключевым выводам Международной федерации робототехники (International Federation on Robotics, IFR), дефицит производственного персонала во многих развитых экономиках выступает одним из главных драйверов спроса на автоматизацию [3, 4]. Одновременно сформировались новые производственные требования: растущий запрос на индивидуализацию продукции, повышение автономности и эргономичности рабочих мест, экономическая эффективность малых серий, непредсказуемость спроса и реструктуризация глобальных производственных цепочек. Совокупность этих факторов обусловила фундаментальное изменение подходов к конструированию производственных систем,

сформировала устойчивый запрос на гибкую автоматизацию и значительно ускорила развитие рынка коллаборативных систем [4].

Глобальный рынок промышленных роботов претерпевает структурную трансформацию, которая выражается в достижении рекордного операционного парка в 4,66 млн ед. к концу 2024 г. и опережающем росте сегмента коллаборативных роботов со среднегодовым темпом роста (CAGR) в диапазоне от 18,9 до 27,5% в зависимости от методологии аналитического агентства [4].

Российская промышленность сталкивается с рядом особых вызовов. По данным официальной статистики Росстата (форма № 1-робототехника, 2025 г.)¹, в обследованных организациях обрабатывающей промышленности России применяется 21 857 промышленных роботов при 4,21 млн занятых, а плотность роботизации составляет 51,9 ед. на 10 000 занятых, что существенно ниже среднемирового показателя в 177 ед. на 10 000 занятых, зафиксированного IFR в 2024 г. [4]. Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2024 г. № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» определяет вхождение России в число 25 ведущих стран мира по плотности роботизации в качестве целевого показателя национальной цели «Устойчивая и динамичная экономика»². Достижение указанного показателя предполагает кратное увеличение парка промышленных роботов, при этом коллаборативные роботы, благодаря их доступности для предприятий малого и среднего бизнеса, рассматриваются как ключевой инструмент реализации данной задачи.

¹ Робототехника // Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/science#> (дата обращения: 11.06.2026).

² Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2024 г. № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» // Официальный сайт Президента России. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/50542> (дата обращения: 11.06.2026).

Обзор литературы

Коллаборативная робототехника как объект научного анализа находится на стыке инженерных, экономических и управленческих дисциплин. При этом прогнозная и рыночно-аналитическая составляющие данной области остаются методологически наименее проработанными, поскольку существующие исследования либо сосредоточены на технических аспектах взаимодействия человека и робота, либо ограничиваются описательным характером применительно к отдельным отраслям и странам. Систематизация научных работ позволяет выявить накопленный массив знаний, охарактеризовать методологические подходы и определить нерешенные проблемы, которые формируют исследовательский задел для настоящей работы.

Инженерно-техническое направление исследований обладает обширным и систематизированным корпусом работ. Зарубежные научные обзоры 2016–2019 гг. сформировали концептуальный аппарат безопасного человеко-машинного взаимодействия, охватывающий классификацию режимов коллаборации, алгоритмы обнаружения столкновений и методы интуитивного программирования коботов [5–9]. Параллельно сформировалось направление, посвященное практическим сценариям применения коботов в сборочных, сварочных, упаковочных и других операциях на конкретных производствах [10–12]. Вместе с тем данные исследования, имея принципиальное значение для понимания природы коллаборативной робототехники, не затрагивают вопросов рыночной динамики, конкурентных тенденций и прогнозирования.

Экономический анализ коллаборативной робототехники представлен значительно меньшим числом публикаций по сравнению с инженерно-техническими исследованиями. Существующие экономические и управленческие работы рассматривают коботизацию преимущественно как инструмент снижения производственных издержек и компенсации дефицита рабочей силы, обусловленного демографическими факторами [10, 13], в то вре-

мя как системный взгляд на рыночную структуру, конкурентную динамику и страновые барьеры внедрения в академической литературе практически отсутствует. В ряде публикаций подчеркивается, что критическим условием успешного внедрения коботов выступает не столько техническая зрелость манипуляторов, сколько развитость экосистемы, объединяющей программные инструменты, интеграторов и сервисную поддержку, а также отмечается возрастающая роль роботизации в контексте зеленой экономики и сокращения углеродного следа производств [10, 13–15].

При недостаточной представленности академических исследований, посвященных рыночной динамике коботов, основным источником количественных оценок выступают отчеты международных аналитических агентств и отраслевые исследования. Общеизвестным стандартом отраслевой статистики выступают ежегодные отчеты Международной федерации робототехники World Robotics, данные которых за 2024 и 2025 гг. фиксируют операционный парк промышленных роботов в 4,66 млн ед. и формируют базу для сравнительного анализа [3, 4]. Прогнозные оценки, представленные в отчетах ABI Research³, MarketsandMarkets⁴, Mordor Intelligence⁵, IMARC Group⁶, Grand View Research⁷, Astute

³ Chowdhury G. The Global Robotics Market Outlook // ABI Research. URL: <https://www.abiresearch.com/blog/global-robotics-market-outlook> (дата обращения: 11.06.2026).

⁴ Collaborative Robot Market Overview // MarketsandMarkets. URL: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/collaborative-robot-market-194541294.html> (дата обращения: 11.06.2026).

⁵ Collaborative Robots Market Size and Share // Mordor Intelligence. URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/collaborative-robot-market> (дата обращения: 11.06.2026).

⁶ Global Collaborative Robot Market // IMARC. URL: <https://www.imarcgroup.com/collaborative-robot-market> (дата обращения: 11.06.2026).

⁷ Collaborative Robot Market (2026–2033) // Grand View Research. URL: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/collaborative-robots-market> (дата обращения: 02.06.2026).

Analytica⁸, SkyQuest Technology⁹ и Next Move Strategy Consulting¹⁰, варьируются к 2030–2034 гг. от 3,4 до более чем 80 млрд долл. США (далее – долл.), при этом значительное расхождение обусловлено различиями в определении границ рынка и методологии прогнозирования.

Применительно к российскому рынку сходную функцию выполняют отраслевые исследования Университета Иннополис¹¹, аналитической компании «Кэпт Налоги и Консультирование»¹², подготовившей специализированное исследование отечественного рынка робототехники в 2025 г., а также Национальной ассоциации участников рынка робототехники (НАУРР)¹³. Перечисленные источники содержат экспертные оценки объема и динамики российского рынка, его структуры и барьеров внедрения, однако базируются преимущественно на выборочных опросах. Мате-

риалы Института статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ (ИСИЭЗ НИУ ВШЭ)¹⁴ обеспечивают сопоставительный анализ отечественного рынка в международном контексте. Качественно новую эмпирическую основу для всех последующих исследований формируют данные Росстата по форме № 1-робототехника за 2025 г.¹⁵, представляющие собой результаты сплошного государственного обследования 189 204 организаций обрабатывающей промышленности. Вместе с тем ни один из указанных источников не содержит систематического сопоставления прогнозов аналитических агентств с критическим анализом их методологических расхождений, что формирует ключевой информационный пробел, восполнению которого посвящена настоящая статья.

Российский академический массив исследований, посвященных коллаборативной робототехнике, остается немногочисленным и значительно уступает зарубежному. В числе наиболее значимых публикаций можно выделить статью [16], в которой проанализирован российский рынок промышленной робототехники в условиях санкционного давления и обоснован тезис о парадоксальном стимулирующем эффекте ограничений для развития отечественного производства коботов при одновременном нарастании рисков зависимости от импортных компонентов. Отдельные аспекты внедрения коботов в контексте концепции Индустрии 4.0 и их влияния на занятость рассмотрены в работе [17]. Анализ применения коботов в промышленности, представленный в [18], фиксирует сохранение рынка в стороне от массового распространения данной технологии.

⁸ Collaborative Robot Market ... for 2024–2032 // Astute Analytica. URL: <https://www.astuteanalytica.com/industry-report/collaborative-robot-market> (дата обращения: 11.06.2026).

⁹ Collaborative Robots Market Size, Share, and Growth Analysis // SkyQuest. URL: <https://www.astuteanalytica.com/industry-report/collaborative-robot-market> (дата обращения: 11.06.2026).

¹⁰ Collaborative Robot Market // Next Move Strategy Consulting. URL: <https://www.nextmsc.com/report/collaborative-robot-market> (дата обращения: 11.06.2026).

¹¹ Исследование рынка промышленной робототехники 2025 // Университет Иннополис. URL: https://innopolis.university/filespublic/Industrial_Robotics_Market_Research_2025.pdf?ysclid=mpz5fm01r344653117 (дата обращения: 11.06.2026); Искусство манипуляции: промышленная робототехника и интеграция технологий. Дайджест по робототехнике // Университет Иннополис. URL: https://innopolis.university/filespublic/digest_6.pdf (дата обращения: 11.06.2026).

¹² Исследование рынка промышленной робототехники // Кэпт. URL: <https://assets.kept.ru/upload/pdf/2025/03/ru-industrial-robotics-market-kept-research.pdf> (дата обращения: 11.06.2026).

¹³ Национальная Ассоциация Участников Рынка Робототехники (НАУРР): официальный сайт. URL: <https://robotunion.ru/?ysclid=mpz5a22xi3950379650> (дата обращения: 11.06.2026).

¹⁴ Лозинский С. В., Кудрин Д. А. Год ускоренной роботизации // НИУ ВШЭ. 2025. URL: <https://issek.hse.ru/news/1053851356.html> (дата обращения: 11.06.2026); Малашина А. Г., Приворотская С. Г. Роботы на производстве // НИУ ВШЭ. 2025. URL: <https://issek.hse.ru/news/1065901146.html> (дата обращения: 11.06.2026).

¹⁵ Робототехника // Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/science#> (дата обращения: 11.06.2026).

Таким образом, несмотря на наличие отдельных публикаций, российская академическая дискуссия о коллаборативной робототехнике находится в стадии формирования, а существующие работы носят преимущественно описательный и концептуальный характер. В рассмотренной литературе выявлено три ключевых пробела: отсутствует сопоставление прогнозов ведущих аналитических агентств с анализом методологических расхождений; данные Росстата по форме № 1-робототехника (2025) не введены в научный оборот; отсутствует сравнительный анализ российского и зарубежного рынков в единой методологии.

Методология исследования

Методологическую основу исследования формируют три группы источников. К первой группе относятся статистические данные и аналитические отчеты Международной федерации робототехники, а также консолидированные прогнозы ведущих международных аналитических агентств: ABI Research, Next Move Strategy Consulting, MarketsandMarkets, IMARC Group, Mordor Intelligence, Grand View Research, Astute Analytica, SkyQuest technology. Вторая группа представлена данными Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации, в частности формой № 1-робототехника «Сведения о наличии, поступлении и выбытии промышленных роботов» за 2024 и 2025 гг., отраслевыми исследованиями российских университетов, аналитической компании «Кэпт», а также материалами Национальной ассоциации участников рынка робототехники. Третья группа включает профильные научные публикации в рецензируемых международных и российских изданиях, материалы из открытых источников и профильных российских СМИ.

Методы исследования включают сравнительный и экономико-статистический анализ прогнозных оценок, контент-анализ научных публикаций с целью определения частоты

упоминания ключевых технологических концепций, кросс-секционный анализ отраслевого внедрения робототехнических решений, экспертно-аналитический обзор регуляторных и институциональных условий функционирования российского рынка.

Текущее состояние и структура глобального рынка на 2023–2026 годы

По состоянию на 2025–2026 гг. мировой рынок промышленной робототехники, включая сегмент коллаборативных роботов, характеризуется устойчивым ростом. Согласно данным отчета Международной федерации робототехники, к концу 2024 г. общемировой парк промышленных роботов достиг 4,66 млн ед., превысив показатель 2023 г. (4,28 млн ед.) на 9%. Среднегодовой темп роста за 2019–2024 гг. составил 11%, при этом за последние десять лет парк увеличился вдвое [3, 4].

Мировой объем ежегодных установок промышленных роботов четвертый год подряд превышает 500 тыс. ед. В 2023 г. поставки составили 541,3 тыс. роботов, что на 2% ниже рекордного показателя 2022 г., а в 2024 г. поставки практически стабилизировались на уровне 542,1 тыс. ед. [3, 4]. Согласно прогнозу IFR [4], опубликованному в 2025 г., мировой объем ежегодных установок промышленных роботов в 2025 г. должен был увеличиться на 6%, до 575 тыс. ед., с последующим превышением уровня 700 тыс. ед. к 2028 г.

Фиксируется смена отраслевого лидерства среди потребителей промышленных роботов [4], соответствующие показатели приведены в таблице 1. В 2024 г. электронная промышленность впервые опередила автомобилестроение по объему установок, достигнув 128 899 ед. (24%), тогда как в автомобильной отрасли данный показатель составил 126 088 ед. (23%). За период с 2019 по 2024 г. среднегодовой темп роста установок в электронной промышленности составил 8%, а в автомобильной – 5%.

Таблица 1. Динамика крупнейших отраслей – потребителей промышленных роботов, 2022–2024 гг.
Table 1. Dynamics of the largest consumer industries of industrial robots, 2022–2024

№ п/п No.	Отрасль <i>Industry</i>	Единиц <i>Units</i>			Динамика, % <i>Dynamics, %</i>	Доля, % <i>Share, %</i>
		2022	2023	2024	2024/2023	2024
1	Электроника и приборостроение <i>Electronics and instrument engineering</i>	156 920	125 804	128 899	+ 2	24
2	Автомобилестроение <i>Automotive industry</i>	136 112	135 461	126 088	– 7	23
3	Металлообработка и машиностроение <i>Metalworking and mechanical engineering</i>	66 115	76 831	88 777	+ 16	16
4	Пластиковая и химическая промышленность <i>Plastic and chemical industry</i>	23 540	22 402	26 491	+ 18	5
5	Пищевая промышленность <i>Food industry</i>	15 107	14 685	20 792	+ 42	4

Источник: составлено авторами по данным Международной организации робототехники Word Robotics 2025 [4].

Наиболее динамично растущим сегментом в 2024 г. стала пищевая промышленность, где рост установок промышленных роботов достиг 42%, что обусловлено ужесточением гигиенических требований и автоматизацией процессов упаковки, сортировки и паллетирования. В металлообработке и машиностроении зафиксирован рост на 16%, а в пластиковой и химической индустрии – на 18%. Доля общей промышленности превысила 42% мировых установок, существенно сократив долю, ранее приходившуюся на традиционных лидеров.

В 2024 г. Азиатско-Тихоокеанский регион обеспечил 74% мировых установок промышленных роботов (401 665 ед.) и превысил уровень 2023 г. на 5%. Доля Европы достигла 16% (85 006 ед.) при снижении на 8%, а доля Северной и Южной Америки составила 9% (50 077 ед.) со спадом на 10%. По объему общего парка промышленных роботов лидирует Китай (2 027 190 ед.), что соответствует 43% мирового парка, за ним следуют Япония (450 530 ед., 10%), Европа (821 384 ед.) и Северная и Южная Америка (542 464 ед.). Крупнейшими национальными рынками по объему установок стали Китай (295 045 ед., рост на 7% к 2023 г.), обеспечивший 54% мирового объема, Япония (44 453 ед.,

сокращение на 4%), США (34 164 ед., падение на 9%), Республика Корея (30 596 ед., снижение на 3%) и Германия (26 982 ед., сокращение на 5%). Совокупная доля этих пяти стран в глобальных поставках 2024 г. достигла 80%, что составило 431 240 ед. [4].

