Пространственная Экономика
2026. Том 22. № 3. С. 73—103

JEL: F02, F10, L63
УДК 339.5+004.8
https://dx.doi.org/10.14530/se.2026.3.073-103

Формирование Китаем технологического суверенитета в области «физического ИИ»: кейс промышленной робототехники

О.А. Клочко, М.П. Кузнецова

Клочко Ольга Александровна
кандидат экономических наук
доцент департамента мировой экономики
Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», ул. Мясницкая, 20, Москва, 101000, Российская Федерация
E-mail: oklochko@hse.ru
ORCID: 0000-0003-0355-5506

Кузнецова Мария Петровна
стажер-исследователь факультета мировой экономики и мировой политики
Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», ул. Мясницкая, 20, Москва, 101000, Российская Федерация
E-mail: mpkuznetsova@hse.ru

Аннотация. Статья посвящена оценке технологического суверенитета Китая в высокотехнологичных отраслях, формирующих экосистему физического искусственного интеллекта, и его готовности к развитию интеллектуальной робототехники. Цель исследования состоит в выявлении изменений позиций Китая в глобальных цепочках стоимости данных отраслей за счет комплексного анализа используемой зарубежной добавленной стоимости, ее отраслевой и региональной структуры. Методологическую основу исследования составили анализ Индекса нисходящего участия по данным TiVA ОЭСР за 2008–2022 гг., сопоставление внешнеторговых показателей Trade Map за 2008–2025 гг. и анализ динамики позиций Китая на мировом рынке промышленной робототехники. Исследование охватывает электронику, электрооборудование, машиностроение, телекоммуникации, программное обеспечение, информационные услуги и научно-техническую деятельность. Установлено, что Китай наиболее существенно сократил зависимость от зарубежной добавленной стоимости во всех рассматриваемых отраслях, диверсифицировав поставки и укрепив позиции в производстве ключевых компонентов. Число товарных позиций, по которым Китай является нетто-импортером, существенно сократилось. Наиболее уязвимым звеном остаются передовые полупроводники и оборудование для их производства. В промышленной робототехнике Китай стал крупнейшим мировым рынком и наращивает национальное производство; в 2024 г. китайские компании обеспечили более половины внутренних продаж. В сегменте гуманоидных роботов КНР сформировала производственную экосистему, поддерживаемую государством и внутренним спросом. Результаты применимы для

© Клочко О.А., Кузнецова М.П., 2026

оценки технологической устойчивости и перспектив развития физического ИИ в условиях глобального технологического разъединения. Сделан вывод о продвижении Китая к технологическому суверенитету при сохранении зависимости от отдельных передовых технологий.

Ключевые слова: глобальные цепочки стоимости, гуманоидные роботы, импортозамещение, искусственный интеллект, промышленная робототехника, технологическая зависимость, технологический суверенитет, физический искусственный интеллект, Китай

Благодарности: Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-28-00850, https://rscf.ru/project/25-28-00850.

Для цитирования: Клочко О.А., Кузнецова М.П. Формирование Китаем технологического суверенитета в области «физического ИИ»: кейс промышленной робототехники // Пространственная экономика. 2026. Т. 22. № 3. С. 73–103. https://dx.doi.org/10.14530/se.2026.3.073-103

China's Development of Technological Sovereignty in the Field of 'Physical AI': The Case of Industrial Robotics

O.A Klochko, M.P. Kuznetsova

Olga Alexandrovna Klochko
Candidate of Sciences (Economics)
Associate Professor of the Department of World Economy
National Research University Higher School of Economics, 20 Myasnitskaya St., Moscow 101000, Russian Federation
E-mail: oklochko@hse.ru
ORCID: 0000-0003-0355-5506

Mariia Petrovna Kuznetsova
Research intern of the Faculty of World Economy and International Affairs
National Research University Higher School of Economics, 20 Myasnitskaya St., Moscow 101000, Russian Federation
E-mail: mpkuznetsova@hse.ru

Abstract. The article assesses China's technological sovereignty in high-tech industries that form the ecosystem of physical artificial intelligence and its readiness to develop intelligent robotics. The aim of the study is to identify changes in China's position in the global value chains of these industries through a comprehensive analysis of foreign value added used in production, including its sectoral and regional structure. The methodological framework comprises an analysis of the Backward Participation Index based on the OECD TiVA database for 2008–2022, a comparison of foreign trade indicators from Trade Map for 2008–2025, and an analysis of China's position in the global industrial robotics market. The study covers electronics, electrical equipment, machinery, telecommunications, software, information services, and scientific and technical activities. It finds that China has significantly reduced its dependence on foreign value added across all examined

industries by diversifying supplies and strengthening its position in the production of key components. The number of product categories in which China is a net importer has decreased substantially. Advanced semiconductors and semiconductor manufacturing equipment remain the most vulnerable links. In industrial robotics, China has become the world's largest market and is expanding domestic production; in 2024, Chinese companies accounted for more than half of domestic sales. In the humanoid robotics segment, China has established a production ecosystem supported by government policies and domestic demand. The findings can be applied to assess technological resilience and the prospects for developing physical AI amid global technological decoupling. The study concludes that China is advancing toward technological sovereignty while remaining dependent on certain advanced technologies.

Keywords: global value chains, humanoid robots, import substitution, artificial intelligence, industrial robotics, technological dependence, technological sovereignty, physical artificial intelligence, China

Acknowledgements. This work is supported by the Russian Science Foundation (project 25-28-00850), https://rscf.ru/project/25-28-00850.

For citation: Klochko O.A., Kuznetsova M.P. China's Development of Technological Sovereignty in the Field of 'Physical AI': The Case of Industrial Robotics. *Prostranstvennaya Ekonomika = Spatial Economics*, 2026, vol. 22, no. 3, pp. 73–103. https://dx.doi.org/10.14530/se.2026.3.073-103 (In Russian)

ВВЕДЕНИЕ

С начала 2025 г. в мировом сообществе появился и быстро получил широкое распространение термин «физический искусственный интеллект» (Physical AI). Его возникновение связано с выступлением Дж. Хуанга, генерального директора американской компании NVIDIA – лидера мировой полупроводниковой индустрии, на крупнейшей в мире выставке технологий и электроники CES 2025 в январе 2025 г., где Дж. Хуанг обозначил переход ИИ от цифровой среды к системам, способным «воспринимать, рассуждать, планировать и действовать в физическом мире» (Caulfield, 2025).