В 2024 г. среднемировая плотность роботизации в обрабатывающей промышленности достигла 177 роботов на 10 000 занятых (для сравнения: в 2023 г. этот показатель составлял 163 ед. на 10 000 работников) [3, 4]. В Азиатско-Тихоокеанском регионе плотность составила 204 робота на 10 000 работников при среднегодовом темпе роста 12%, в Европе данный показатель достиг 148 роботов (CAGR 7%), а в Северной и Южной Америке он равнялся 131 роботу (CAGR 6%). Мировыми лидерами по плотности роботизации остаются Республика Корея (1220 роботов на 10 000 работников), Сингапур (818), Китай (567), Германия (449) и Япония (446) [4]. Согласно данным Росстата, плотность роботизации в 2025 г. сохранилась на уровне предыдущего года и составила 29 роботов на 10 000 занятых, несмотря на увеличение абсолютно-го парка на 4,2%, что существенно ниже темпов, которые необходимы для достижения це-

ли по вхождению в число 25 ведущих стран по данному показателю к 2030 г.

Рынок коллаборативной робототехники

Согласно оценкам аналитического агентства ABI Research, глобальный рынок робототехники всех типов в 2025 г. составлял около 50 млрд долл. и прогнозируется рост до 111 млрд долл. к 2030 г. при среднегодовом темпе роста 13,8%. Сегмент коллаборативной робототехники увеличится с 1,68 млрд долл. в 2025 г. до 7,04 млрд долл. к 2030 г. при среднегодовом темпе роста 27,5%, что относит его к числу наиболее динамичных сегментов промышленной робототехники наряду с гуманоидными роботами. Международная федерация робототехники, в отличие от аналитических агентств, публикует прогнозы исключительно в натуральном выражении, то есть в количестве установленных роботов, и не приводит стоимостных оценок рынка коллаборативных роботов. По данным российского отраслевого портала TAdviser¹⁶, основанным на данных международных аналитических агентств, мировые продажи коллаборативных роботов в 2025 г. достигли 2,31 млрд долл., подтверждая прогнозы ABI Research о высоких темпах роста данного сегмента.

Прогнозные оценки мирового рынка коллаборативных роботов, представленные в таблице 2, характеризуются крайне широким разбросом и варьируются от сравнительно сдержанных значений, не превышающих 3,12 млрд долл. к 2033 г. (SkyQuest Technology, CAGR 13%), до исключительно высоких величин, достигающих 80,3 млрд долл. к 2034 г. (IMARC Group, CAGR 35,02%) и 65,18 млрд долл. к 2033 г. (Astute Analytica, CAGR 42,5%). По-

добное расхождение обусловлено различиями в определении границ рынка (включение либо исключение сервисных роботов и интеграционных услуг) и применяемой методологией прогнозирования. В отчетах, основанных на более узком определении границ рынка и учитывающих преимущественно промышленных коллаборативных роботов, приводятся более умеренные оценки базового объема рынка и темпов роста. Наиболее консервативные сценарии SkyQuest Technology и MarketsandMarkets предполагают умеренный рост, учитывая сохранение текущих барьеров для малых и средних предприятий (МСП), невысокий темп снижения стоимости компонентов и возможные макроэкономические шоки, тогда как ряд источников демонстрируют сверхоптимистичные темпы роста, предполагающие экспоненциальное расширение рынка. Прогнозы IMARC Group и Astute Analytica, подразумевающие среднегодовой темп роста свыше 35%, выглядят избыточно оптимистичными.

В данной совокупности прогноз ABI Research (7 млрд долл. к 2030 г., CAGR 27,5%) выглядит наиболее взвешенным и методологически проработанным, поскольку опирается на детальную методологию с разбивкой по таким категориям применения, как паллетирование, обслуживание станков, инспекция, операции pick-and-place и сварка, интегрирует сведения о развитии физического искусственного интеллекта и учитывает реальные коммерческие развертывания.

Средний показатель совокупного среднегодового темпа роста по представленным источникам составляет порядка 26%, однако значительный разброс оценок отражает высокую неопределенность и существенные различия в методологических подходах, допущениях о темпах технологического прогресса и степени распространения коллаборативных роботов в различные отрасли.

К числу ведущих производителей коллаборативных роботов, совокупно контролирующих значительную часть мирового рынка, относятся Universal Robots (Дания), Techman Robot (Тайвань), FANUC (Япония), ABB

¹⁶ Collaborative robot, cobot Коллаборативный робот, кобот // TAdviser. URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Collaborative_robot,_cobot_\(Коллаборативный_робот,_кобот\)?ysclid=mpphrulunc159663162](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Collaborative_robot,_cobot_(Коллаборативный_робот,_кобот)?ysclid=mpphrulunc159663162) (дата обращения: 10.06.2026).

Таблица 2. Прогноз развития мирового рынка коллаборативных роботов, по данным аналитических агентств

Table 2. Global collaborative robot market forecast according to analytical agencies

№ п/п No.	Источник Source	Оценка рынка (базовый год), млрд долл. Market estimate (base year), billion dollars	Прогноз (год), млрд долл. Forecast (year), billion dollars	CAGR, %
1	ABI Research	1,29 (2024)	7,04 (2030)	27,5
2	MarketsandMarkets	1,42 (2025)	3,38 (2030)	18,9
3	Mordor Intelligence	2,28 (2026)	5,72 (2031)	20,2
4	Grand View Research	2,95 (2025)	17,23 (2033)	23,1
5	Research and Markets	5,43 (2025)	15,55 (2030)	30,1
6	IMARC Group	5,00 (2025)	80,30 (2034)	35,0
7	SkyQuest Technology	1,04 (2024)	3,12 (2033)	13,0
8	Next Move Strategy Consulting	1,77 (2023)	12,71 (2030)	32,6
9	Astute Analytica	2,69 (2024)	65,18 (2033)	42,5

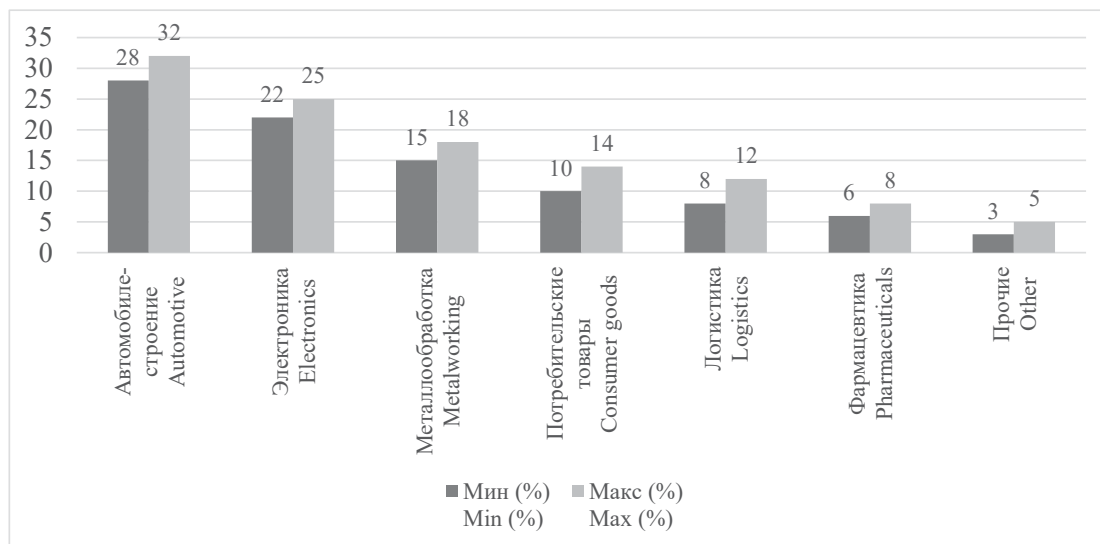
Источники: составлено автором на основе данных аналитических агентств: Chowdhury G. The Global Robotics Market Outlook // ABI Research. URL: <https://www.abiresearch.com/blog/global-robotics-market-outlook> (дата обращения: 10.06.2026); Collaborative Robot Market Overview // MarketsandMarkets. URL: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/collaborative-robot-market-194541294.html> (дата обращения: 10.06.2026); Collaborative Robots Market Size and Share // Mordor Intelligence. URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/collaborative-robot-market> (дата обращения: 10.06.2026); Collaborative Robot Market (2026–2033) // Grand View Research. URL: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/collaborative-robots-market> (дата обращения: 02.06.2026); Global Collaborative Robot Market // IMARC. URL: <https://www.imarcgroup.com/collaborative-robot-market> (дата обращения: 10.06.2026); Collaborative Robots Market Size, Share, and Growth Analysis // SkyQuest. URL: <https://www.skyquestt.com/report/collaborative-robots-market> (дата обращения: 10.06.2026); Collaborative Robot Market // Next Move Strategy Consulting. URL: <https://www.nextmsc.com/report/collaborative-robot-market> (дата обращения: 10.06.2026); Collaborative Robot Market // Astute Analytica. URL: <https://www.astuteanalytica.com/industry-report/collaborative-robot-market> (дата обращения: 10.06.2026).

(Швейцария) и KUKA (Германия / Китай) [3, 4]. Наблюдается тенденция к диверсификации рынка, связанная с появлением новых азиатских игроков, в частности Doosan Robotics, JAKA, AURO и Dobot, которые предлагают более доступные решения, ориентированные на малый и средний бизнес [4].

Отраслевая структура сегмента коботехники отличается от общей картины рынка промышленной робототехники. Согласно данным ABI Research¹⁷, равномерное распределение долей в выручке сегмента коботов ха-

рактерно для паллетирования, обслуживания станков, инспекции, сварки, операций захвата и размещения (pick-and-place), при этом доля каждого из указанных применений варьируется от 14 до 18%. Распределение ключевых отраслей – потребителей коботов в 2024 г., основанное на экспертных оценках коммерческих аналитических агентств, отражено на рисунке 1. Автомобильная промышленность и автокомпоненты занимают от 28 до 32% рынка, электроника и полупроводники – от 22 до 25%, металлообработка – от 15 до 18%. Логистика и складирование, демонстрирующие наиболее динамичное развитие, составляют от 8 до 12%. Доля пищевой промышленности и упаковки варьируется от 10 до 14%, фармацевтики и здравоохранения – от 6 до 8%. На прочие отрасли,

¹⁷ Chowdhury G. The Global Robotics Market Outlook // ABI Research. URL: <https://www.abiresearch.com/blog/global-robotics-market-outlook> (дата обращения: 10.06.2026).



Источники: составлено авторами по экспертным оценкам аналитических агентств: Collaborative Robot Market // Next Move Strategy Consulting. URL: <https://www.nextmsc.com/report/collaborative-robot-market> (дата обращения: 10.06.2026); Collaborative Robot Market Overview // MarketsandMarkets. URL: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/collaborative-robot-market-194541294.html> (дата обращения: 10.06.2026); Global Collaborative Robot Market // IMARC. URL: <https://www.imarcgroup.com/collaborative-robot-market> (дата обращения: 10.06.2026); Collaborative Robots Market Size and Share // Mordor Intelligence. URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/collaborative-robot-market> (дата обращения: 10.06.2026); Collaborative Robot Market (2026–2033) // Grand View Research. URL: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/collaborative-robots-market> (дата обращения: 10.06.2026).

Рис. 1. Отраслевая структура внедрения коллаборативных роботов в 2024 г.

Fig. 1. Industry structure of collaborative robot adoption in 2024

включая сельское хозяйство, строительство и образование, приходится от 3 до 5%.

Ключевые драйверы, барьеры и ограничения внедрения коллаборативной робототехники

Рост глобального рынка коллаборативной робототехники обусловлен комплексом взаимосвязанных факторов, включающих демографические ограничения, экономическую эффективность, технологическую зрелость, регуляторную поддержку и производственную гибкость. С методологической точки зрения традиционное разделение факторов на «драйверы» и «барьеры» применительно к коллаборативной робототехнике является недостаточным, поскольку ряд факторов проявляет себя как стимулирующий в одном контексте и как сдерживающий – в другом. Подобная двойственность выступает харак-

терной чертой развивающихся технологических рынков. В частности, дефицит кадров одновременно стимулирует автоматизацию и ограничивает ее, поскольку внедрение и обслуживание коботов требуют квалифицированных специалистов, которые также находятся в дефиците. Аналогичным образом технологическая зрелость устраняет технические барьеры, но порождает новые вызовы организационного и регуляторного характера. Систематизация ключевых факторов развития рынка с указанием их двойственного характера представлена в таблице 3.

В целях последовательного анализа рассматриваются шесть взаимосвязанных групп факторов, определяющих динамику развития рынка коллаборативной робототехники: кадровые, экономические, технологические, производственно-организационные, регуляторные и когнитивные. Каждая из выделенных групп анализируется с учетом ее

Таблица 3. Систематизация ключевых факторов развития рынка коллаборативной робототехники с учетом их двойственного характера

Table 3. Systematization of key factors in the development of the collaborative robotics market, taking into account their dual nature

№ п/п No.	Фактор <i>Factor</i>	Роль драйвера <i>Role as driver</i>	Роль барьера <i>Role as barrier</i>	Характер влияния <i>Character of influence</i>
1	Кадровый дефицит <i>Labor shortage</i>	Стимулирует спрос на автоматизацию <i>Stimulates demand for automation</i>	Дефицит инженеров и интеграторов сдерживает масштабирование <i>The shortage of engineers and integrators hinders scaling</i>	Двойственный <i>Dual</i>
2	Стоимость технологий <i>Technology cost</i>	Снижение цен и модель «Робот как услуга» расширяют доступность <i>Price reductions and the "RaaS" model increase accessibility</i>	Высокая совокупная стоимость внедрения для МСП <i>High total cost of implementation for SMEs</i>	Двойственный <i>Dual</i>
3	ИИ и технологическая зрелость <i>AI and technological maturity</i>	Расширяет функциональность и снижает порог входа <i>Expands functionality and lowers the barrier to entry</i>	Требует дополнительных компетенций и пересмотра процессов <i>Requires additional competencies and process rethinking</i>	Двойственный <i>Dual</i>
4	Регуляторная среда <i>Regulatory environment</i>	Программы субсидирования и гармонизация стандартов <i>Subsidization programs and harmonization of standards</i>	Различия в сертификации и правовая неопределенность <i>Differences in certification and legal uncertainty</i>	Двойственный <i>Dual</i>
5	Производственная гибкость <i>Production flexibility</i>	Ключевое преимущество перед традиционными роботами <i>Key advantage over traditional robots</i>	Ограничения по скорости и грузоподъемности <i>Limitations in speed and payload capacity</i>	Однозначный* <i>Unequivocal</i>

Примечание: * – производственная гибкость относится к преимуществам коботов, тогда как ограничения по скорости и грузоподъемности формируют самостоятельный технический барьер, лишь частично компенсирующий данное преимущество.

Источники: составлено авторами на основе анализа данных Международной федерации робототехники [4], Федеральной службы государственной статистики, а также ABI Research – см.: North American Robot Orders: Full Year 2025 // Association for Advancing Automation (A3). URL: <https://www.automate.org/vault/a3-robotics-statistics> (дата обращения: 11.06.2026).

стимулирующего и ограничивающего воздействия на внедрение коботов, а также специфики проявления соответствующих факторов в российском и зарубежном контекстах.

1. Кадровый дефицит выступает одновременно драйвером и барьером развития рынка коллаборативной робототехники. В роли драйвера глобальный дефицит производственного персонала является ведущим структурным стимулом спроса на коботов. Согласно

данным IFR World Robotics 2025 [4], нехватка рабочей силы в развитых экономиках фиксируется как один из главных факторов роста установок роботов четвертый год подряд. Ассоциация по развитию автоматизации (A3)¹⁸ зафиксировала в феврале 2025 г. рост

¹⁸ North American Robot Orders: Full Year 2025 // Association for Advancing Automation (A3). URL: <https://www.automate.org/vault/a3-robotics-statistics> (дата обращения: 10.06.2026).

заказов на роботов в секторе пищевых и потребительских товаров на 77% в IV квартале 2024 г. именно под давлением кадровой проблемы. Европейское исследование показало¹⁹, что 93% компаний, внедривших роботов, ожидают, что не менее 10% их персонала будет работать в связке с коботами в ближайшие десять лет, а 44% рассчитывают на сокращение дефицита кадров минимум на 25%. По оценкам, к 2030 г. дефицит квалифицированных производственных кадров в России может достичь от 2 до 4 млн чел.²⁰

В роли барьера тот же дефицит создает ограничения на стороне внедрения, поскольку проектирование, интеграция и обслуживание роботов требуют специалистов смежных компетенций, в частности инженеров-робототехников, программистов и экспертов по компьютерному зрению, также находящихся в дефиците. В российских условиях данная проблема усиливается, что подтверждается данными Росстата, согласно которым 39 774 организации (21% от 189 204 обследованных) прямо указали «недостаток квалифицированных специалистов» в качестве причины отказа от использования роботов. Исследование Университета Твенте фиксирует²¹, что большинство компаний способны запустить пилотный проект с коботом, однако испытывают трудности при масштабировании до стабильного промышленного применения вследствие необходимости комплексных организационных изменений, включающих пересмотр ролей персонала, структур ответственности и системы обучения.

Кадровый фактор формирует структурный запрос на коботизацию и одновременно ограничивает темпы ее реализации, что актуализирует инвестиции в образовательные программы и инструменты low-code, снижающие требования к техническим компетенциям оператора.

2. Экономическая эффективность коллаборативных роботов характеризуется противоречивой динамикой, сочетающей снижение барьеров внедрения с сохранением существенных ограничений, при этом в качестве драйвера выступает устойчивое сокращение совокупной стоимости владения. По данным ABI Research²², средняя цена кобота сокращается приблизительно на 2,2% ежегодно, уменьшаясь с порядка 32 400 долл. в 2024 г. до прогнозируемых 27 700 долл. к 2030 г. Распространение модели «Робот как услуга» трансформирует структуру расходов, переводя капитальные затраты в операционные, при которых предприятие оплачивает время функционирования устройства, а не его приобретение, что принципиально меняет финансовую модель для малого и среднего бизнеса²³. По сведениям IFR [4], в 2023 г. доля роботов в мировых установках промышленных роботов составила 10,5%, к 2024 г. она увеличилась до 11,4% (около 62 тыс. ед.), а по итогам 2025 г., по оценкам отраслевых аналитиков²⁴, достигла приблизительно 20% заказов в Северной Америке, что свидетельствует об опережающем росте сегмента роботов на фоне общего рынка промышленных роботов.

¹⁹ The state of industrial automation 2025 // Universal Robots. URL: <https://www.universal-robots.com/2025/the-state-of-industrial-automation-2025/> (дата обращения: 10.06.2026).

²⁰ Эксперты ждут роста дефицита кадров в России до 2–4 млн человек к 2030 году // Интерфакс. URL: <https://www.interfax.ru/business/934482> (дата обращения: 10.06.2026).

²¹ *Russchen J.* The Impact of Collaborative Robots on the Traditional Roles and Tasks of Manual Laborers in Manufacturing // University of Twente. URL: <https://essay.utwente.nl/essays/109273> (дата обращения: 10.06.2026).

²² *Chowdhury G.* The Global Robotics Market Outlook // ABI Research. URL: <https://www.abiresearch.com/blog/global-robotics-market-outlook> (дата обращения: 11.06.2026).

²³ Искусство манипуляции: промышленная робототехника и интеграция технологий. Дайджест по робототехнике // Университет Иннополис. URL: https://innopolis.university/filespublic/digest_6.pdf (дата обращения: 11.06.2026).

²⁴ North American Robot Orders: Full Year 2025 // Association for Advancing Automation (A3). URL: <https://www.automate.org/vault/a3-robotics-statistics> (дата обращения: 11.06.2026).

Вместе с тем экономический фактор сохраняет барьерную роль, поскольку совокупные расходы на внедрение значительно превосходят стоимость самого оборудования. Затраты на интеграцию, разработку конечных эффектов (ЕОАТ), обучение персонала и адаптацию производственного процесса нередко превышают цену манипулятора в 2–3 раза. По данным Ассоциации по развитию автоматизации (АЗ)²⁵, в I–III кварталах 2025 г. коботы составили 16,1% от числа заказанных роботов в Северной Америке, однако сформировали лишь 9,4% суммарной выручки, что указывает на структурный разрыв между физическим объемом и денежной стоимостью сегмента, ограниченного неспособностью коботов обслуживать высокомаржинальные операции, требующие высокой грузоподъемности. В российском контексте, по сведениям Росстата, 47 870 российских организаций (25,3% обследованных) указали «недостаток собственных денежных средств» в качестве причины отказа от использования роботов. Несмотря на снижение ключевой ставки Центрального банка России с пикового уровня 21% в декабре 2024 г. до 14,5% в апреле 2026 г.²⁶, стоимость заемного финансирования продолжает выступать существенным ограничителем для большинства производственных МСП.

Экономическая двойственность заключается в том, что при использовании оптимальных финансовых инструментов, таких как «Робот как услуга» или лизинг, ценовой барьер становится преодолимым, тогда как при прямой покупке с учетом полных затрат на внедрение он остается значимым для предприятий, не обладающих ликвидным балансом.

3. Технологическая зрелость и искусственный интеллект выступают факторами расшире-

ния функциональных возможностей коллаборативной робототехники и одновременно порождают новые требования к ее внедрению. Драйвером является интеграция ИИ и машинного обучения, которая фундаментально расширяет класс задач, доступных коллаборативным роботам. Оснащенные ИИ коботы способны адаптироваться к переменным условиям, распознавать объекты без жесткой фиксации и оптимизировать траектории в реальном времени [1]. Согласно данным Rockwell Automation²⁷, 95% производителей уже инвестировали или планируют инвестировать в технологии ИИ и машинного обучения в ближайшие пять лет, формируя тем самым технологическую экосистему, благоприятную для внедрения коботов нового поколения с функциями ИИ. Утверждение обновленных стандартов ISO 10218–1 и ISO 10218–2 в редакции 2025 г., консолидировавших требования технической спецификации ISO TS 15066 по безопасности коллаборативных режимов в единый основной документ, устранило одну из ключевых нормативно-технических неопределенностей, сдерживавших внедрение коботов²⁸. Параллельное распространение низкокодowego программирования дополнительно снижает квалификационный порог для оператора²⁹.

Технологическая сложность как барьер порождает новые организационные требования. Ограничения по скорости, регламентированные стандартом ISO/TS 15066, предполагают снижение скорости кобота до 250 мм/с при непосредственной близости человека, тогда как традиционные роботы в изолированных

²⁵ North American Robot Orders: Full Year 2025 // Association for Advancing Automation (АЗ). URL: <https://www.automate.org/vault/a3-robotics-statistics> (дата обращения: 11.06.2026).

²⁶ Банк России снизил ставку до 14,5% // Коммерсантъ. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/8622345> (дата обращения: 11.06.2026).

²⁷ State of Smart Manufacturing Report // Rockwell Automation URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/capabilities/digital-transformation/state-of-smart-manufacturing.html> (дата обращения: 11.06.2026).

²⁸ The New Era of Collaborative Robot Safety: Understanding ISO 10218:2025 // Cobots Online. URL: <https://cobotsonline.co.uk/blog/collaborative-robot-safety-understanding-iso-10218-2025> (дата обращения: 11.06.2026).

²⁹ Global Robotics Market Outlook // ABI Research. URL: <https://www.abiresearch.com/blog/global-robotics-market-outlook> (дата обращения: 11.06.2026).

ячейках работают со скоростями от 1000 до 2000 мм/с и выше, что ограничивает пропускную способность в высокопроизводительных задачах. Однако применение сенсорных защитных систем и новых моделей, таких как UR15, позволяет существенно компенсировать эти ограничения, делая коботов применимыми для высокоскоростных операций при корректной конфигурации ячейки [19, 20].

Интеграция коботов с устаревшим оборудованием (PLC на протоколах Modbus и Profibus, конвейеры, станки) требует индивидуальной разработки интерфейсов и промежуточного программного обеспечения, что ведет к увеличению стоимости и сроков внедрения [21, 22]. Эксплуатация коботов в стерильных средах, характерных для фармацевтической промышленности и производства медицинских изделий, а также на высокочистых производствах полупроводниковой и электронной отраслей, требует применения специализированных модификаций, сертифицированных по стандарту ISO 14644–1 [21, 23]. Вместе с тем ведущие производители, такие как Universal Robots, ABB, Kassow, KUKA и Hanwha Robotics, уже выпускают серийные образцы коботов, сертифицированные для работы в чистых помещениях от класса 5 до класса 1 по ISO 14644–1, что позволяет преодолеть данный барьер при достаточном финансировании и корректном подборе оборудования.

Технологический фактор характеризуется двойственным характером, поскольку искусственный интеллект снижает порог входа и расширяет сферу применений, но одновременно повышает требования к качеству данных, развитости инфраструктуры и компетенциям персонала.

4. Производственная гибкость выступает наиболее устойчивым конкурентным преимуществом коллаборативных роботов перед традиционными роботизированными системами. В условиях роста кастомизации, выражающейся в распространении многономенклатурного мелкосерийного производства, сокращения жизненных циклов продуктов и не-

стабильности цепочек поставок, возможность быстрой переналадки кобота под новую задачу обеспечивает окупаемость даже при малых объемах выпуска [11]. Согласно прогнозам IDTechEx³⁰, среднегодовой темп роста рынка коллаборативных роботов в автомобильной промышленности составит 22% в период с 2025 по 2045 г., что в том числе обусловлено реализацией стратегий интеллектуальных фабрик в данной отрасли. Вместе с тем производственная гибкость ограничена физическими пределами. Грузоподъемность большинства коботов составляет от 5 до 20 кг, что исключает задачи, связанные с обработкой тяжелых деталей, хотя отдельные модели, в частности FANUC CRX-30iA и JAKA Zu 30, расширили этот диапазон до 30 кг.

Производственная гибкость выступает ключевым драйвером в сегменте многопрофильного мелкосерийного производства и для предприятий малого и среднего бизнеса, тогда как в условиях крупносерийного производства коллаборативные роботы конкурентоспособны благодаря иным преимуществам, к числу которых относятся безопасное взаимодействие человека и робота, сокращение затрат на защитные ограждения и оперативный ввод в эксплуатацию.

5. Регуляторная среда характеризуется одновременным действием поддержки и правовой неопределенности. В качестве драйвера выступают государственные программы стимулирования автоматизации, формирующие инфраструктуру спроса. В Китае в рамках инициативы Made in China 2025 робототехника отнесена к приоритетным отраслям, что предполагает наращивание парка роботов и локализацию их производства, а сама отрасль рассматривается как ключевой фактор повышения производительности и технологической независимости обрабатывающей

³⁰ Collaborative Robots 2025–2045: Technologies, Players, and Markets // IDTechEx. URL: <https://www.idtechex.com/en/research-report/collaborative-robots-2025/1046> (дата обращения: 11.06.2026).

промышленности³¹. В США действует программа Manufacturing USA, которая формирует сеть государственных и частных институтов, обеспечивающих совместные исследовательские проекты, пилотные линии и подготовку кадров для внедрения передовых производственных технологий, включая роботизацию³². В Германии принята стратегия Industrie 4.0, что позиционирует страну как ведущий рынок и поставщика решений для «умных фабрик», где робототехника, промышленные сети и искусственный интеллект образуют единый технологический комплекс³³.

В России ключевым инструментом является национальный проект по обеспечению технологического лидерства, в том числе федеральный проект «Средства производства и автоматизации», включающий направление развития промышленной робототехники³⁴, в рамках которого посредством Фонда развития промышленности предприятиям предоставляются льготные займы по ставке от 1 до 3% годовых на внедрение отечественных роботов и робототехнических комплексов, причем снижение ставки обусловлено долей закупки российских роботов и оборудования в структуре проекта³⁵.

³¹ Huifeng He, Chen C. "Made In China 2025": a peek at the robot revolution under way in the hub of the "world's factory" // South China Morning Post. URL: <https://www.scmp.com/economy/china-economy/article/2164103/made-china-2025-peek-robot-revolution-under-way-hub-worlds> (дата обращения: 11.06.2026).

³² Manufacturing USA: официальный сайт. URL: <https://www.manufacturingusa.com> (дата обращения: 11.06.2026).

³³ Industrie 4.0 // Germany Embassy Singapore. URL: <https://singapur.diplo.de/sg-en/deutschland-und-singapur/deutsche-institutionen/2067538-2067538> (дата обращения: 11.06.2026).

³⁴ Национальный проект «Средства производства и автоматизации» // Правительство России. URL: <http://government.ru/rugovclassifier/928/about/> (дата обращения: 11.06.2026).

³⁵ Фонд развития промышленности: официальный сайт. URL: <https://frprf.ru/zaymy/> (дата обращения: 11.06.2026).

Барьерную роль играют различия в национальных требованиях к сертификации, кибербезопасности и совместимости с корпоративными системами, которые затрудняют тиражирование решений между рынками. Вопросы юридической ответственности за инциденты с участием человеко-машинных систем сохраняют статус зоны правовой неопределенности в большинстве юрисдикций [24]. Российская нормативная база безопасности коботов основывается на версии международных стандартов 2011–2016 гг. (ГОСТ Р 60.1.2.1–2016 и ГОСТ Р 60.1.2.2–2016), соответствующих ISO 10218 2011 г., а также на ГОСТ Р 60.1.2.3–2021, идентичном технической спецификации ISO/TS 15066:2016. В феврале 2025 г. ISO выпустила обновленные стандарты безопасности ISO 10218:2025, которые заменили прежнюю спецификацию ISO/TS 15066:2016³⁶. Отсутствие отражения указанных изменений в российских стандартах обуславливает нарастающий разрыв между национальной нормативной базой и современными международными требованиями, усиливая регуляторную неопределенность для производителей и системных интеграторов коботов. Согласно данным ComNews³⁷, среди барьеров внедрения на российских предприятиях прямо указываются недоверие и страх остановки процессов, а также нерешенные вопросы юридической ответственности при использовании автономных систем.

Государственная политика стимулирования роботизации способствует формированию спроса, однако практическая реализация ограничивается недостаточной зрелостью правовой базы и сертификационных процедур, что наиболее выражено в сегменте

³⁶ Robotics // ISO. URL: <https://www.iso.org/sectors/engineering/robotics> (дата обращения: 11.06.2026).

³⁷ Королев П. Роботизация на предприятиях усилит дефицит кадров // ComNews. URL: <https://www.comnews.ru/content/243709/2026-02-09/2026-w07/1008/robotizaciya-predpriyatiyakh-usilit-deficit-kadrov> (дата обращения: 11.06.2026).

новых коботов, оснащенных искусственным интеллектом.

6. Когнитивный (психологический) барьер выступает специфической характеристикой российского рынка и заслуживает отдельного рассмотрения, поскольку не имеет прямых аналогов на зрелых рынках и выражается в субъективном отрицании потребности в роботизации. Согласно данным Росстата³⁸, 78,5% обследованных организаций указали «отсутствие необходимости» в качестве причины отказа от применения роботов, что в 3 раза превышает долю организаций, отметивших финансовые ограничения (недостаток собственных средств и государственной поддержки). При этом о планах по внедрению промышленных роботов заявили 9047 организаций (4,8%), не использующих такие технологии.

Преодоление данного барьера не может быть обеспечено исключительно мерами субсидирования или снижением стоимости оборудования и требует подтверждения окупаемости инвестиций на конкретных производствах, распространения отраслевых кейсов, а также развития инфраструктуры для практического ознакомления, включающей технологические центры коллаборативной робототехники.