Формирование интеллекта в процессе взаимодействия с внешней средой не является принципиально новым направлением развития сферы информационных технологий. Еще в начале 1990-х гг. американский робототехник Р. Брукс предложил отказаться от традиционного подхода рассматривать интеллект как обработку разработанного им самим и / или заложенного в него представления о мире и перейти к обучению интеллекта в ходе непосредственного взаимодействия с окружающей средой через восприятие и действие (Brooks, 1991). Таким образом возник термин «воплощенный искусственный интеллект» (Embodied AI), который до сих пор достаточно широко используется для описания интеллектуальных систем, которые имеют физическую оболочку (тело) и взаимодействуют с внешним миром. Ключе-

вое отличие физического ИИ от воплощенного ИИ состоит в том, что физический не столько формирует и развивает интеллект, сколько представляет собой способ применения существующих продвинутых ИИ-моделей и технологий для управления физическими объектами (роботами, гуманоидами, автономными автомобилями, дронами) в реальном мире. Отметим, что на современном этапе термины «физический ИИ» и «воплощенный ИИ» зачастую используются как синонимы и отличие носит скорее концептуальный характер. В общем смысле данные термины используются для описания интеллектуальных систем, интегрированных с физическими объектами и способных на основе восприятия окружающей среды принимать решения и осуществлять действия в физическом мире (From Embodied…, 2026). Отметим, что слияние современных ИИ-моделей с физическими системами находится на начальном этапе своего становления. Эффективное и безопасное развитие этого направления требует, в свою очередь, высокого уровня развития и объединения целого комплекса отраслей и решений, ранее работающих относительно изолированно (программное обеспечение, полупроводники, телекоммуникации, новые материалы и др.) и подразумевает создание новой технологической цепочки.

Другой важной тенденцией современной мировой экономики и общества является стремление стран к технологическому разъединению и обеспечению суверенитета в критически важных технологиях, инфраструктуре и производственных цепочках. Отправной точкой этого процесса можно условно считать 2018–2019 гг., когда взаимодействие США и Китая стало трансформироваться из обычной торговой конкуренции в системное ограничение доступа к технологиям. США стали развивать изолированную от Китая экосистему, включающую дружественные страны, такие как Япония, ЕС, Республика Корея, Тайвань, в то время как КНР сосредоточилась на создании как можно более полной суверенной экосистемы за счет импортозамещения и развития национального производства чипов, ИТ-оборудования, платформ, ИИ-моделей и т. д. Интенсивное формирование и форсированное развитие двух независимых экосистем (американской и китайской) сделало очевидным и стало усугублять технологическое отставание других ведущих стран и регионов. В результате курс на технологический суверенитет и независимость, в том числе от американских технологий (в первую очередь ИИ-моделей и облачной инфраструктуры) в 2025–2026 гг. взяли другие страны – Европейский союз, Япония, Республика Корея. Технологическое разъединение, безусловно, не означает полный разрыв, но подразумевает снижение странами взаимозависимости и их стремление к суверенитету в критически важных технологиях. Подчеркнем, что дополнительный импульс вопрос обеспечения технологического

суверенитета получил в связи с ИИ-бумом, в рамках которого масштабное строительство ИИ дата-центров, прежде всего в США, столкнулось с критической зависимостью от поставщиков из Азии, что стало сдерживать развитие национальной ИИ-инфраструктуры. Так, по оценкам аналитиков, в середине 2026 г. зависимость американского лидера полупроводниковой индустрии NVIDIA от азиатских поставщиков выросла до 90% против 65% в 2025 г. в связи с колоссальным ростом спроса на продукцию, этапы производства, сборки и ключевых компонентов которой сконцентрированы на Тайване, в Республике Корея и даже Китае (Asian…, 2026).

В контексте физического ИИ важно отметить, что технологическое разъединение первоначально охватывало ограниченный перечень сегментов (полупроводники, ИИ), однако постепенно стало распространяться на более широкий круг продукции и решений, в том числе формирующих инфраструктуру для физического ИИ (ИТ-оборудование, аккумуляторы, редкоземельные металлы, дроны и проч.). Это ставит перед страной задачу обеспечения передового уровня в достаточно широком спектре ИТ-сегментов, что должно позволить опередить конкурирующие страны и регионы в новом направлении слияния техники и ИИ и одновременно снизить зависимость их них.

Цель представленного исследования состоит во всестороннем изучении уровня развития технологического суверенитета Китая в ИТ-отраслях, участвующих в создании передового физического ИИ, при помощи концепции глобальных цепочек стоимости (ГЦС). Выбор Китая обусловлен, с одной стороны, быстрыми темпами его технологического развития, с другой – объясняется курсом КНР на практически полное импортозамещение в условиях санкционного давления, что представляет особый исследовательский интерес, учитывая возникающие для страны риски и ограничения. В качестве изучаемой индустрии выбрана промышленная робототехника (включая гуманоидных роботов), являющаяся ключевой областью материализации ИИ на современном этапе.

Структура статьи состоит из трех основных разделов. В первом изучается участие крупнейших стран мира в ГЦС отраслей, критически важных для развития физического ИИ, и делается вывод о стратегии Китая в этой области. Второй раздел посвящен анализу развития рынка промышленной робототехники в Китае и его позиций на мировом рынке роботизированных систем. В третьем разделе представлены позиции Китая в области гуманоидных роботов, проектируемых изначально, в отличие от традиционных промышленных роботов, под использование ИИ, который определяет принятие гуманоидом решений и его физические действия.

ПОЗИЦИИ ВЕДУЩИХ СТРАН-УЧАСТНИЦ ГЛОБАЛЬНОЙ ИТ-ИНДУСТРИИ В ГЦС ОТРАСЛЕЙ, КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ФИЗИЧЕСКОГО ИИ

Методология

Показатели и период. Анализ участия стран в ГЦС традиционно включает два основных направления – нисходящее и восходящее участие (Guide…, 2025). В рамках тренда на технологический суверенитет ключевое значение имеет изучение Индекса нисходящего участия (ИНУ)[1], который описывает зависимость страны от зарубежной добавленной стоимости (ДС), а именно импортируемых товаров и услуг, используемых для экспортного производства. Снижение этой зависимости в части высокотехнологичных решений и продукции означает импортозамещение и, следовательно, продвижение в сторону суверенитета. В этой связи исследование концентрируется на всестороннем изучении Индекса нисходящего участия – изменении его уровня, отраслевой и региональной структуры. Расчеты проводятся на основе базы данных по добавленной стоимости TiVA, выпускаемой ОЭСР, за период с 2008 по 2022 гг. 2008 г. выбран в качестве точки отсчета в связи с тем, что мировой финансовый кризис 2008–2009 гг. ознаменовал начало нового этапа ГЦС, в рамках которого интенсивное развитие цепочек прекратилось и их рост стал замедляться. Это позволяет выявить долгосрочный тренд снижения взаимодействия стран с зарубежными поставщиками в рамках ГЦС и сделать вывод о том, насколько они двигались в сторону импортозамещения в связи с общей экономико-политической конъюнктурой. Данные в базе данных TiVA доступны до 2022 г., что обусловило завершение расчетов этим годом. Для 2023–2025 гг. проводится анализ данных по традиционной внешней торговле (экспорту и импорту) на основе базы Trade Map.