Таким образом, анализ ключевых факторов развития рынка коллаборативной робототехники выявляет их преимущественно двойственный характер, когда один и тот же фактор (кадровый дефицит, технологическая зрелость, регуляторная среда, экономическая динамика) может выступать одновременно и драйвером, и барьером в зависимости от контекста, типа предприятия и национальных условий. Исключениями здесь выступают, во-первых, производственная гибкость, которая носит стимулирующий характер, а во-вторых, когнитивный (психологический) барьер, характерный для российского рынка

и требующий не только финансовых, но и образовательно-демонстрационных мер. Обобщающая матрица факторов с указанием вектора, интенсивности и целевых сегментов влияния представлена в таблице 4.

Технологические тренды и инновации

С целью выявления технологических трендов методом контент-анализа проанализирован массив научных публикаций, дорожных карт ведущих производителей, а также ключевые обобщающие обзоры, систематизирующие результаты многочисленных исследований.

Тренд 1. Массовая интеграция искусственного интеллекта и физический искусственный интеллект

Применение ИИ позволяет коботам выполнять сложные задачи, адаптируясь к окружающей обстановке в режиме реального времени, а также способствует созданию более безопасной и эффективной рабочей среды. Такие технологии, как машинное обучение, анализ данных, компьютерное зрение и голосовые интерфейсы, позволяют коботам не только адаптироваться к оператору и рабочей среде, но и прогнозировать ошибки для их предотвращения или автоматической коррекции [25]. Переход от строго детерминированных алгоритмов управления к адаптивным системам, построенным на методах обучения с подкреплением и глубокого компьютерного зрения, фундаментально трансформируют методологию программирования. Прогресс в области алгоритмов адаптивного управления формирует новое поколение роботов с принципиально иными функциональными возможностями [7, 11, 26]. Внедрение систем предиктивной аналитики отказов позволяет за счет раннего выявления признаков неисправностей сократить длительность незапланированных простоев производствен-

³⁸ Робототехника // Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/science#> (дата обращения: 11.06.2026).

Таблица 4. Матрица ключевых факторов рынка коллаборативной робототехники

Table 4. Matrix of key factors of the collaborative robotics market

№ п/п No.	Фактор <i>Factor</i>	Вектор воздействия <i>Impact vector</i>	Интенсивность воздействия <i>Impact intensity</i>	Целевые сегменты влияния <i>Target segments of influence</i>
1	Кадровый дефицит <i>Labor shortage</i>	↑ Драйвер / ↓ Барьер ↑ <i>Driver</i> / ↓ <i>Barrier</i>	●●●●○	Все рынки, особенно РФ <i>All markets, especially Russia</i>
2	Снижение стоимости / «Робот как услуга» <i>Cost reduction / "Robot as a Service"</i>	↑ Драйвер ↑ <i>Driver</i>	●●●●○	МСП, развивающиеся рынки <i>SMEs, emerging markets</i>
3	Совокупные затраты на внедрение <i>Total implementation costs</i>	↓ Барьер ↓ <i>Barrier</i>	●●●○	МСП без ликвидности <i>SMEs without liquidity</i>
4	ИИ и технологическая зрелость <i>AI and technological maturity</i>	↑ Драйвер / ↓ Барьер ↑ <i>Driver</i> / ↓ <i>Barrier</i>	●●●●●	Все сегменты <i>All segments</i>
5	Производственная гибкость <i>Production flexibility</i>	↑ Драйвер ↑ <i>Driver</i>	●●●●○	HMLV-сценарии <i>High-mix low-volume (HMLV)</i>
6	Ограничения скорости / грузоподъемности <i>Speed / payload limitations</i>	↓ Барьер ↓ <i>Barrier</i>	●●●○	Тяжелое производство <i>Heavy industry</i>
7	Регуляторная поддержка <i>Regulatory support</i>	↑ Драйвер ↑ <i>Driver</i>	●●●○	Китай, Германия, Россия <i>China, Germany, Russia</i>
8	Правовая неопределенность <i>Legal uncertainty</i>	↓ Барьер ↓ <i>Barrier</i>	●●●○	Все рынки <i>All markets</i>
9	Когнитивный (психологический) <i>Cognitive (psychological)</i>	↓ Барьер ↓ <i>Barrier</i>	●●●●●	Россия (78,5% предприятий) <i>Russia (78.5% of enterprises)</i>

Источники: составлено авторами на основе анализа данных IFR [4]; Федеральной службы государственной статистики; Chowdhury G. The Global Robotics Market Outlook // ABI Research. URL: <https://www.abiresearch.com/blog/global-robotics-market-outlook> (дата обращения: 11.06.2026); North American Robot Orders: Full Year 2025 // Association for Advancing Automation (A3). URL: <https://www.automate.org/vault/a3-robotics-statistics> (дата обращения: 11.06.2026).

ных ячеек, повысить коэффициент использования оборудования и значительно продлить межремонтные интервалы, тем самым увеличивая общий срок службы оборудования [27].

Согласно отчету ABI Research³⁹, наиболее значимым направлением является фи-

зический ИИ (Physical AI), который представлен алгоритмами с замкнутым контуром управления, обеспечивающими восприятие среды в реальном времени, сенсорную фузию и встроенный инференс. Коботы нового поколения комплектуются платформами искусственного интеллекта, которые непрерывно обрабатывают данные, поступающие от камер, силомоментных датчиков и других сенсоров, для адаптации движений в реальном времени, что гарантирует безопасное

³⁹ Chowdhury G. The Global Robotics Market Outlook // ABI Research. URL: <https://www.abiresearch.com/blog/global-robotics-market-outlook> (дата обращения: 11.06.2026).

взаимодействие с человеком в динамичной среде. Характерным примером служит программная платформа Palladyne IQ, позволяющая промышленным роботам и коботам наблюдать, обучаться и действовать автономно на периферии без облачной зависимости. Аналогичные решения в области физического искусственного интеллекта и адаптивного управления движением развивают компании FANUC⁴⁰, Yaskawa⁴¹, ABB⁴² совместно с NVIDIA и другими партнерами. Прогнозы отраслевых агентств указывают, что большинство новых коллаборативных роботов будут оборудованы системами искусственного интеллекта, позволяющими осуществлять автономную калибровку, восприятие среды и адаптивное планирование траекторий⁴³. Согласно оценкам Kaiso Research⁴⁴, объем рынка физического искусственного интеллекта в 2025 г. достиг 81,4 млрд долл., а к 2035 г. прогнозируется его рост до 1145 млрд долл. при среднегодовом темпе роста, превышающем 30%.

⁴⁰ ROBOT New Technology: Open Platform & Physical AI // FANUC. URL: https://www.fanuc.co.jp/en/product/new_product/2025/202512_robot_physicalai.html (дата обращения: 11.06.2026).

⁴¹ Yaskawa Demonstrates Adaptive Robot at NVIDIA GTC AI Conference // Yaskawa Global. URL: <https://www.yaskawa-global.com/newsrelease/event/171491> (дата обращения: 11.06.2026).

⁴² ABB Robotics Partners with NVIDIA to Deliver Industrial-Grade Physical AI at Scale // ABB. URL: <https://new.abb.com/news/detail/134030/prsrl-abb-robotics-partners-with-nvidia-to-deliver-industrial-grade-physical-ai-at-scale> (дата обращения: 11.06.2026).

⁴³ AI Collaborative Robot Software Market Insights // Intelmarket Research. URL: <https://www.intelmarketresearch.com/ai-collaborative-robot-software-market-47129> (дата обращения: 11.06.2026).

⁴⁴ Physical AI Market Size, Growth Industry Report, 2026–2035 // Kaiso Research and Consulting. URL: <https://www.kaisoresearch.com/report-store/global-physical-ai-market> (дата обращения: 11.06.2026).

Тренд 2. Эволюция сенсорных систем и мультимодальная перцепция

Совершенствование трехмерных времяпролетных камер (ToF), тактильных полимерных покрытий и силомоментных датчиков обеспечивает прецизионный контроль взаимодействия робота с внешней средой [28–30]. Сенсорное комплексирование формирует комплексное представление о состоянии среды и позволяет организовать совместную работу в общем пространстве без физических ограждений [30–32].

Тренд 3. Мобильная коллаборативная робототехника

Интеграция коллаборативных манипуляторов с автономными мобильными роботами (AMR) формирует новый класс мобильных коллаборативных роботов, способных к перемещению в производственной среде. Согласно данным ABI Research⁴⁵, мобильные роботы являются крупнейшим сегментом рынка с объемом 30 млрд долл. в 2025 г. и прогнозируемым ростом до 75 млрд долл. к 2030 г. при среднегодовом темпе роста 16,5%. Технологии одновременной локализации и построения карт (SLAM) обеспечивают навигацию в неизвестной среде без предварительного картирования⁴⁶.

Тренд 4. Программно-определяемые архитектуры и цифровые двойники

Наблюдается переход от проприетарных контроллеров к открытым программным экосистемам, основанным на ROS 2 и OPC UA [33, 34]. Согласно прогнозам ABI Research⁴⁷, к 2030 г. 84% выручки от программного

⁴⁵ Chowdhury G. The Global Robotics Market Outlook // ABI Research. URL: <https://www.abiresearch.com/blog/global-robotics-market-outlook> (дата обращения: 11.06.2026).

⁴⁶ SLAM navigation and how it impacts robotics // Mecalux. URL: <https://www.mecalux.com/blog/slam-navigation-robotics> (дата обращения: 11.06.2026).

⁴⁷ Chowdhury G. The Global Robotics Market Outlook // ABI Research. URL: <https://www.abiresearch.com/blog/global-robotics-market-outlook> (дата обращения: 11.06.2026).

обеспечения для робототехники будет формироваться за счет развертывания мобильных роботов. Цифровые двойники производственных ячеек позволяют осуществлять виртуальную отладку, симуляцию отказов и оптимизацию траекторий до физического развертывания, что минимизирует риски и сокращает время ввода в эксплуатацию [4]. При этом усложнение человеко-машинных систем (коботы, ИИ, цифровые двойники, ИИ-агенты) требует пересмотра инструментов управления, поскольку традиционные нотации бизнес-процессов не описывают физическое взаимодействие и когнитивную нагрузку оператора. В этой связи предлагается метод BPMES, вводящий типизированных агентов, физические потоки и зоны безопасности с верификацией, что позволяет менеджерам самостоятельно проектировать и оценивать эргатические системы без привлечения узких технических экспертов [35].

Тренд 5. Сервисные бизнес-модели «Робот как услуга» (Robot-as-a-Service, RaaS)

Подписочные модели взаимодействия, предусматривающие аренду оборудования, использование облачного программного обеспечения, удаленный мониторинг и предиктивное обслуживание, обеспечивают перевод капитальных затрат в категорию операционных расходов. Аналитические агентства прогнозируют, что доля контрактов по модели «Робот как услуга» будет существенно расти, постепенно становясь доминирующей для малых и средних предприятий⁴⁸.

⁴⁸ Chowdhury G. The Global Robotics Market Outlook // ABI Research. URL: <https://www.abiresearch.com/blog/global-robotics-market-outlook> (дата обращения: 11.06.2026); Collaborative Robots Market Size and Share // Mordor Intelligence. URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/collaborative-robot-market> (дата обращения: 11.06.2026); Global Collaborative Robot Market // IMARC. URL: <https://www.imarcgroup.com/collaborative-robot-market> (дата обращения: 11.06.2026); Collaborative Robot Market // Next Move Strategy Consulting. URL: <https://www.nextmsc.com/report/collaborative-robot-market> (дата обращения: 11.06.2026).

Тренд 6. Демократизация программирования

Распространение интуитивных графических интерфейсов с функцией перетаскивания элементов (drag-and-drop), кинематического видения, обработки естественного языка посредством команд на основе больших языковых моделей и дополненной реальности для визуализации траекторий снижает барьер входа [13]. Согласно данным ABI Research⁴⁹, стандартизированные низкокодовые платформы делают коботов доступными для предприятий, не обладающих опытом автоматизации [34].

Тренд 7. Расширение функционального диапазона

Параллельное развитие тяжелых моделей коллаборативных роботов грузоподъемностью от 20 до 25 кг, таких как FANUC CRX-30iA и JAKA Zu 30, а также ультралегких систем для электронной и медицинской промышленности расширяет спектр их применения [4]. Использование композитных материалов позволяет снизить массу манипуляторов и повысить энергоэффективность [36, 37].

Тренд 8. Робототехнические базовые модели (Robotics Foundation Models) и гуманоидные роботы

Робототехнические базовые модели обеспечивают обобщение накопленного опыта и перенос навыков на новые задачи без необходимости перепрограммирования [38]. Согласно прогнозу ABI Research⁵⁰, объем рынка гуманоидных роботов к 2030 г. достигнет 6,5 млрд долл. при среднегодовом темпе роста 138%. Оценки других агентств несколько

⁴⁹ Chowdhury G. The Global Robotics Market Outlook // ABI Research. URL: <https://www.abiresearch.com/blog/global-robotics-market-outlook> (дата обращения: 11.06.2026).

⁵⁰ Humanoid Robot Market Size, 2024 to 2030 // ABI Research. URL: <https://www.abiresearch.com/news-resources/chart-data/humanoid-robot-market-size-outlook> (дата обращения: 11.06.2026).

ниже, например MarketsandMarkets⁵¹ прогнозирует 15,26 млрд долл. к 2030 г. при CAGR 39,2%, тогда как Grand View Research⁵² приводит более сдержанную оценку в 4,04 млрд долл. к 2030 г. при CAGR 17,5%. Однако масштабное внедрение гуманоидных роботов сдерживается дефицитом данных для обучения и валидации моделей в условиях реальной физической среды, необходимостью обеспечения безопасности VLA-систем, а также сложностью переноса навыков, сформированных в симуляционной среде, в реальные производственные процессы, что ограничивает возможности их массового внедрения в краткосрочной перспективе.

Анализ российского рынка промышленной и коллаборативной робототехники: текущее состояние, объем российского рынка, отраслевая структура спроса, производители и интеграторы

По итогам 2025 г. объем российского рынка промышленной робототехники достиг 7,86 млрд руб., что на 14% превышает показатель предыдущего года⁵³. Для сравнения: в 2024 г., согласно оценке Минпромторга⁵⁴, совокупный рынок робототехники составил 10,3 млрд руб., что на треть больше по срав-

нению с 2023 г. Объем отечественного производства в 2024 г. увеличился в 4,5 раза, достигнув 7,6 млрд руб., тогда как в 2023 г. данный показатель составлял 1,7 млрд руб.

Согласно данным Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации⁵⁵, полученным по форме федерального статистического наблюдения № 1-робототехника «Сведения о применении промышленной робототехники на обрабатывающем производстве» за 2025 г., совокупная численность занятых в обследованных организациях обрабатывающей промышленности составила 4 210 543 человека. Парк промышленных роботов в российских организациях составил 21 740 ед., дополнительно эксплуатировалось 4676 ед. складских и логистических роботов, что в сумме образует 26 416 ед. робототехнического оборудования. По сравнению с парком промышленных роботов на конец 2024 г. (20 864 ед.) прирост составил 4,2%. За два года эксплуатационный парк промышленных роботов увеличился приблизительно на 69%. По итогам 2025 г. плотность роботизации в обрабатывающей промышленности России составила 40 ед. на 10 000 занятых, что на 36% превышает показатель предыдущего года (29 ед. на конец 2024 г., по данным ИСИЭЗ НИУ ВШЭ⁵⁶) и свидетельствует о реальном, однако умеренном росте уровня автоматизации производства⁵⁷. Несмотря на положительную динамику, данный показатель существенно уступает среднемировому значению (177 ед. на 10 000 занятых, по данным IFR за 2024 г.) [4], что указывает на значительный потенциал дальнейшей роботизации российской промышленности.