Страны. Анализ поводится для Китая как основного объекта исследования, который по ряду показателей сравнивается с другими ключевыми странами-участницами мирового рынка промышленной робототехники – Японией, Европейским союзом, Республикой Корея, США.

Отрасли. Для формирования передового уровня в рамках тренда на физический ИИ стране необходимо иметь конкурентоспособные отрасли в сфере цифровых технологий и высокотехнологичных производств, совокупность которых можно рассматривать как экосистему физического ИИ. Перечень этих отраслей достаточно широк – полупроводниковая промыш-

[1] Рассчитывается по формуле $ИНУ_A = ЗДС_A / (ЗДС_A + ВДС_A)$, где $ИНУ_A$ – индекс нисходящего участия страны A, $ЗДС_A$ – зарубежная добавленная стоимость в составе экспорта страны A, $ВДС_A$ – внутренняя добавленная стоимость в составе экспорта страны A.

ленность, электроника и электронные компоненты, высокоточное приборо- и машиностроение, производство электротехнического (двигатели, аккумуляторы) и оптического оборудования, телекоммуникации и облачная инфраструктура, разработка программного обеспечения, новые материалы, непосредственно промышленная робототехника. В рамках базы TiVA они представлены в шести отраслевых группах, которые в данном исследовании предлагается рассматривать как экосистему ИИ, включающую два блока – производственный и сервисный:

1. Производственный блок:

- Компьютеры, электронная и оптическая продукция (раздел 26 ISIC Rev.4 – Четвертой редакции Международной стандартной отраслевой классификации ООН) – далее «Электроника».
- Электрооборудование (раздел 27 ISIC Rev.4).
- Машины и оборудование, не включенные в другие группировки (раздел 28 ISIC Rev.4) – в данный раздел входит непосредственно робототехника и автоматизированное оборудование, также важную роль играют двигатели и механические системы – далее «Прочее машиностроение».

2. Сервисный блок:

- Телекоммуникации (раздел 61 ISIC Rev.4).
- Программное обеспечение, включая консультирование, и информационное обслуживание (разделы 62–63 ISIC Rev.4) – далее «ПО».
- Профессиональная, научная и техническая деятельность (Раздел M ISIC Rev.4) – далее «НИОКР».

Результаты и выводы

В период интенсивного развития ГЦС (до мирового финансового кризиса 2008 г.) наращивание доли зарубежной ДС в экспорте интерпретировалось как положительный тренд, означающий использование компаниями преимуществ глобализации за счет более эффективного размещения операций. Однако кризис вывел на первый план риски, связанные с этим процессом (Escaith et al., 2010), в том числе срывы поставок, рост их стоимости, непрозрачность цепочек (отсутствие информации о поставщиках второго и далее уровней), а также потеря (частичная) контроля над технологическим процессом. В результате финансового кризиса 2008 г. и последовавших за ним глобальных шоков (природные катастрофы 2011 г., торговая война США–КНР, пандемия COVID-19, блокировка Суэцкого канала в 2021 г., российско-украинский и ирано-израильские конфликты, нарушение судоходства в Красном море в 2023 г.) ГЦС стали рассматриваться не столько как инструмент распространения эффективности, сколько глобальных шоков. Их рост сначала замедлился, после чего ГЦС в целом перестали развиваться и частично перешли к сокращению и регионализации.

Однако в отраслевом разрезе динамика ГЦС не была однонаправленной – в отдельных видах деятельности некоторые страны продолжали поддерживать высокий уровень межстрановой интеграции, другие сокращали участие иностранных контрагентов, третьи, напротив, усиливали его. В отраслях, формирующих национальную экосистему физического ИИ, в ведущих технологических державах мира сложились разные картины участия в цепочках стоимости в 2008–2022 гг. (*рис. 1*):

- Китай во всех шести отраслях экосистемы физического ИИ достаточно существенно и одновременно интенсивнее других стран сократил зависимость от зарубежной ДС. При этом снижение в отрасли с наиболее высоким ИНУ (26 – электроника) было максимальным и составило 8,6 п. п. (с 37,4% в 2002 г. до 28,9% в 2022 г.).
- США, демонстрирующие в целом наименьшую зависимость от зарубежной ДС, что обусловлено крупной диверсифицированной экономикой, незначительно сократили ее уровень в отраслях производственного блока (26–28 – электроника, энергооборудование и прочее машиностроение) и оставили без изменений в сервисных сегментах (телекоммуникации, ПО, НИОКР).
- Ресрублика Корея, отличающаяся наиболее высоким ИНУ в отраслях производственного блока, снизила зависимость от зарубежной ДС в них, приблизившись к уровню других стран, однако в телекоммуникациях и НИОКР эта зависимость выросла.
- Япония усилила зависимость от зарубежной ДС во всех рассматриваемых отраслях. Наибольший рост ИНУ произошел в производственных отраслях 26 и 27 (электроника и энергооборудование) +9,3 и +9,1 п. п. соответственно.
- Страны Европейского союза также нарастили ИНУ во всех шести отраслях экосистемы физического ИИ, сохраняя высокую зависимость от внешних поставок, прежде всего в отраслях производственного блока.

Таким образом, Китай в рамках экосистемы физического ИИ наиболее сильно продвинулся в импортозамещении, форсируя развитие национальных технологий и формируя тем самым суверенность. В более благоприятной ситуации по сравнению с другими странами, безусловно, находятся США, имеющие низкий исходный уровень ИНУ и поддерживающие его. В наиболее уязвимой позиции с точки зрения ГЦС и технологического разъединения оказались Республика Корея, Япония и страны Европейского союза – в условиях общего сокращения цепочек они продолжали сохранять, а в ряде случаев существенно наращивать зависимость от зарубежной ДС, что свидетельствует о формировании высоких рисков и зависимости от зарубежных технологий, как возможных воспроизвести в рамках национальной экономики, так и нет.