⁵¹ Humanoid Robot Market Size, Share & Trends, 2025 To 2030 // MarketsandMarkets. URL: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/humanoid-robot-market-99567653.html> (дата обращения: 11.06.2026).

⁵² Humanoid Robot Market Size (2026–2033) // Grand View Research. URL: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/humanoid-robot-market-report> (дата обращения: 11.06.2026).

⁵³ Исследование рынка промышленной робототехники 2025 // Университет Иннополис. URL: https://innopolis.university/filespublic/Industrial_Robotics_Market_Research_2025.pdf?ysclid=mpz5fm01r344653117 (дата обращения: 11.06.2026).

⁵⁴ Минпромторг заявил о росте в 4,5 раза производства промышленной робототехники за 2024 г. // Интерфакс. URL: <https://www.interfax.ru/russia/1028313> (дата обращения: 11.06.2026).

⁵⁵ Робототехника // Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/science#> (дата обращения: 11.06.2026).

⁵⁶ Лозинский С.В., Кудрин Д.А. Год ускоренной роботизации // НИУ ВШЭ. 2025. URL: <https://issek.hse.ru/news/1053851356.html> (дата обращения: 11.06.2026).

⁵⁷ Плотность роботизации в России в 2025 году увеличится на 36% // Коммерсантъ. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/8270418> (дата обращения: 11.06.2026).

По данным Росстата за 2025 г., региональное распределение парка промышленных роботов в России характеризуется выраженной концентрацией (табл. 5). В первую десятку регионов входят Санкт-Петербург, где насчитывается 1940 промышленных роботов и дополнительно 331 логистический, Московская область (1889 и 492 соответственно), Самарская область (1870 и 441), Москва (1535 и 394), Республика Татарстан (1406 и 244), а также Нижегородская область с 1031 ед., Ленинградская область с 895 ед., Калининградская область с 854 ед., Калужская область с 818 ед. и Челябинская область с 816 ед. Совокупный парк десяти ведущих регионов составляет около 13 054 промышленных роботов, что эквивалентно 60% национального парка. В разрезе федеральных округов лидирующие позиции занимают Центральный (7393 ед., 34%) и Приволжский (6375 ед., 29%) округа. Далее следуют Севе-

ро-Западный округ с 3998 ед. (18%) и Уральский округ с 1748 ед. (8%).

Данные Росстата за 2025 г. позволяют провести детализированный анализ отраслевой структуры применения промышленной робототехники в Российской Федерации. Распределение парка по десяти крупнейшим отраслям-потребителям представлено в таблице 6.

Автомобильная промышленность остается безусловным лидером, аккумулируя 22,8% национального парка промышленных роботов. Внутри отрасли наиболее роботизированными направлениями выступают производство автотранспортных средств (3438 ед.) и производство комплектующих и принадлежностей (1413 ед.).

Существенной особенностью российской отраслевой структуры является высокая доля производства резиновых и пластмассовых изделий, достигающая 13,5%. Этот показатель заметно превосходит среднемировые пропорции и объясняется активным ростом

Таблица 5. Парк роботов по федеральным округам, 2025 г.

Table 5. Robot stock by federal districts, 2025

№ п/п No.	Федеральный округ <i>Federal district</i>	Промышленные роботы, шт. <i>Industrial robots, units</i>	Складские роботы, шт. <i>Warehouse robots, units</i>
1	Центральный <i>Central</i>	7393	1498
2	Приволжский <i>Volga</i>	6375	1370
3	Северо-Западный <i>Northwestern</i>	3998	553
4	Уральский <i>Ural</i>	1748	297
5	Южный <i>Southern</i>	910	438
6	Сибирский <i>Siberian</i>	905	293
7	Дальневосточный <i>Far Eastern</i>	176	156
8	Северо-Кавказский <i>North Caucasian</i>	235	71

Источник: составлено авторами по данным Федеральной службы государственной статистики.

Таблица 6. Топ-10 отраслей – потребителей промышленных роботов в России, 2025 г.

Table 6. Top 10 consumer industries of industrial robots in Russia, 2025

Место <i>Rank</i>	Отрасль <i>Industry</i>	Промышленные роботы, ед. <i>Industrial robots, units</i>	Доля, % <i>Share, %</i>
1	Производство автотранспортных средств <i>Manufacture of motor vehicles</i>	4966	22,8
2	Производство резиновых и пластмассовых изделий <i>Manufacture of rubber and plastic products</i>	2930	13,5
3	Производство готовых металлических изделий <i>Manufacture of fabricated metal products</i>	2743	12,6
4	Производство пищевых продуктов <i>Manufacture of food products</i>	1862	8,6
5	Производство компьютеров, электронных и оптических изделий <i>Manufacture of computers, electronic and optical products</i>	1612	7,4
6	Производство электрического оборудования <i>Manufacture of electrical equipment</i>	1565	7,2
7	Производство машин и оборудования <i>Manufacture of machinery and equipment</i>	1108	5,1
8	Производство прочей неметаллической минеральной продукции <i>Manufacture of other non-metallic mineral products</i>	1104	5,1
9	Производство прочих транспортных средств <i>Manufacture of other transport equipment</i>	637	2,9
10	Производство прочих готовых изделий <i>Manufacture of other finished products</i>	434	2,0

Источник: составлено авторами по данным Федеральной службы государственной статистики.

упаковочных и пластмассовых производств. Производство пищевых продуктов занимает четвертую позицию с долей 8,6%, при этом лидерство среди подсегментов принадлежит хлебобулочным изделиям (465 ед.), производству прочих пищевых продуктов (442 ед.) и готовым кормам для животных (222 ед.). Высокая доля пищевой отрасли обусловлен растущей потребностью в коллаборативных роботах, адаптированных к санитарно-гигиеническим нормам, а также необходимостью автоматизации процессов упаковки, сортировки и паллетирования.

В сегменте складских и логистических роботов ведущие позиции удерживают произ-

водства автотранспортных средств (712 ед.), пищевых продуктов (646 ед.) и готовых металлических изделий (512 ед.). Такой сегмент спроса неразрывно связан с экспансией электронной коммерции. Согласно данным⁵⁸, объем российского рынка интернет-торговли в 2023 г. превысил 7,9 трлн руб., а к 2028 г.

⁵⁸ Использование промышленных роботов: обзор рынка робототехники в России и мире // Делпроф-консалт. 2024. URL: <https://delprof.ru/press-center/open-analytics/ispolzovanie-promyshlennykh-robotov-obzor-rynka-robototekhniki-v-rossii-i-mire/> (дата обращения: 11.06.2026); Семёнова А. Робот или кобот // Промышленные страницы. URL: <https://indpages.ru/robots/robot-ili-kobot/> (дата обращения: 11.06.2026).

прогнозируется его увеличение до 20,5 трлн руб. Подобная динамика выступает прямым драйвером спроса на автономные роботы (AMR) и коллаборативные манипуляторы для складских комплексов.

Согласно результатам отраслевого опроса, проведенного в 2025 г. Центром развития промышленной робототехники Университета Иннополис среди 71 компании⁵⁹, наиболее востребованными процессами роботизации в России выступают сварка и паллетирование (каждый из этих вариантов отметили 37% респондентов), обслуживание станков и маркировка (по 36% опрошенных), а также нанесение покрытий и обработка поверхностей (26% респондентов). При этом 55% участников рынка функционируют в секторе машиностроения и металлообработки, а 33% относятся к автомобильной промышленности.

По оценке Университета Иннополис⁶⁰, объем российского рынка промышленной робототехники по итогам 2025 г. достиг 7,86 млрд руб., что на 14% превышает показатель предыдущего года и соответствует расчетной базе 2024 г., составляющей приблизительно 6,9 млрд руб. Альтернативная оценка, подготовленная консалтинговой компанией «Кэпт Налоги и Консультирование»⁶¹, определяет совокупный объем рынка с учетом интеграционных услуг, программного обеспечения и сервисного обслуживания в диапазоне от 60 до 75 млн долл. (порядка 5,4–6,75 млрд руб. по среднегодовому курсу), что отражает расширенный периметр оценки по сравнению с данными Иннополиса.

По данным Международной федерации робототехники, доля коллаборативных роботов

в общемировом объеме установок промышленных роботов увеличилась с 2,8% (11 тыс. ед.) в 2017 г. до 10,5% (57 тыс. ед.) в 2023 г. и достигла приблизительно 12% (более 64 500 ед., что соответствует росту на 13,8% в годовом исчислении) в 2024 г.⁶² По оценке Interact Analysis⁶³, мировые поставки коллаборативных роботов в 2025 г. составили около 57 тыс. ед., увеличившись на 14,5% по сравнению с предыдущим годом. В соответствии с прогнозной оценкой агентства⁶⁴, в 2025–2030 гг. поставки коботов будут увеличиваться в среднем на 17,3% ежегодно и к 2030 г. достигнут 128,9 тыс. ед. Российский рынок коллаборативных роботов к 2030 г. увеличится в 5 раз по сравнению с текущим уровнем, а доля предприятий, применяющих коботов в производственных процессах, может достичь 20%⁶⁵.

По состоянию на 2024 г. российский рынок коллаборативной робототехники насчитывал 20 отечественных производителей, 152 системных интегратора и 25 компаний – производителей компонентов⁶⁶. К числу наиболее значимых отечественных производителей

⁶² Automotive leads new installs: IFR data for Europe and world 2024 // Plastech. URL: <https://www.plastech.biz/en/news/Automotive-leads-new-installs-IFR-data-for-Europe-and-world-21294> (дата обращения: 11.06.2026).

⁶³ Collaborative Robot Shipments Grow 14.5% in 2025, with 17.3% Growth Forecast from 2026 // Interact Analysis. URL: <https://interactanalysis.com/strong-growth-forecast-collaborative-robot-shipments/> (дата обращения: 21.09.2026).

⁶⁴ Strong 17.3% Growth Forecast for Collaborative Robot Shipments from 2025–30 // Interact Analysis. URL: <https://interactanalysis.com/strong-growth-forecast-collaborative-robot-shipments/> (дата обращения: 21.09.2026).

⁶⁵ Восстания машин не будет: к 2030 году до 20% российских производств частично заменят традиционных роботов на коботов // CNews. URL: https://www.cnews.ru/news/line/2025-09-23_vosstaniya_mashin_ne_budet (дата обращения: 11.06.2026).

⁶⁶ Исследование рынка промышленной робототехники 2025 // Университет Иннополис. URL: https://innopolis.university/filespublic/Industrial_Robotics_Market_Research_2025.pdf?ysclid=mpz5fm01r344653117 (дата обращения: 11.06.2026).

⁵⁹ Исследование рынка промышленной робототехники 2025 // Университет Иннополис. URL: https://innopolis.university/filespublic/Industrial_Robotics_Market_Research_2025.pdf?ysclid=mpz5fm01r344653117 (дата обращения: 11.06.2026).

⁶⁰ Там же.

⁶¹ Исследование рынка промышленной робототехники // Кэпт. URL: <https://assets.kept.ru/upload/pdf/2025/03/ru-industrial-robotics-market-kept-research.pdf> (дата обращения: 11.06.2026).

промышленных и коллаборативных роботов относятся:

- ООО «Завод роботов» (Челябинск, дочернее предприятие Челябинского кузнечно-прессового завода), проектная мощность первой очереди которого составляет до 600 промышленных роботов в год с потенциалом расширения до 1000 ед.;
- АО «Эйдос Робототехника» (Казань, резидент Инновационного центра «Сколково»);
- ООО «Промобот» (Пермь), являющийся первым в России серийным производителем коллаборативных роботов и представивший в 2025 г. манипулятор Promobot M13 грузоподъемностью 13 кг, включенный в реестр Минпромторга;
- ООО «РобоПро» (Москва), производитель коллаборативных роботов, выручка которого в 2024 г. возросла на 195%;
- АО ПК НПО «Андроидная техника» (Магнитогорск), разрабатывающее робототехнические решения двойного назначения;
- ООО «Технорэд», ООО «Тесвел», ООО «Роботех», ООО «Аркодим-Про», ООО «Битроботикс», ООО «Валдай Роботы» и ООО «Невлабс», специализирующиеся на выпуске манипуляционных, сварочных и логистических роботов.

В соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 7 мая 2024 г. № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» вхождение России в число 25 ведущих стран мира по показателю плотности роботизации закреплено в качестве целевого показателя национальной цели «Устойчивая и динамичная экономика»⁶⁷. Для достижения указанной цели Министерство промышленности и торговли РФ в рамках национального проекта «Средства производства и автоматизации» формирует феде-

ральный проект «Развитие промышленной робототехники и автоматизации производства» на период с 2025 по 2030 г. с общим объемом финансирования порядка 350 млрд руб., выделяемых из федерального бюджета⁶⁸.

По данным ИСИЭЗ НИУ ВШЭ⁶⁹, достижение целевой плотности роботизации обрабатывающей промышленности в 145 ед. на 10 000 занятых к 2030 г. при неизменной численности работников на уровне 2024 г. обуславливает необходимость расширения парка промышленных роботов до 102 тыс. ед., что эквивалентно среднегодовому вводу порядка 13,7 тыс. единиц. В соответствии с более консервативными оценками Университета Иннополис, требуемый парк определяется на уровне 104 тыс. ед. к 2030 г.⁷⁰, тогда как по расчетам компании «Кэпт» он должен составить 123 тыс. ед. при достижении плотности 194 ед. на 10 000 работников⁷¹.

К числу ключевых мер государственной поддержки промышленной робототехники относятся следующие:

- субсидирование скидки при приобретении промышленных роботов осуществляется через механизм, в соответствии с которым производитель предоставляет покупателю скидку, а государство компенсирует производителю недополученный доход

⁶⁸ На федеральный проект промышленной робототехники планируется направить около 350 млрд руб. до 2030 года // IST Moscow. URL: <https://ict.moscow/news/na-federalnyi-proekt-promyshlennoi-robototekhniki-planiruetsia-napravit-okolo-350-mlrd-rub-do-2030-goda/> (дата обращения: 11.06.2026).

⁶⁹ Лозинский С. В., Кудрин Д. А. Год ускоренной роботизации // НИУ ВШЭ. 2025. URL: <https://issek.hse.ru/news/1053851356.html> (дата обращения: 11.06.2026).

⁷⁰ Исследование рынка промышленной робототехники 2025 // Университет Иннополис. URL: https://innopolis.university/filespublic/Industrial_Robotics_Market_Research_2025.pdf?ysclid=mpz5fm01r344653117 (дата обращения: 11.06.2026).

⁷¹ Исследование рынка промышленной робототехники // Кэпт. URL: <https://assets.kept.ru/upload/pdf/2025/03/ru-industrial-robotics-market-kept-research.pdf> (дата обращения: 11.06.2026).

⁶⁷ Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2024 г. № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» // Официальный сайт Президента России. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/50542> (дата обращения: 11.06.2026).

в рамках действующих программ стимулирования спроса на роботизацию. Программы включают промышленный кешбэк, предусматривающий компенсацию до 50% стоимости робота и до 20% затрат на приобретение и внедрение робототехнических комплексов. Данные меры реализуются на основании решений Минпромторга России и подзаконных актов, принятых в развитие постановлений Правительства РФ от 25 октября 2023 г. № 1780 и № 1781⁷²;

- льгота по налогу на прибыль позволяет налогоплательщику при формировании первоначальной стоимости промышленных роботов, включенных в перечень российского высокотехнологичного оборудования, учитывать соответствующие расходы с применением коэффициента 2 (абз. 3 п. 1 ст. 257 НК РФ и распоряжение Правительства РФ от 20 июля 2023 г. № 1937-р)⁷³;
- в рамках Кластерной инвестиционной платформы реализуется механизм льготного кредитования, предусматривающий предоставление промышленным предприятиям кредитов объемом от 2 до 100 млрд руб. на инвестиционные проекты. Льготная ставка до 31 марта 2026 г. рассчитывается как 0,3 ключевой ставки Банка России плюс 3 п. п., при этом она не может превышать 7,35%. После указанной даты применяется обновленная формула с предельным значением ставки не выше 11,5%. Период льготного кредитования охватывает инвестиционную фазу проекта и два года после ее завершения⁷⁴;

⁷² РФ ускоряет темпы роботизации: Минпромторг России представил меры поддержки и цели национального проекта на пленарной сессии в Перми // Минпромторг России. URL: <https://crp.gov.ru/news/rossiya-uskoryaet-tempy-robotizatsii-minpromtorg-predstavil-mery-podderzhki-tseli-natsionalnogo-pr/> (дата обращения: 11.06.2026).

⁷³ Письмо Департамента налоговой политики Минфина России от 26 января 2026 г. № 03-03-06/1/4857 // Гарант. URL: <https://base.garant.ru/413653444/> (дата обращения: 11.06.2026).

⁷⁴ Кластерная инвестиционная платформа (КИП) // ГИСП. URL: <https://gisp.gov.ru/nmp/measure/12448166> (дата обращения: 11.06.2026).

- субсидирование научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) осуществляется в соответствии с постановлением Правительства РФ от 12 декабря 2019 г. № 1649, предусматривающим компенсацию до 70% фактически понесенных затрат организаций на проведение НИОКР по современным технологиям в рамках реализации инновационных проектов⁷⁵;
- формирование к 2030 г. сети из 30 центров развития промышленной робототехники во всех федеральных округах; головной федеральный центр функционирует на базе Университета Иннополис⁷⁶.

По оценкам Сектора аналитических исследований Университета Иннополис, при консервативном сценарии, не учитывающем усиление мер государственной поддержки, российский парк промышленных роботов будет расти примерно с темпом 12% в год, соответствующим среднемировому уровню, что не позволит к 2030 г. достичь целевого показателя в 100 тыс. ед. Целевой сценарий, учитывающий аспекты госполитики и сохранения мер господдержки, предполагает достижение среднегодового темпа роста парка около 32% и увеличение его объема приблизительно до 104 тыс. роботов к 2030 г.⁷⁷

Применительно к сегменту коллаборативной робототехники в России в открытых источ-

⁷⁵ Субсидии на финансовое обеспечение части затрат на проведение НИОКР по современным технологиям в рамках реализации инновационных проектов // ГИСП. URL: <https://gisp.gov.ru/nmp/measure/10902608> (дата обращения: 11.06.2026).

⁷⁶ К 2030 году в России выделят более 15 млрд рублей на создание центров развития робототехники // Минпромторг России. URL: <https://crp.gov.ru/news/k-2030-godu-v-rossii-vydelyat-bolee-15-mlrd-rub-na-sozдание-tsentrov-razvitiya-robototekhniki/> (дата обращения: 11.06.2026).

⁷⁷ Исследование рынка промышленной робототехники 2025 // Университет Иннополис. URL: https://innopolis.university/filespublic/Industrial_Robotics_Market_Research_2025.pdf?ysclid=mpz5fm01r344653117 (дата обращения: 11.06.2026).

никах отсутствуют детальные количественные прогнозы по парку и объему рынка коботов, сопоставимые по глубине с оценками по рынку промышленных роботов в целом. Вместе с тем консалтинговые и отраслевые исследования указывают, что рынок коллаборативных роботов в стране может вырасти в несколько раз к 2030 г., а доля предприятий, использующих коботов, приблизится к 20%, что соответствует мировому тренду на ускоренный рост этого сегмента и увеличению его доли в общих поставках промышленных роботов⁷⁸.

⁷⁸ Восстания машин не будет: к 2030 году до 20% российских производств частично заменят традиционных роботов на коботов // CNews. URL: https://www.cnews.ru/news/line/2025-09-23_vosstaniya_mashin_ne_budet (дата обращения: 11.06.2026); Шилин И. Рынок промышленных роботов России: рост на фоне глобального замедления // Мегаресерч. URL: https://www.megaresearch.ru/new_reality/rynok-promyshlennyh-robotov-rossii-rost-na-fone-globalnogo-zamedleniya (дата обращения: 11.06.2026).

Барьеры развития российского рынка коллаборативной робототехники

В 2025 г. Росстат опубликовал систематизированные данные о причинах, сдерживающих внедрение промышленных роботов, полученные по результатам сплошного обследования 189 204 организаций. Основные барьеры, ограничивающие распространение промышленной робототехники в России, представлены в таблице 7.

Основным препятствием, сдерживающим внедрение промышленных роботов, выступает отсутствие необходимости, на которую указали 78,5% организаций (148 597 из 189 204). Вместе с тем по мере нарастания дефицита производственного персонала и роста фонда оплаты труда в обрабатывающей промышленности данный барьер может постепенно ослабевать, создавая условия для расширения спроса на роботизированные решения.

Таблица 7. Барьеры внедрения промышленных роботов в России, по данным федерального статистического наблюдения, Росстат, 2025 г.

Table 7. Barriers to the adoption of industrial robots in Russia according to federal statistical observation, Rosstat, 2025

№ п/п No.	Барьер <i>Barrier</i>	Число организаций <i>Number of organizations</i>	Доля* от 189 204, % <i>Share of 189 204, %</i>
1	Отсутствие необходимости в использовании <i>No need to use</i>	148 597	78,5
2	Недостаток собственных денежных средств <i>Lack of own financial resources</i>	47 870	25,3
3	Отсутствие финансово-хозяйственной деятельности <i>Lack of financial and economic activity</i>	46 400	24,5
4	Недостаток квалифицированных специалистов <i>Lack of qualified specialists</i>	39 774	21,0
5	Недостаток финансовой поддержки государства <i>Lack of government financial support</i>	37 463	19,8
6	Другие причины <i>Other reasons</i>	31 573	16,7

Примечание: * – сумма долей превышает 100%, поскольку организации могли указывать несколько причин одновременно.

Источник: составлено авторами по данным Федеральной службы государственной статистики.

По оценке Минпромторга России, дефицит кадров в обрабатывающей промышленности составляет около 1,9 млн чел.⁷⁹, а средняя заработная плата в отрасли по итогам 2024 г. достигла 87 952 руб. в месяц, увеличившись на 18,3% в номинальном выражении относительно 2023 г.⁸⁰ Согласно прогнозам, к 2030 г. кадровый дефицит в обрабатывающем секторе возрастет до 0,8–1,1 млн чел.⁸¹, что формирует устойчивый долгосрочный стимул к автоматизации производственных процессов.

Финансовые барьеры занимают второе и пятое место в структуре препятствий, при этом недостаток собственных средств отметили 25,3% организаций (47 870), а недостаток государственной поддержки – 19,8% (37 463). В совокупности финансовые ограничения затрагивают 57% обследованных предприятий, поскольку организации нередко указывали обе причины одновременно. Это подтверждает критическую важность механизмов субсидирования для активизации роботизации, так как стоимость одного промышленного робота составляет от 1,5 до 5 млн руб., а стоимость полного комплекса достигает 12 млн руб., что без государственной поддержки остается экономически недоступным для большинства малых и средних предприятий⁸².

⁷⁹ Минпромторг оценил дефицит кадров в обрабатывающей промышленности в 1,9 млн человек // Интерфакс. URL: <https://www.interfax.ru/russia/1022485> (дата обращения: 11.06.2026).

⁸⁰ Подцероб М. Зарплаты в промышленном секторе выросли в России в среднем на 307% за шесть лет // Ведомости. URL: <https://www.vedomosti.ru/management/articles/2024/06/28/1046928-zarplati-promishlennom-virosli> (дата обращения: 11.06.2026).

⁸¹ Пятилетка дефицита // Яков и Партнеры. URL: <https://yakovpartners.ru/publications/issledovanie-rynka-truda-rossiyskoy-federatsii/> (дата обращения: 11.06.2026).

⁸² МСП и роботы: как преодолеть барьеры и сократить технологический разрыв – Эксперт МСП «Новая Формация» // Регионы России. URL: <https://rrmag.ru/2025/10/27/msp-i-roboty-kak-preodolet-barery-i-sokratit-tehnologicheskij-razryv-ekspert-msp-novaya-formacziya/> (дата обращения: 11.06.2026).

Кадровый дефицит, отмеченный 21% организаций (39 774 ед.), занимает четвертую позицию в общей структуре барьеров и третье место среди объективных экономических препятствий. Этот результат согласуется с выводами отраслевых исследований. По оценке Консорциума робототехники и систем интеллектуального управления, совокупный дефицит специалистов в области робототехники в России составляет порядка 60 тыс. чел., из которых 40 тыс. необходимы непосредственно на производственных предприятиях для внедрения роботов, около 15 тыс. требуются для их разработки и изготовления и не менее 20 тыс. нужны для интеграции в производственные процессы⁸³. Данные Университета Иннополис дополнительно свидетельствуют о том, что 71% компаний отрасли нуждаются в дополнительном обучении или переподготовке персонала по робототехническим программам, а 43% испытывают острую нехватку инженеров по автоматизации⁸⁴.

На основе данных Росстата и отраслевых обзоров выделены следующие специфические барьеры развития российского рынка коллаборативных роботов.

Во-первых, сохраняется высокая технологическая и компонентная зависимость российского производства роботов, в том числе коллаборативных. Критические узлы, включая гармонические редукторы, прецизионные сервоприводы, высокоточные энкодеры, промышленные контроллеры и системы технического зрения, преимущественно поставляются из КНР и стран Юго-Восточной Азии. До-

⁸³ Устинов А. В России не хватает 60 000 специалистов по робототехнике // Ведомости. URL: <https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2024/12/06/1079917-60-000-spetsialistov-robototekhnike> (дата обращения: 11.06.2026).

⁸⁴ Исследование рынка промышленной робототехники 2025 // Университет Иннополис. URL: https://innopolis.university/filespublic/Industrial_Robotics_Market_Research_2025.pdf?ysclid=mpz5fm01r344653117 (дата обращения: 11.06.2026).

ля Китая в импорте промышленных роботов выросла с 11,6% в 2021 г. до более чем 65% к 2025 г.⁸⁵ Уровень локализации производства даже у ведущих отечественных производителей в 2024 г. в среднем не превышал 35–40%⁸⁶, тогда как себестоимость российских роботов значительно превышает стоимость китайских аналогов вследствие сильной зависимости от импортных комплектующих⁸⁷. Ограниченность собственного производства ключевых электронных и механических компонентов продолжает выступать структурным фактором, сдерживающим импортозамещение в отрасли.

Во-вторых, остро ощущается дефицит интеграционных мощностей. Согласно данным исследования Университета Иннополис и Кэпт, в России насчитывается около 152 активных системных интеграторов, средняя производительность каждого из которых составляет от 5 до 25 ед. робототехнического оборудования в год, а совокупный потенциал отрасли не превышает 4–6 тыс. ед. в год⁸⁸. Между тем для достижения целевого показателя, который предполагает вхождение России в число 25 ведущих стран по плотности роботизации и доведение парка до 145 роботов на 10 000 работников к 2030 г., потребуется внедрить порядка 80 тыс. промышлен-

ных роботов⁸⁹, что кратно превосходит текущие возможности интеграторов. Для сравнения: в Китае в период с 2013 по 2017 г. число компаний-интеграторов достигло 6500, что обеспечило экспоненциальный рост глубины проникновения робототехники в промышленность.

В-третьих, официальная статистика Росстата подтверждает наличие кадрового барьера, поскольку 21,0% обследованных организаций (39 774 из 189 204) указали недостаток квалифицированных специалистов в качестве непосредственной причины отказа от использования промышленных роботов. Согласно оценке Консорциума робототехники и систем интеллектуального управления, для достижения национальных целей роботизации к 2030 г. требуется подготовить не менее 60 тыс. специалистов, в том числе около 30–40 тыс. для внедрения роботов непосредственно на производственных предприятиях, 12–15 тыс. для их проектирования и изготовления и не менее 20 тыс. для системной интеграции⁹⁰. Опрос, проведенный Университетом Иннополис, фиксирует острую нехватку специалистов по автоматизации (отметили 43% опрошенных компаний), конструкторов (41%), инженеров-электронщиков (35%), программистов (31%) и схемотехников (26%)⁹¹. Образовательные

⁸⁵ Российский рынок промышленных роботов: Китайский импорт растет в 4 раза быстрее производства // Tebiz Group. URL: <https://tebiz.ru/rossijskij-rynok-promyshlennyh-robotov-kitajskij-import-rastet-v-4-raza-bystree-proizvodstva> (дата обращения: 11.06.2026).

⁸⁶ Белозерская Н. Как меняется рынок робототехники в России? // Промышленные страницы. URL: <https://indpages.ru/robots/kak-menyaetsya-rynok-robototekhniki-v-rossii/> (дата обращения: 11.06.2026).

⁸⁷ В России появится унифицированный стандарт ПО для промышленных роботов // Service News. URL: <https://servernews.ru/1120395> (дата обращения: 11.06.2026).

⁸⁸ Исследование рынка промышленной робототехники // Кэпт. URL: <https://assets.kept.ru/upload/pdf/2025/03/ru-industrial-robotics-market-kept-research.pdf> (дата обращения: 11.06.2026).

⁸⁹ Правительство вложит более 40 млрд рублей в роботизацию промышленности // РСТ. URL: <https://www.rctest.ru/news/pravitelstvo-vlozhit-bolee-40-mlrd-v-robotizatsiyu-promyshlennosti.html> (дата обращения: 11.06.2026).

⁹⁰ Круглый стол «Кадры для роботизации: как подготовить инженеров будущего?» // Центр мониторинга развития промышленности. URL: <https://www.cmnp.ru/news/view/kruglyj-stol-kadry-dla-robotizacii-kak-podgotovit-inzenеров-budusego> (дата обращения: 11.06.2026); Устинов А. В России не хватает 60 000 специалистов по робототехнике // Ведомости. URL: <https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2024/12/06/1079917-60-000-spetsialistov-robototekhnike> (дата обращения: 11.06.2026).

⁹¹ Дефицит инженеров и патентов: Университет Иннополис выявил точки роста для рынка робототехники в России // НАУПР. URL: <https://robotunion.ru/media/news/tpost/vsamnofcs1-defitsit-inzhenerov-i-patentov-universit> (дата обращения: 11.06.2026).

программы по направлению 15.03.06 «Мехатроника и робототехника» реализуются в 91 вузе страны⁹², однако текущие темпы выпуска специалистов не покрывают прогнозируемый рост потребностей промышленности, при этом Минпромторг планирует до 2030 г. подготовить свыше 5 тыс. профильных студентов и 5 тыс. действующих сотрудников предприятий на базе 30 учебных центров⁹³.

В-четвертых, финансовые ограничения продолжают выступать существенным барьером для роботизации. По данным Росстата, 25,3% организаций (47 870) указали на нехватку собственных денежных средств, а 19,8% организаций (37 463) отметили недостаток финансовой поддержки со стороны государства. При этом действующие меры государственной поддержки остаются слабо востребованными. Согласно данным исследования Кэпт, более 77% промышленных предприятий финансируют внедрение робототехники исключительно за счет собственных средств, не прибегая к государственным программам, а 67% системных интеграторов также не используют доступные инструменты поддержки⁹⁴. В числе основных причин выступают недостаточная информированность о механизмах субсидирования, несоответствие критериям локализации, которые установлены постановлением Правительства РФ № 719, административные барьеры при оформлении заявок и риски, обусловленные обязательной отчетностью по полу-

ченным субсидиям. Дополнительным ограничением инвестиционной активности выступает высокий уровень ключевой ставки Банка России, который обуславливает высокую стоимость заемного капитала, а также ограниченный доступ к лизинговым программам и модели «Робот как услуга» при средних сроках окупаемости проектов от 3 до 5 лет. В результате роботизация становится малодоступной прежде всего для малых и средних предприятий.