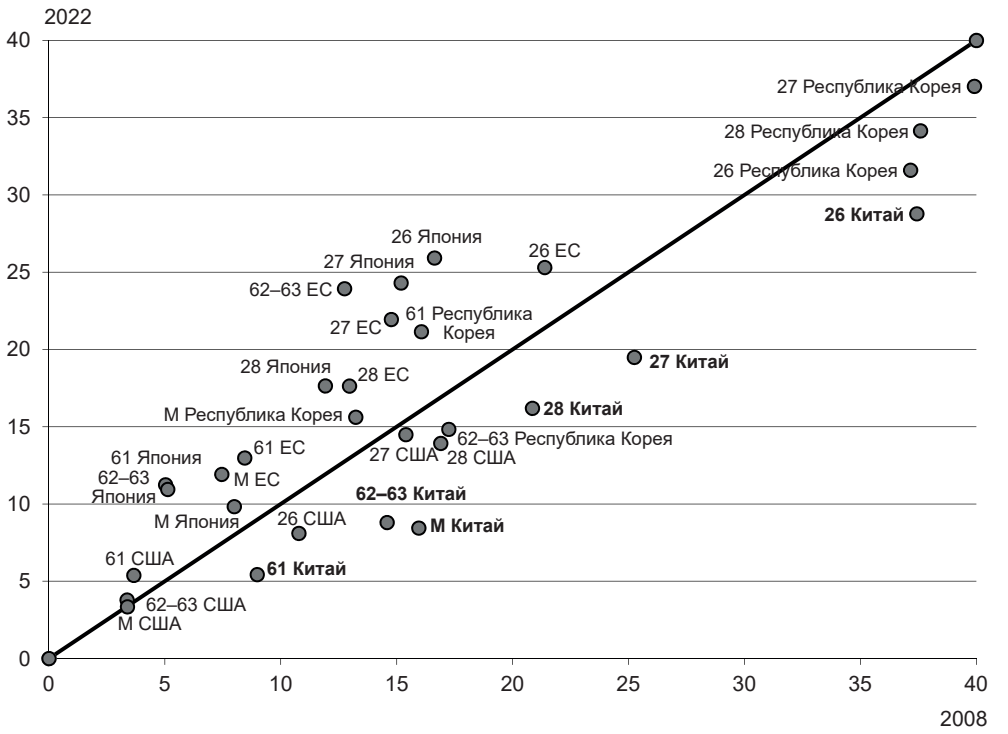

Рис. 1. Индекс нисходящего участия Китая, США, Республики Корея, ЕС и Японии в отраслях экосистемы физического ИИ в 2008 г. и 2022 г., %

Fig. 1. Backward Participation Index of China, the United States, South Korea, the EU, and Japan in the Industries of the Physical AI Ecosystem in 2008 and 2022, %

Источники: здесь и в рис. 2–4 рассчитано по данным базы TiVA: Trade…, 2025.

На следующем этапе проанализируем изменение географии происхождения зарубежной ДС в китайском экспорте рассматриваемых отраслей. Для наглядности расчеты проведены с 2000 г., что позволяет продемонстрировать стратегию Китая не только в период стагнации ГЦС, но и их интенсивного развития.

Во всех отраслях производственного блока (*рис. 2*) КНР последовательно снижала зависимость от технологически развитых стран: совокупная доля США, Республики Корея, Японии и стран ЕС в экспорте электроники снизилась с 69% в 2000 г. до 53% в 2008 г. и до 41% в 2022 г.; в энергооборудовании снижение составило 53, 45 и 36%, а в прочем машиностроении 57, 48 и 36% соответственно. Примечательно, что курс на снижение зависимости от развитых стран Китай последовательно реализует с 2000 г., в том числе в период расцвета ГЦС.

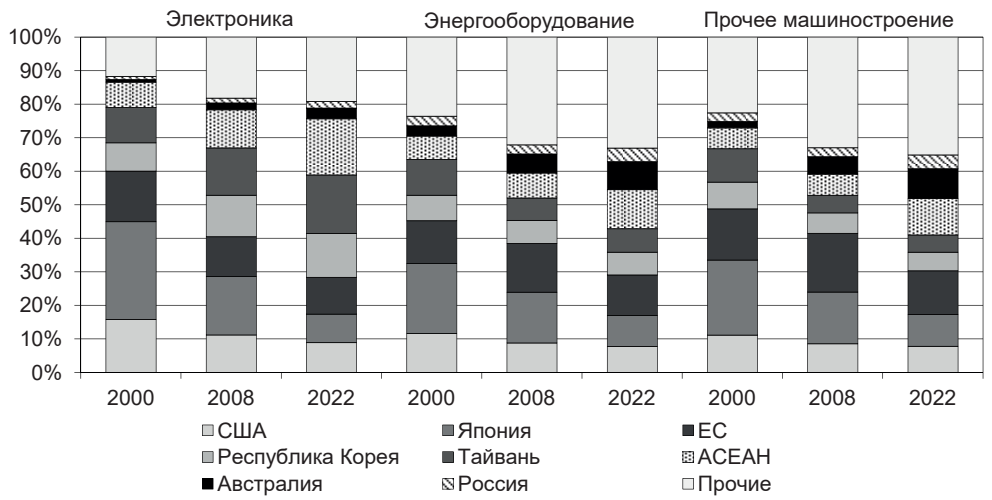

Рис. 2. Географическая структура зарубежной ДС в экспорте Китая по отраслям производственного блока, 2000, 2008 и 2022 гг., %

Fig. 2. Geographical structure of foreign value added in China's exports by industries of the manufacturing block, 2000, 2008 and 2022, %

Аналогичную стратегию (снижение доли зарубежной ДС) Китай проводил в энергооборудовании и прочем машиностроении во взаимодействии с Тайванем – доля острова активно сокращалась в период с 2000 по 2008 гг., после чего остановилась на уровне 7 и 5% соответственно. Такая тенденция объясняется отсутствием значимых конкурентных преимуществ у тайваньских производителей в этих отраслях, в то время как в электронике, на контрактном производстве которой Тайвань специализируется, наблюдалась обратная картина – доля выросла с 10% в 2000 г. до 17% в 2022 г. за счет закупок полупроводников, серверов и других электронных компонентов.