В-пятых, сдерживающим фактором выступают низкая осведомленность руководства предприятий и консерватизм производственной культуры. Доминирующим барьером является «отсутствие необходимости в использовании», на что указали 78,5% обследованных организаций (148 597 из 189 204). Данный результат отчасти отражает реальные структурные особенности российской экономики с преобладанием мелкосерийных и ручных производств, однако одновременно свидетельствует о недостаточной информированности менеджмента о возможностях коллаборативной автоматизации. Согласно опросу, уровень осведомленности предприятий-потребителей о возможностях применения промышленной робототехники оценивается в среднем в 4,9 балла из 10⁹⁵. Значительная часть руководителей промышленных предприятий продолжают воспринимать роботизацию прежде всего как инструмент замещения человеческого труда, а не как средство повышения производительности, качества и безопасности производства, что снижает мотивацию к инвестициям. Средний срок окупаемости промышленных роботов в России составляет от 3 до 5 лет, что многие заказчики расценивают как избыточно длительный при сложившейся стоимости заемного капитала.

⁹² Дефицит инженеров и патентов: Университет Иннополис выявил точки роста для рынка робототехники в России // НАУПР. URL: <https://robotunion.ru/media/news/tpost/vsamnofcs1-defitsit-inzhenerov-i-patentov-universit> (дата обращения: 11.06.2026).

⁹³ Что мешает предприятиям внедрять роботов // RG.RU. URL: https://rg.ru/2025/09/09/reg-cfo/vremia-umnyh-mashin.html?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.perplexity.ai%2F (дата обращения: 11.06.2026).

⁹⁴ Исследование рынка промышленной робототехники // Кэпт. URL: <https://assets.kept.ru/upload/pdf/2025/03/ru-industrial-robotics-market-kept-research.pdf> (дата обращения: 11.06.2026).

⁹⁵ Исследование рынка промышленной робототехники 2025 // Университет Иннополис. URL: https://innopolis.university/filespublic/Industrial_Robotics_Market_Research_2025.pdf?ysclid=mpz5fm01r344653117 (дата обращения: 11.06.2026).

В-шестых, регуляторные ограничения сохраняют свою значимость. Нормативная база в части локализации робототехники переживает период реформирования. До октября 2025 г. ключевым условием доступа к субсидиям являлось соответствие балльным критериям постановления Правительства РФ № 719, которым преобладающая часть российских производителей не удовлетворяла и тем самым исключалась из числа получателей мер государственной поддержки. В октябре 2025 г. Минпромторг кардинально скорректировал подход, отменив обязательные требования по локализации до конца 2025 г. и установив в качестве основных критериев распределения субсидий измеримый рост производительности труда и экономический эффект от внедрения. С 1 января 2026 г. минимальный балл локализации возвращен к значению 50, а с 2027 г. повышается до 60, при этом волатильность регуляторных условий сама по себе формирует инвестиционную неопределенность для участников рынка⁹⁶. Рассредоточение мер поддержки между Минпромторгом, Минцифрой, Минсельхозом и Минобрнауки обуславливает отсутствие единой координирующей системы внедрения роботов и снижает результативность государственных программ. Национальные стандарты безопасности робототехнических и коллаборативных систем не в полной мере гармонизированы с международными стандартами, нормы оценки кибербезопасности промышленных робототехнических систем недостаточно развиты, а сеть аккредитованных испытательных полигонов и центров сертификации находится в стадии формирования. По состоянию на середину 2025 г. действуют центры в Республике Татарстан (головной на базе Университета Иннополис), Пермском крае, Москве, Московской, Нижегородской, Челябинской, Томской и Самарской областях.

⁹⁶ Локализация промышленных роботов отложена до 2030 года // Эксперт 719+. URL: <https://reestr-719.ru/lokalizacziya-promyshlennyh-robotov-otlozhena-do-2030-goda/> (дата обращения: 11.06.2026).

В-седьмых, существенное воздействие на инвестиционную активность в области промышленной робототехники оказывают геополитические и логистические риски. Уход с российского рынка ведущих западных производителей, в числе которых ABB, KUKA, Fanuc и Yaskawa, и последовавшие за этим санкционные ограничения на поставки высокотехнологичных компонентов привели к значительному удлинению цепочек поставок и их переориентации преимущественно на параллельный импорт и китайских поставщиков⁹⁷. Волатильность курса рубля в сочетании с зависимостью от импортных комплектующих порождает труднопрогнозируемые колебания себестоимости робототехнических систем, усложняя тем самым долгосрочное инвестиционное планирование. Ограничения на доступ к ряду критических технологий, прежде всего к передовым системам технического зрения, высокоточным сенсорам и специализированному программному обеспечению, создают системные риски как для производителей роботов, так и для предприятий-интеграторов.

Преодоление перечисленных барьеров требует скоординированных действий государства, бизнеса, научно-образовательного сообщества и системных интеграторов. К числу ключевых направлений относятся следующие:

- Локализация компонентной базы, прежде всего гармонических редукторов, прецизионных сервоприводов, контроллеров и систем технического зрения, является необходимым условием снижения себестоимости отечественных роботов и устранения зависимости от импортных цепочек поставок.
- Масштабирование сервисной модели «Робот как услуга» формирует новый канал доступа к роботизации для малых и средних предприятий без значительных капитальных вложений. В 2025–2026 гг. данную

⁹⁷ Кивокурцев О. Декларация независимости: как в России растет рынок промышленных роботов // Forbes. URL: <https://www.forbes.ru/tekhnologii/533789-deklaracia-nezavisimosti-kak-v-rossii-rastet-rynok-promyshlennyh-robotov> (дата обращения: 11.06.2026).

модель внедрили «Яндекс Роботикс»⁹⁸ и МТС⁹⁹, что обеспечивает перевод автоматизации из категории CAPEX в OPEX.

- Нарастивание интеграционных и кадровых мощностей предусматривает подготовку к 2030 г. не менее 5 тыс. студентов по профильным программам и 5 тыс. действующих сотрудников предприятий через сеть из 30 центров развития промышленной робототехники.

Заключение

Российский рынок коллаборативной робототехники развивается по ускоренной траектории с низкой стартовой базы, при этом сохраняются существенные структурные ограничения, главным образом связанные с импортозависимостью по ключевым компонентам, дефицитом системных интеграторов и значительным кадровым разрывом. На основе авторского анализа данных представляется возможным сформулировать следующие выводы.

1. Идентифицированы восемь ключевых технологических трендов:

- интеграция искусственного интеллекта и интеграция физического ИИ;
- эволюция сенсорных систем и мультимодальная перцепция;
- мобильная коллаборативная робототехника;
- программно-определяемые архитектуры и цифровые двойники;
- сервисные бизнес-модели;
- демократизация программирования;
- расширение функционального диапазона;
- робототехнические базовые модели.

⁹⁸ «Яндекс» начал предлагать предприятиям своих роботов по подписке за пару миллионов // Zoom. URL: https://zoom.cnews.ru/soft/news/top/2025-07-31_yandex_avtomatiziruet (дата обращения: 11.06.2026).

⁹⁹ Москаль А. МТС запустила новое решение для бизнеса – «Робот как сервис»: компании могут комплексно роботизировать производство // Russian Business. URL: https://rb.ru/news/mts-zapustila-novoe-reshenie-dlya-biznesa-robot-kak-servis-kompanii-mogut-kompleksno-robotizirovat-proizvodstvo/?utm_source=copy_out (дата обращения: 11.06.2026).

2. Систематизированы четыре категории барьеров внедрения: кадрово-организационные, технико-технологические, экономические и нормативно-регуляторные.

3. Выявлено, что главным барьером для внедрения выступает отсутствие необходимости, что квалифицирует данное препятствие как психологический (когнитивный), а не финансовый фактор. Ввиду доминирования когнитивного барьера первоочередной задачей становится не прямое субсидирование, а информационно-образовательная деятельность, обоснование окупаемости инвестиций и снижение порога входа на начальных этапах внедрения.

4. Всего 4,8% обследованных организаций (9047 субъектов) планируют внедрение промышленной робототехники, что очерчивает измеримый контур потенциального спроса. При допущении, что средняя стоимость одного робота находится в интервале от 1,5 до 5,0 млн руб. и на каждом предприятии устанавливается от одного до трех роботов, совокупный оценочный объем потенциального рынка варьируется от 14 до 136 млрд руб. Столь малая доля организаций, планирующих внедрение, свидетельствует о слабом инвестиционном импульсе и обуславливает актуальность государственных стимулирующих мер, прежде всего направленных на снижение входного барьера посредством инструментов «Робот как услуга», промышленного кешбэка и льготного лизинга.

5. Зафиксирована пространственная неравномерность роботизации, при которой на Центральный, Приволжский и Северо-Западный федеральные округа приходится 81,7% совокупного парка промышленных роботов (17 766 из 21 740 ед.). Одновременно наблюдаются отраслевые диспропорции, выражающиеся в том, что наибольшая концентрация роботов характерна для производства резиновых и пластмассовых изделий, готовых металлических изделий и электронной промышленности, тогда как металлургическое производство и легкая промышленность, включая текстильное производство и производство одежды, относятся к числу наименее роботизированных отраслей. Данная структура отражает исторически сложившуюся специализацию автоматизации на серийных

и высокоточных производствах с предсказуемыми технологическими процессами.

Проведенный анализ формирует актуальную эмпирическую базу для дальнейшего изучения

факторов, сдерживающих технологическую модернизацию отечественного производства, и может служить основой для разработки региональных и отраслевых стратегий роботизации.

Список литературы

1. Чикрин Д. Е., Смольникова К. П. Интеллектуальное партнерство: взаимодействие коллаборативного робота и оператора // KAZAN DIGITAL WEEK – 2024: сборник материалов. Казань: ОСП «НЦБЖД АН РТ», 2024. С. 478–485. EDN: YWJPAH.
2. Kumar, A. A., Zaman, U. K. U., & Plapper, P. (2023). Collaborative Robots (pp. 91–106). In: *Handbook of Manufacturing Systems and Design: An Industry 4.0 Perspective*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003327523-8>
3. Müller, Ch. (2024). *World Robotics 2024 – Industrial Robots*. VDMA Services GmbH Publ.
4. Müller, Ch. (2025). *World Robotics 2025 – Industrial Robots*. VDMA Services GmbH Publ.
5. Haddadin, S., De Luca, A., & Albu-Schäffer, A. (2017). Robot Collisions: A Survey on Detection, Isolation, and Identification. *IEEE Transactions on Robotics*, 33(6), 1292–1312. <https://doi.org/10.1109/TRO.2017.2723903>
6. Villani, V., Pini, F., Leali, F., & Secchi, C. (2018). Survey on Human-Robot Collaboration in Industrial Settings: Safety, Intuitive Interfaces and Applications. *Mechatronics*, 55, 248–266. <https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2018.02.009>
7. Hentout, A., Aouache, M., Maoudj, A., & Akli, I. (2019). Human-Robot Interaction in Industrial Collaborative Robotics: A Literature Review of the Decade 2008–2017. *Advanced Robotics*, 33(15–16), 764–799. <https://doi.org/10.1080/01691864.2019.1636714>
8. Cherubini, A., Passama, R., Crosnier, A. et al. (2016). Collaborative Manufacturing with Physical Human-Robot Interaction. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 40, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2015.12.007>
9. Bogue, R. (2017). Robots That Interact with Humans: A Review of Safety Technologies and Standards. *Industrial Robot*, 44(4), 395–400. <https://doi.org/10.1108/IR-04-2017-0070>
10. Wang, L., Gao, R., Váncza, J. et al. (2019). Symbiotic Human-Robot Collaborative Assembly. *CIRP Annals*, 68(2), 701–726. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2019.05.002>
11. Matheson, E., Minto, R., Zampieri, E. G. G. et al. (2019). Human-Robot Collaboration in Manufacturing Applications: A Review. *Robotics*, 8(4), 100. <https://doi.org/10.3390/robotics8040100>
12. Bogue, R. (2017). Domestic Robots: Has Their Time Finally Come? *Industrial Robot: An International Journal*, 44(2), 129–136. <https://doi.org/10.1108/IR-01-2017-0018>
13. El Zaatar, S., Marei, M., Li, W., & Usman, Z. (2019). Cobot Programming for Collaborative Industrial Tasks: An Overview. *Robotics and Autonomous Systems*, 116, 162–180. <https://doi.org/10.1016/j.robot.2019.03.003>
14. Garus, C. C. (2024). Opportunities for Greener Production through Robotics Systems in Green Factories. *Online Journal of Robotics & Automation Technology*, 3(2). <https://doi.org/10.33552/QJRAT.2024.03.000558>
15. Довгаль В. А., Козлова Н. Ш. Анализ актуальности использования коллаборативных роботов для процесса производства компонентов возобновляемых источников энергии // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2023. № 2 (321). С. 68–73. DOI: 10.53598/2410-3225-2023-2-321-68-73.
16. Федюнина А. А., Городный Н. А., Симачёв Ю. В. Рынок промышленной робототехники в России под санкциями: в поиске драйверов спроса и предложения // ЭКО. 2024. № 2 (596). С. 91–107. DOI: 10.30680/ЕКО0131-7652-2024-2-91-107.
17. Старовойтова О. В., Исламгереева Я. С., Дзамихова Ф. Х. Внедрение коллаборативных роботов (коботов) на производстве: перспективы и вызовы // Экономика и управление: проблемы, решения. 2024. Т. 8. № 12 (153). С. 3–11. DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2024.12.08.001.
18. Пышный К. А. Применение коллаборативных роботов в промышленности и их взаимодействие с работниками // Научный Лидер. 2025. № 22 (223). С. 133–135. EDN: SBARED.