Снижение доли технологически развитых стран сопровождалось расширением взаимодействия Китая со странами Юго-Восточной Азии – Индонезией, Малайзией, Сингапуром, Таиландом, Вьетнамом, Филиппинами. Совокупная доля стран АСЕАН в электронике выросла с 8% в 2000 г. до 11% в 2008 г. и 17% в 2022 г., в энергооборудовании и прочем машиностроении – с 7 и 6% в 2000 г. до 12 и 11% в 2022 г. соответственно. Учитывая, что технологический уровень этих стран ниже, правомерен вывод о том, что интеграция Китаем стран Юго-Восточной Азии в свои ГЦС не приводит к снижению технологического суверенитета, а направлена на рост эффективности.

Важное значение в развитии китайских ГЦС производственного блока экосистемы физического ИИ играет Австралия, доля которой выросла с 1% в электронике, 3% в энергооборудовании и 2% в прочем машиностроении в 2000 г. до 3, 8 и 9% в 2022 г. соответственно. С началом масштабной урба-

низации Китай интегрировал богатую природными ресурсами Австралию в свои ГЦС в качестве поставщика сырья и ряда критических минералов – максимальными темпами шло наращивание импорта железной руды (до 65–70% китайского импорта), литиевого концентрата, необходимого для производства аккумуляторов для электромобилей и систем хранения энергии, высокими темпами росли поставки сжиженного природного газа, бокситов и глинозема (Lee et al., 2025; Laurenceson, 2025).

В отраслях сервисного блока динамика географической структуры происхождения зарубежной ДС в целом повторяет наблюдаемую в производственном блоке (*рис. 3*). Наиболее интенсивно Китай сокращал участие в ГЦС США и Японии – в телекоммуникационном секторе доля ДС из этих стран упала с 13 и 26% в 2000 г. до 9 и 7% в 2022 г. соответственно, в ПО – с 15 и 21% до 10 и 6%, в НИОКР – с 14 и 20% до 11 и 5% соответственно. Участие стран Европейского союза и Республики Корея значительных изменений не претерпело; страны Юго-Восточной Азии нарастили долю в ГЦС Китая, а вот роль Австралии, в отличие от производственных цепочек, осталась на низком уровне, что объясняется сырьевым акцентом внешнеторговых связей между странами, которые слабо переносятся на высокотехнологичные секторы услуг.

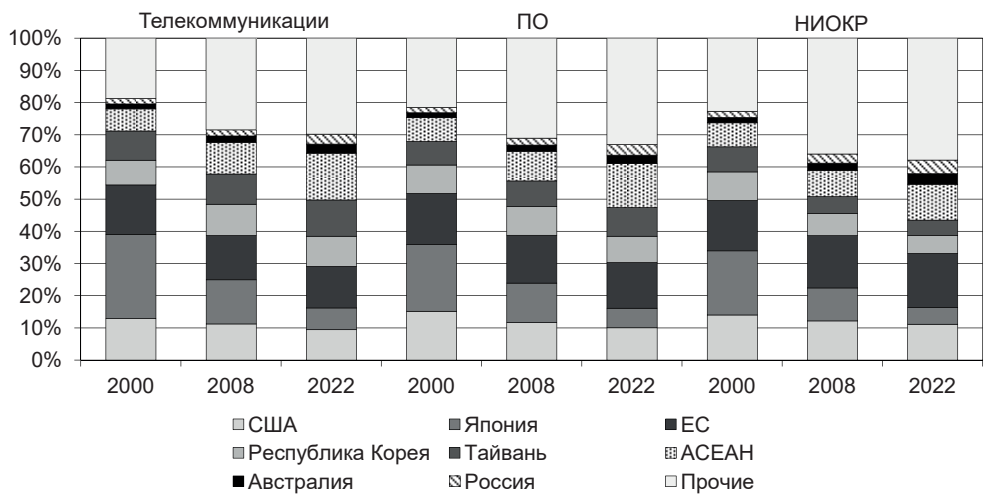

Рис. 3. Географическая структура зарубежной ДС в экспорте Китая по отраслям сервисного блока, 2000, 2008 и 2022 гг., %

Fig. 3. Geographical structure of foreign value added in China's exports by industries of the service block, 2000, 2008 and 2022, %

Отдельно отметим значительное увеличение доли прочих стран в ГЦС Китая как отраслей производственного, так и сервисного блоков. На каж-

дую из подавляющего большинства этих стран приходится менее 1% зарубежной ДС в китайских цепочках, свидетельствуя о росте диверсификации поставок и снижении уязвимости ГЦС.

Наряду с изменениями в географической структуре существенные изменения претерпела и отраслевая структура происхождения зарубежной ДС, используемой Китаем в отраслях экосистемы физического ИИ. Во всех отраслях произошло снижение доли обрабатывающей промышленности и сектора бизнес-услуг за счет увеличения доли добывающего сектора, что свидетельствует об общей переориентации ГЦС Китая на импортозамещение за счет национального производственного сектора. В ряде случаев этот сдвиг носит кардинальный характер – так, в прочем машиностроении доля добывающего сектора выросла в 2,5 раза, составив в 2022 г. почти треть зарубежной ДС (32%). В целом наиболее интенсивно этот рост происходил в период с 2000 до 2008 гг., в течение которого прирост доли ДС из добывающего сектора зарубежных стран составил в экспорте рассматриваемых отраслей Китая в среднем +111%, в последующем динамика замедлилась, и с 2008 по 2022 г. увеличение доли в среднем составило +23%.

Остановимся подробнее на изменении отраслевой структуры зарубежной ДС, поступающей в Китай из обрабатывающей промышленности других стран. Ключевая тенденция, выявленная в рамках исследования, состоит в увеличении во всех рассматриваемых отраслях доли ДС, созданной в производственном блоке физического ИИ, которые, согласно классификации ОЭСР, относятся к высокотехнологичным отраслям и среднетехнологичным отраслям высокого уровня (*рис. 4*). С одной стороны, такая тенденция свидетельствует об отсутствии у Китая достаточно высокого технологического уровня в ряде сегментов и необходимости закупки передовых решений за рубежом. С другой стороны, в период с 2008–2022 гг. среднегодовые темпы роста значительно снизились и, в отличие от 2000–2008 гг., были обеспечены исключительно опережающим ростом в отрасли электроники (темпы роста энергооборудования и прочего машиностроения стали ниже общих по обрабатывающей промышленности), что позволяет сделать вывод о медленном, но последовательном продвижении Китая к технологическому суверенитету в области высоких технологий.

В качестве заключительного этапа анализа ДС по данным базы TiVA кратко отметим участие Китая в ГЦС отраслей экосистемы физического ИИ технологически развитых стран – США, Республики Корея, Японии и ЕС. В отличие от КНР, эти страны последовательно наращивали зависимость от ДС из Китая как в период расцвета ГЦС, так и после 2008 г. Доля китайской ДС в общем экспорте Японии составляла в 2000 г., 2008 г. и 2022 г. 6, 11 и 18% соответственно, в экспорте Республики Корея – 5, 11 и 18%, в экс-

порте США – 3, 8 и 12%, с экспорте стран ЕС – 3, 6 и 11%. Кардинальных изменений в отраслевой структуре поставок ДС из КНР не произошло. Для исследуемых отраслей в период 2000–2022 гг. можно отметить некоторое увеличение доли отраслей производственного блока (электроника; энергооборудование; машиностроение, включая в данном анализе автомобилестроение) в поставках китайской ДС в Японию и Республику Корея (с 16 до 19% и с 14 до 18% в 2000 г. и 2022 г. соответственно); снижение этой доли в США (с 21 до 16%) и сохранение на прежнем уровне в ЕС (17%). В сервисном блоке (телекоммуникации, ПО, НИОКР) во всех странах произошло наращивание поставок ДС, созданной в научно-исследовательской сфере Китая, – доля НИОКР выросла в зависимости от страны с 1–2% в 2000 г. до 3–4% в 2022 г., что говорит об углублении взаимодействия Китая не только в поставках стандартизированной продукции и компонентов по заимствованным технологиям, но и в поставках продукции, основанной на национальных технологических решениях. Таким образом, реализуя стратегию замещения зарубежной ДС национальной, Китай одновременно сохраняет в ГЦС других стран позиции одного из ключевых поставщиков, несмотря на общий тренд на сокращение цепочек и стремление к суверенитету.

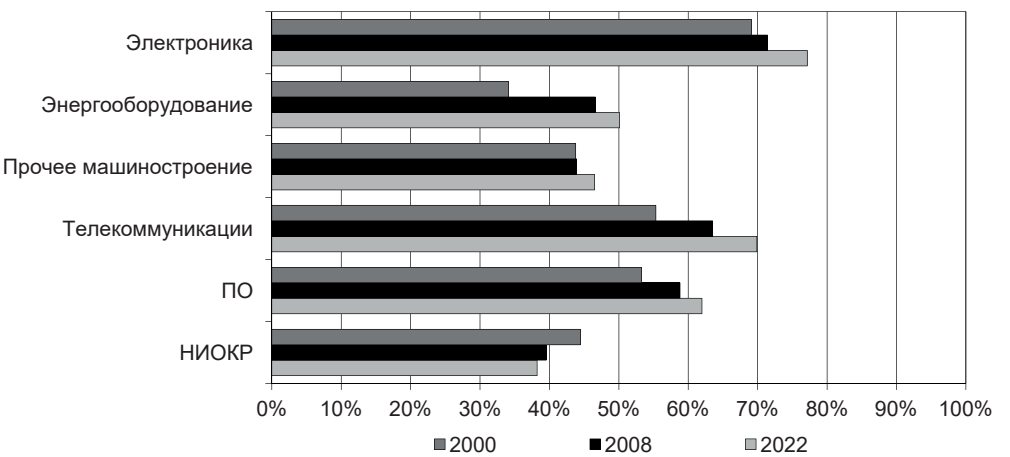

Рис. 4. Доля электроники, энергооборудования и прочего машиностроения в общем объеме зарубежной ДС из обрабатывающей промышленности в экспорте Китая по отраслям, 2000, 2008 и 2022 гг., %

Fig.4. Share of electronics, electrical equipment, and other machinery in total foreign value added from manufacturing in China's exports by industry, 2000, 2008 and 2022, %

База данных TiVA представляет отраслевую статистику по ДС на очень агрегированном уровне, что дает представление об общем направлении развития отрасли, но не отдельных видов продукции, критически важных для

развития физического ИИ. Кроме того, она не содержит актуальные данные, позволяя провести анализ только до 2022 г. В этой связи в рамках исследования дополнительно проводится анализ традиционной внешней торговли по данным Trade Map за период 2008–2025 гг., что позволяет выявить динамику зависимости КНР от поставок высокотехнологичной продукции (традиционный импорт) и его позиций как ее поставщика (традиционный экспорт) на уровне товарных позиций, непосредственно формирующих экосистему физического ИИ. Так как база данных Trade Map представляет детальную статистику именно по торговле товарами[1], по отношению к представленному выше анализу на основе данных TiVA рассматривается производственный блок экосистемы физического ИИ.

На основе материалов ведущих аналитических агентств (Physical AI…, 2025; Physical AI…, 2026; Kelkar et al., 2026) и ряда научных работ из области инженерии (Kanta et al., 2025; Zhang et al., 2026; Ren et al., 2025), посвященных воплощенному и физическому ИИ, а также интеграции промышленной робототехники и ИИ, в том числе создании гуманоидных роботов, были выделены следующие необходимые для развития физического ИИ технологические возможности и соответствующие им 12 товарных позиций (в кодах HS[2]):

- Вычислительные возможности ИИ

HS 8542 – Электронные интегральные схемы; их части

HS 8471 – Вычислительные машины и устройства для автоматической обработки данных; машины для переноса данных на носители в кодированной форме и машины для обработки таких данных.

- Возможности робототехники

HS 847950 – Промышленные роботы, прочие

HS 8501 – Электродвигатели и электрогенераторы.

- Возможности прецизионного производства

HS 8482 — Шариковые и роликовые подшипники

HS 8483 – Передаточные валы, шестерни, редукторы, муфты и другие элементы механических передач

HS 8486 – Оборудование для производства полупроводников, интегральных схем и плоских дисплеев.

- Возможности сенсорных систем

HS 8525 – Передающая аппаратура для радио- и телевещания, телевизионные, цифровые и видеокамеры

[1] Trade Map содержит данные по международной торговле услугами, однако на таком же агрегированном уровне, как база TiVA.

[2] HS, Harmonized System – гармонизированная система описания и кодирования товаров – международный стандарт цифровой классификации товаров, который используется в международной торговле и таможенном оформлении.