19. Amaya-Mejía, L. M., Duque-Suárez, N., Jaramillo-Ramírez, D., & Martínez, C. (2022). Vision-Based Safety System for Barrierless Human-Robot Collaboration (pp. 7331–7336). In: *2022 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*. <https://doi.org/10.1109/IROS47612.2022.9981689>
20. Chemweno, P., Pintelon, L., & Decre, W. (2020). Orienting Safety Assurance with Outcomes of Hazard Analysis and Risk Assessment: A Review of the ISO 15066 Standard for Collaborative Robot Systems. *Safety Science*, 129, 104832. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104832>
21. Rahman, M. M., Khatun, F., Jahan, I. et al. (2024). Cobotics: The Evolving Roles and Prospects of Next-Generation Collaborative Robots in Industry 5.0. *Journal of Robotics*, 2024(1), 2918089. <https://doi.org/10.1155/2024/2918089>
22. Mo, F., Ugarte Querejeta, M., Hellewell, J. et al. (2023). PLC Orchestration Automation to Enhance Human-Machine Integration in Adaptive Manufacturing Systems. *Journal of Manufacturing Systems*, 71, 172–187. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2023.07.015>
23. Nwamekwe, C. O., Chidieube, I. N., Godfrey, O. C. et al. (2025). Human-Robot Collaboration in Industrial Engineering: Enhancing Productivity and Safety. *Journal of Industrial Engineering & Management Research*, 6(5), 1–20. <https://doi.org/10.7777/jiemar.v6i5.601>
24. Чикрин Д. Е., Смольникова К. Р. Возможности и сценарии взаимодействия оператора и кобота (operator-cobot interaction) в фокусе Индустрии 5.0 // Актуальные вопросы машиноведения. 2023. Т. 12. С. 32–35. EDN: FFGHWD.
25. Смольникова К. Р., Чикрин Д. Е. Применение технологий искусственного интеллекта в коллаборативной робототехнике как способ повышения безопасности человека-оператора [Электронный ресурс] // Материалы Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2024». М.: МОО СИПНН им. Н. Д. Кондратьева, 2024. URL: https://confhub.ru/archive/Lomonosov_2024/data/8452/18862/164442_uid829773_report.pdf (дата обращения: 21.09.2026).
26. Галин Р. Р., Серебрянный В. В., Тевяшов Г. К., Широкий А. А. Взаимодействие человека и робота в коллаборативных робототехнических системах // Известия Юго-Западного государственного университета. 2020. Т. 24. № 4. С. 180–199. DOI: 10.21869/2223-1560-2020-24-4-180-199.
27. Яковлева М. В., Шалина А. И. Разработка рекомендаций по внедрению предиктивного обслуживания оборудования на высокотехнологичных предприятиях // Вопросы инновационной экономики. 2023. Т. 13. № 3. С. 1531–1550. DOI: 10.18334/vinec.13.3.118259.
28. Bogue, R. (2019). Tactile Sensing for Surgical and Collaborative Robots and Robotic Grippers. *Industrial Robot*, 46(1), 1–6. <https://doi.org/10.1108/IR-12-2018-0255>
29. Yen, S.-H., Tang, P.-C., Lin, Y.-C., & Lin, C.-Y. (2019). Development of a Virtual Force Sensor for a Low-Cost Collaborative Robot and Applications to Safety Control. *Sensors*, 19(11), 2603. <https://doi.org/10.3390/s19112603>
30. Saleem, Z., Gustafsson, F., Furey, E. et al. (2025). A Review of External Sensors for Human Detection in a Human-Robot Collaborative Environment. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 36(4), 2255–2279. <https://doi.org/10.1007/s10845-024-02341-2>
31. Zhu, D., Wang, X., & Shang, S. (2026). Semantic-Physical Sensor Fusion for Safe Physical Human-Robot Interaction in Dual-Arm Rehabilitation. *Sensors*, 26(5), 1510. <https://doi.org/10.3390/s26051510>
32. Черских Е. О., Савельев А. И. Анализ и классификация распределенных сенсорных систем коллаборативных робототехнических средств // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2021. № 6 (104). С. 78–94. DOI: 10.35330/1991-6639-2021-6-104-78-94.
33. Nguyen, Q.-D., Dhouib, S., Huang, Y., & Bellot, P. (2022). An Approach to Bridge ROS 1 and ROS 2 Devices into an OPC UA-Based Testbed for Industry 4.0 (pp. 1–6). In: *2022 IEEE 1st Industrial Electronics Society Annual On-Line Conference (ONCON)*. <https://doi.org/10.1109/ONCON56984.2022.10126783>
34. Profanter, S., Tekat, A., Dorofeev, K. et al. (2019). OPC UA versus ROS, DDS, and MQTT: Performance Evaluation of Industry 4.0 Protocols (pp. 955–962). In: *2019 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)*. <https://doi.org/10.1109/ICIT.2019.8755050>
35. Сафиуллин М. Р., Смольникова К. Р. Моделирование бизнес-процессов в эргатических системах [Электронный ресурс] // Теоретическая и прикладная экономика. 2026. № 2. С. 84–105. URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=79408 (дата обращения: 21.09.2026).

36. Negri, D., Oening, G. W., de Faria, F. A. C. et al. (2026). Exploring the Use and Impact of Composite Materials in Robotics: A Systematic Review. *Journal of Field Robotics*, 43(6), 4037–4060. <https://doi.org/10.1002/rob.70231>
37. Kareem, M. G., Abdularazza, M., Younus, K. K. et al. (2025). Dynamic Optimization of a Composite Material Robot Arm Using a Flexible Link and Joint Model. *Results in Engineering*, 27, 105541. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.105541>
38. Firoozi, R., Tucker, J., Tian, S. et al. (2024). Foundation Models in Robotics: Applications, Challenges, and the Future. *The International Journal of Robotics Research*, 44(5), 701–739. <https://doi.org/10.1177/02783649241281508>

Сведения об авторах

Сафиуллин Марат Рашитович, ORCID 0000-0003-3708-8184, SPIN 8661-9318, докт. экон. наук, профессор, проректор по вопросам экономического и стратегического развития, Казанский (Приволжский) федеральный университет; вице-президент, Академия наук Республики Татарстан, Казань, Россия, marat.safiullin@tatar.ru

Смольникова Камилла Рустемовна, ORCID 0009-0003-1149-312X, SPIN 8184-8172, заместитель директора по инновационной деятельности Института вычислительной математики и информационных технологий, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия, krsmolnikova@yandex.ru

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 13.06.2026, рассмотрена 17.07.2026, принята 18.08.2026

References

1. Chickrin, D. E., & Smolnikova, K. R. (2024). Intelligent Partnership: Interaction between A Collaborative Robot and An Operator (pp. 478–485). In: *Proceedings of the International Forum KAZAN DIGITAL WEEK – 2024*. Scientific Center for Life Safety of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan. <https://elibrary.ru/ywjpah>
2. Kumar, A. A., Zaman, U. K. U., & Plapper, P. (2023). Collaborative Robots (pp. 91–106). In: *Handbook of Manufacturing Systems and Design: An Industry 4.0 Perspective*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003327523-8>
3. Müller, Ch. (2024). *World Robotics 2024 – Industrial Robots*. VDMA Services GmbH Publ.
4. Müller, Ch. (2025). *World Robotics 2025 – Industrial Robots*. VDMA Services GmbH Publ.
5. Haddadin, S., De Luca, A., & Albu-Schäffer, A. (2017). Robot Collisions: A Survey on Detection, Isolation, and Identification. *IEEE Transactions on Robotics*, 33(6), 1292–1312. <https://doi.org/10.1109/TRO.2017.2723903>
6. Villani, V., Pini, F., Leali, F., & Secchi, C. (2018). Survey on Human-Robot Collaboration in Industrial Settings: Safety, Intuitive Interfaces and Applications. *Mechatronics*, 55, 248–266. <https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2018.02.009>
7. Hentout, A., Aouache, M., Maoudj, A., & Akli, I. (2019). Human-Robot Interaction in Industrial Collaborative Robotics: A Literature Review of the Decade 2008–2017. *Advanced Robotics*, 33(15–16), 764–799. <https://doi.org/10.1080/01691864.2019.1636714>
8. Cherubini, A., Passama, R., Crosnier, A. et al. (2016). Collaborative Manufacturing with Physical Human-Robot Interaction. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 40, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2015.12.007>
9. Bogue, R. (2017). Robots That Interact with Humans: A Review of Safety Technologies and Standards. *Industrial Robot*, 44(4), 395–400. <https://doi.org/10.1108/IR-04-2017-0070>
10. Wang, L., Gao, R., Váncza, J. et al. (2019). Symbiotic Human-Robot Collaborative Assembly. *CIRP Annals*, 68(2), 701–726. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2019.05.002>
11. Matheson, E., Minto, R., Zampieri, E. G. G. et al. (2019). Human-Robot Collaboration in Manufacturing Applications: A Review. *Robotics*, 8(4), 100. <https://doi.org/10.3390/robotics8040100>

12. Bogue, R. (2017). Domestic Robots: Has Their Time Finally Come? *Industrial Robot: An International Journal*, 44(2), 129–136. <https://doi.org/10.1108/IR-01-2017-0018>
13. El Zaatar, S., Marei, M., Li, W., & Usman, Z. (2019). Cobot Programming for Collaborative Industrial Tasks: An Overview. *Robotics and Autonomous Systems*, 116, 162–180. <https://doi.org/10.1016/j.robot.2019.03.003>
14. Garus, C. C. (2024). Opportunities for Greener Production through Robotics Systems in Green Factories. *Online Journal of Robotics & Automation Technology*, 3(2). <https://doi.org/10.33552/QJRAT.2024.03.000558>
15. Dovgal, V. A., & Kozlova, N. Sh. (2023). Analysis of the Relevance of the Use of Collaborative Robots for the Production Process of Renewable Energy Components. *Vestnik Adygeyskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 4: Estestvenno-matematicheskie i tekhnicheskie nauki*, 2, 68–73. <https://doi.org/10.53598/2410-3225-2023-2-321-68-73>
16. Fedyunina, A. A., Gorodnyi, N. A., & Simachev, Yu. V. (2024). Industrial Robotics Market in Russia under Sanctions: In Search of Supply and Demand Drivers. *EKO*, 2, 91–107. <https://doi.org/10.30680/ECO0131-7652-2024-2-91-107>
17. Starovoytova, O. V., Islamgereyeva, Ya. S., & Dзамikhova, F. Kh. (2024). Implementation of Collaborative Robots (Cobots) in Production: Prospects and Challenges. *Economics and Management: Problems, Solutions*, 8(12), 3–11. <https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2024.12.08.001>
18. Pyshnyy, K. A. (2025). The Use of Collaborative Robots in Industry and Their Interaction with Workers. *Nauchnyy Lider*, 22, 133–135. <https://elibrary.ru/sbared>
19. Amaya-Mejía, L. M., Duque-Suárez, N., Jaramillo-Ramírez, D., & Martinez, C. (2022). Vision-Based Safety System for Barrierless Human-Robot Collaboration (pp. 7331–7336). In: *2022 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*. <https://doi.org/10.1109/IROS47612.2022.9981689>
20. Chemweno, P., Pintelon, L., & Decre, W. (2020). Orienting Safety Assurance with Outcomes of Hazard Analysis and Risk Assessment: A Review of the ISO 15066 Standard for Collaborative Robot Systems. *Safety Science*, 129, 104832. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104832>
21. Rahman, M. M., Khatun, F., Jahan, I. et al. (2024). Cobotics: The Evolving Roles and Prospects of Next-Generation Collaborative Robots in Industry 5.0. *Journal of Robotics*, 2024(1), 2918089. <https://doi.org/10.1155/2024/2918089>
22. Mo, F., Ugarte Querejeta, M., Hellewell, J. et al. (2023). PLC Orchestration Automation to Enhance Human-Machine Integration in Adaptive Manufacturing Systems. *Journal of Manufacturing Systems*, 71, 172–187. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2023.07.015>
23. Nwamekwe, C. O., Chidiebube, I. N., Godfrey, O. C. et al. (2025). Human-Robot Collaboration in Industrial Engineering: Enhancing Productivity and Safety. *Journal of Industrial Engineering & Management Research*, 6(5), 1–20. <https://doi.org/10.7777/jiemar.v6i5.601>
24. Chickrin, D. E., & Smolnikova, K. R. (2023). Opportunities and Scenarios of Operator-Cobot Interaction in the Focus of Industry 5.0. *Aktual'nye voprosy mashinovedeniya*, 12, 32–35. <https://elibrary.ru/ffghwd>
25. Smolnikova, K. R., & Chickrin, D. E. (2024). *Primenenie tekhnologiy iskusstvennogo intellekta v kollaborativnoy robototekhnike kak sposob povysheniya bezopasnosti cheloveka-operatora* [Application of Artificial Intelligence Technologies in Collaborative Robotics as a Way to Increase the Safety of the Human Operator]. In: *Materialy Mezhdunarodnogo molodezhnogo nauchnogo foruma «LOMONOSOV-2024»* [Proceedings of the International Youth Scientific Forum “LOMONOSOV-2024”]. MOO SIPNN im. N. D. Kondrat'eva Publ. Available at: https://confhub.ru/archive/Lomonosov_2024/data/8452/18862/164442_uid829773_report.pdf (accessed 21.09.2026).
26. Galin, R. R., Serebrennyy, V. V., Tevyashov, G. K., & Shiroky, A. A. (2020). Human-Robot Interaction in Collaborative Robotic Systems. *Proceedings of Southwest State University*, 24(4), 180–199. <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2020-24-4-180-199>
27. Yakovleva, M. V., & Shalina, A. I. (2023). Developing Recommendations for Implementing Predictive Maintenance in High-Tech Companies. *Russian Journal of Innovation Economics*, 13(3), 1531–1550. <https://doi.org/10.18334/vinec.13.3.118259>

28. Bogue, R. (2019). Tactile Sensing for Surgical and Collaborative Robots and Robotic Grippers. *Industrial Robot*, 46(1), 1–6. <https://doi.org/10.1108/IR-12-2018-0255>
29. Yen, S.-H., Tang, P.-C., Lin, Y.-C., & Lin, C.-Y. (2019). Development of a Virtual Force Sensor for a Low-Cost Collaborative Robot and Applications to Safety Control. *Sensors*, 19(11), 2603. <https://doi.org/10.3390/s19112603>
30. Saleem, Z., Gustafsson, F., Furey, E. et al. (2025). A Review of External Sensors for Human Detection in a Human–Robot Collaborative Environment. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 36(4), 2255–2279. <https://doi.org/10.1007/s10845-024-02341-2>
31. Zhu, D., Wang, X., & Shang, S. (2026). Semantic-Physical Sensor Fusion for Safe Physical Human-Robot Interaction in Dual-Arm Rehabilitation. *Sensors*, 26(5), 1510. <https://doi.org/10.3390/s26051510>
32. Cherskikh, E. O., & Saveliev, A. I. (2021). Analysis and Classification of Distributed Sensor Systems of Collaborative Robotic Systems. *Kabardino-Balkarian Scientific Center of the RAS*, 6, 78–94. <https://doi.org/10.35330/1991-6639-2021-6-104-78-94>
33. Nguyen, Q.-D., Dhouib, S., Huang, Y., & Bellot, P. (2022). An Approach to Bridge ROS 1 and ROS 2 Devices into an OPC UA-Based Testbed for Industry 4.0 (pp. 1–6). In: *2022 IEEE 1st Industrial Electronics Society Annual On-Line Conference (ONCON)*. <https://doi.org/10.1109/ONCON56984.2022.10126783>
34. Profanter, S., Tekat, A., Dorofeev, K. et al. (2019). OPC UA versus ROS, DDS, and MQTT: Performance Evaluation of Industry 4.0 Protocols (pp. 955–962). In: *2019 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)*. <https://doi.org/10.1109/ICIT.2019.8755050>
35. Safiullin, M. R., & Smolnikova, K. R. (2026). *Modelirovanie biznes-protsessov v ergaticheskikh sistemakh* [Modeling of Business Processes in Ergatic Systems]. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekonomika*, 2, 84–105. Available at: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=79408 (accessed 21.09.2026).
36. Negri, D., Oening, G. W., de Faria, F. A. C. et al. (2026). Exploring the Use and Impact of Composite Materials in Robotics: A Systematic Review. *Journal of Field Robotics*, 43(6), 4037–4060. <https://doi.org/10.1002/rob.70231>
37. Kareem, M. G., Abdularazza, M., Younus, K. K. et al. (2025). Dynamic Optimization of a Composite Material Robot Arm Using a Flexible Link and Joint Model. *Results in Engineering*, 27, 105541. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.105541>
38. Firoozi, R., Tucker, J., Tian, S. et al. (2024). Foundation Models in Robotics: Applications, Challenges, and the Future. *The International Journal of Robotics Research*, 44(5), 701–739. <https://doi.org/10.1177/02783649241281508>

About the authors

Marat R. Safiullin, ORCID 0000-0003-3708-8184, SPIN 8661-9318, Dr. Sci. (Econ.), Professor, Vice-Rector for Economic and Strategic Development, Kazan (Volga Region) Federal University; Vice-President, Tatarstan Academy of Sciences, Kazan, Russia, marat.safiullin@tatar.ru

Kamilla R. Smolnikova, ORCID 0009-0003-1149-312X, SPIN 8184-8172, Deputy Director for Innovation, Institute of Computational Mathematics and Information Technologies, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia, krsmolnikova@yandex.ru

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 13.06.2026, reviewed 17.07.2026, accepted 18.08.2026