HS 9015 – Геодезические, фотограмметрические, гидрографические, метеорологические и геофизические приборы

HS 9031 – Измерительные и контрольные приборы и машины.

- Энергетические возможности

HS 850760 – Литий-ионные аккумуляторы

HS 8504 – Электрические трансформаторы, статические преобразователи и катушки индуктивности.

В таблице представлены данные по экспорту и импорту Китая по выделенным товарным позициям в стоимостном выражении, а также расчеты торгового баланса и коэффициента покрытия импорта экспортом[1], который позволяет оценить динамику степени внешней зависимости КНР в этих видах продукции.

Таблица

Экспорт, импорт, торговый баланс и коэффициент покрытия импорта экспортом по ключевым видам продукции экосистемы физического ИИ в Китае, 2008 и 2022 гг.

Table

Exports, imports, trade balance, and import coverage ratio by exports for key product groups of China's physical AI ecosystem, 2008 and 2022

Товарная позиция	Экспорт, млрд долл.		Импорт, млрд долл.		Торговый баланс, млрд долл.		Коэффициент покрытия импорта экспортом, %	
	2008	2025	2008	2025	2008	2025	2008	2025
Вычислительные возможности ИИ								
8542	25,0	203,0	116,0	368,0	–91,0	–165,0	22	55
8471	106,0	151,0	17,0	54,0	89,0	97,0	624	280
Возможности робототехники								
847950	45,0	824,0	301,4	838,0	–256,4	–14,0	15	98
8501	6,6	17,0	2,4	3,6	4,2	13,4	280	466
Возможности прецизионного производства								
8482	2,9	6,7	2,5	3,3	0,4	3,4	115	200
8483	3,1	11,0	4,2	5,2	–1,1	5,8	73	212
8486	576,0	5700,0	6066,0	49520,0	–5490,0	–43820,0	9	12
Возможности сенсорных систем								
8525	11,0	13,0	2,6	2,2	8,4	10,8	418	601
9015	404,0	2000,0	622,4	1222,0	–218,4	778,0	65	164
9031	782,0	8600,0	3838,0	15560,0	–3056,0	–6960,0	20	55
Энергетические возможности								
850760	4,5 (2012 г.)	77,0	3,07 (2012 г.)	2,0	1,4	75,0	147	3786
8504	17,0	53,0	5,5	7,4	11,5	45,6	309	716

Источник: рассчитано по данным Trade Map: Trade Intelligence…, 2026.

[1] Рассчитывается как отношение стоимости экспорта товара к стоимости его импорта, умноженное на 100%

Анализ данных позволяет сделать однозначный вывод о наращивании Китаем суверенитета и конкурентоспособности в области технологий, формирующих экосистему физического ИИ:

- Если в 2008 г. в 6 из 12 видах продукции Китай был нетто-импортером, то к 2025 г. число таких отраслей сократилось вдвое (до трех, если не учитывать HS 847950, коэффициент покрытия которой в 2025 г. составил 98%, приблизившись к 100%).
- По всем видам продукции, где Китай сохранил статус нетто-импортера, произошел рост коэффициента покрытия и, следовательно, снижение зависимости от зарубежных поставок.
- Наиболее критическая ситуация сохраняется по HS 8486 (оборудование для производства полупроводников, интегральных схем и плоских дисплеев) – Китай не обладает собственным достаточно развитым производством полупроводников и оборудования для их выпуска, находится под сильным санкционным давлением и вынужден импортировать устаревшее оборудование и технологии, что существенно замедляет его технологическое развитие.
- По целому ряду критически важных для развития физического ИИ видов продукции Китай является не просто нетто-экспортером, а одним из лидеров, наращивающих позиции на мировом рынке: литий-ионные аккумуляторы (HS 850760), трансформаторы и преобразователи (HS 8504), генераторы (HS 8501), камеры и передающая аппаратура (HS 8525), подшипники (HS 8482) и др.

Таким образом, обзор традиционной статистики по экспорту и импорту позволяет сделать вывод о том, что Китай демонстрирует высокую и существенно возросшую готовность к развитию физического ИИ: за 2008–2025 гг. по ряду ключевых компонентов экосистемы он укрепил позиции ключевого экспортера на мировом рынке, по другим заметно сократил внешнюю зависимость. Наиболее уязвимым звеном остаются полупроводники и оборудование для их производства, ограничивая технологический суверенитет Китая в наиболее высокотехнологичной части экосистемы физического ИИ.

РАЗВИТИЕ РЫНКА ПРОМЫШЛЕННОЙ РОБОТОТЕХНИКИ В КИТАЕ

Основополагающим фактором слияния робототехники и ИИ как формы физического ИИ с целью его массового применения в интересах национальной экономики является наличие в стране развитой физической базы, т. е. непосредственно промышленных роботов. В этой связи в рамках исследования проводится анализ рынка промышленной робототехники Китая, в том числе как части мирового рынка и в сравнении с другими странами.

Мировой рынок

Динамика мировых установок промышленных роботов позволяет выделить три ключевых этапа развития отрасли в 2008–2024 гг. (*рис. 5*):

1. 2008–2010 гг. – этап кризиса, который продемонстрировал высокую чувствительность отрасли к макроэкономическим шокам. Объем мировых установок промышленных роботов, по данным IFR[1], упал с 113 тыс. ед. в 2008 г. до 60 тыс. в 2009 г. (–47%), после чего последовало восстановление рынка, который составил 118 тыс. установок в 2010 г.

2. 2011–2016 гг. – этап стабилизации, когда после пика 2011 г. (166 тыс. установок) наступила двухлетняя стагнация (−4,0% в 2012 г.), сменившаяся устойчивым, но умеренным ростом в 15–16% в 2015–2016 гг.

3. 2017–2024 гг. – этап качественного скачка, на котором мировой рынок сначала приблизился к отметке в 400 тыс. установок, а к 2022 г. достиг рекордных 553 тыс., после чего последовала двухлетняя стабилизация.

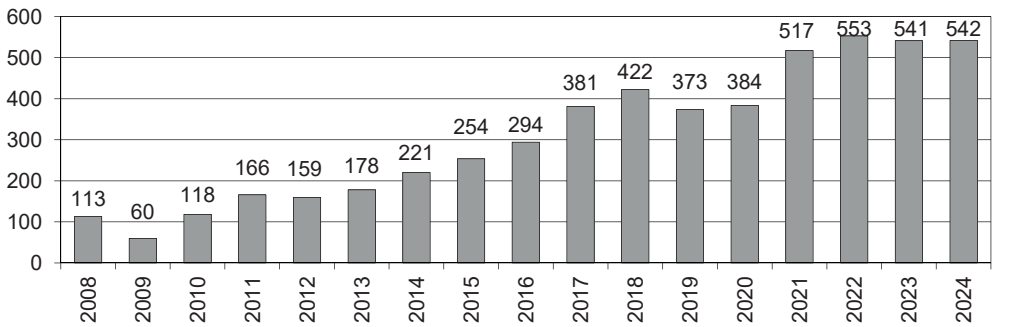

Рис. 5. Число установок промышленных роботов в мире, тыс. единиц, 2008–2024 гг.
Fig. 5. Number of industrial robot installations worldwide, thousand units, 2008–2024

Источники: данные IFR: World…, 2012; World…, 2014; Global…, 2024.

Отметим, что в 2008–2024 гг. каждый кризисный спад сменяется более мощным восстановлением отрасли. При этом долгосрочный тренд остается неуклонно восходящим, что указывает на высокий спрос на промышленных роботов, обусловленный развитием автоматизации и цифровизации мировой промышленности.

Согласно данным IFR (Robot…, 2026), в 2008 г. мировой рынок промышленных роботов имел относительно сбалансированную трехполюсную региональную структуру: доля Азии / Австралии составляла 53,4% (прежде

[1] IFR, International Federation of Robotics – Международная федерация робототехники, некоммерческая профессиональная организация, которая объединяет национальные ассоциации производителей роботов, научно-исследовательские институты и других участников индустрии со всего мира

всего за счет Японии и Республики Корея), Европы − 30,7%, США – 15,2%. На уровне стран Китай занимал скромное седьмое место с долей 7,0%, уступая не только Японии (29,3%), но и Германии (13,4%), США (11,9%) и Республике Корея (10,2%). Однако к 2024 г. географическая структура мирового рынка радикально изменилась: на Азию / Австралию пришлось 74,1% мировых установок, причем наибольшая часть этой доли была обеспечена Китаем (54,4%), установившем 295 тыс. новых промышленных роботов, что почти в четыре раза больше, чем во всем Евросоюзе (около 68 тыс. ед., 16% мирового рынка). Совокупная доля ведущих стран (Япония, США, Германия, Республика Корея) за 16 лет сократилась с 65% в 2008 г. до 25% в 2024 г. То, что более половины всех новых роботов в мире сегодня устанавливаются в одной стране (Китае), кардинально меняет глобальную географию производства и ставит вопрос о перераспределении технологического влияния в цепочках создания стоимости.

Рынок Китая

Динамику установок промышленных роботов в Китае в период 2008–2024 гг. можно условно разделить на пять основных фаз (*рис. 6*), каждая из которых имеет свои драйверы и ограничения.

Фаза 1 (2008–2012 гг.) – шоковое восстановление и институциональное становление. После падения с 7,9 тыс. установок в 2008 г. до 5,5 тыс. в 2009 г. (−30%) последовал взрывной рост. Число установок в 2010 г. составило 15,0 тыс. и достигло 23,0 тыс. к 2012 г. В этот период Китай впервые вошел в число ведущих рынков отрасли, а IFR зафиксировала уникальность феномена: «За 50-летнюю историю промышленной робототехники не было другой страны с настолько динамичным ростом установок» (World…, 2012). Однако данные этого периода требуют оговорки: до 2013 г. в Китае не существовало национальной ассоциации робототехники (CRIA), и IFR учитывала только импортированных роботов, не включая продажи китайских отечественных производителей (World…, 2014). Таким образом, реальный рынок Китая в 2008–2012 гг. был больше официальных данных, что важно учитывать при оценке стартовых позиций страны.

Фаза 2 (2013–2014 гг.) – перелом тенденций. В 2013 г. Китай впервые стал крупнейшим в мире рынком промышленных роботов – на него пришлось 21% мировых установок, одновременно произошло методологическое изменение – в статистику включили данные китайских производителей (около 9 тыс. единиц, по данным CRIA в 2013 г.) (World…, 2014).

Фаза 3 (2015–2016 гг.) – экспансия при стабилизации темпов. Доля китайских производителей на внутреннем рынке выросла с 25% в 2013 г. до 31% в 2016 г. (World…, 2014), а Китай по объему установок (87 тыс. в 2016 г.) почти сравнялся с суммарными установками в Европе и Америке (97,3 тыс. в 2016 г.).

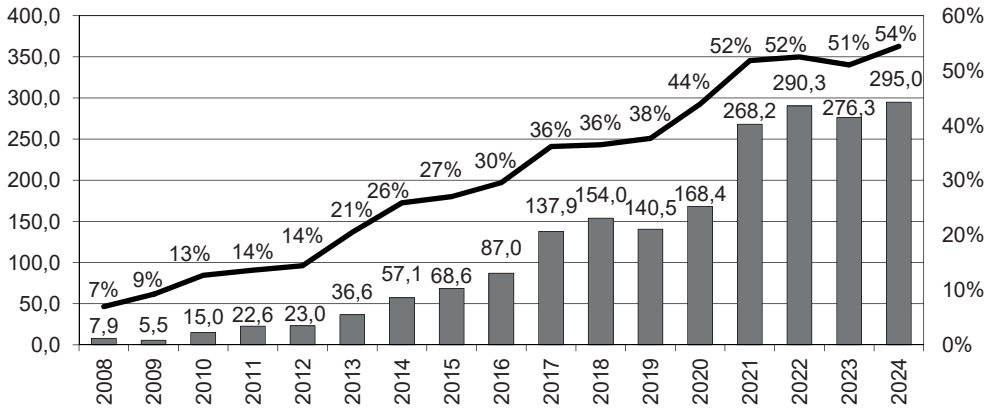

Рис. 6. Число установок промышленных роботов в Китае, тыс. единиц (левая ось Y) и доля Китая в общем числе установок в мире, % (правая ось Y), 2008–2024 гг.

Fig. 6. Number of industrial robot installations in China, thousand units, (left y-axis) and China's share of total global installations, %, (right y-axis), 2008–2024

Источники: данные IFR: World…, 2012; World…, 2014; China…, 2025.

Фаза 4 (2017–2022 гг.) – быстрый рост и глобальное доминирование. В 2021 г. Китай перешагнул 50%-ный барьер мировых установок. Ключевыми драйверами стали: стремительное развитие производства электромобилей и аккумуляторов (в 2021 г. число установок роботов в автомобильной промышленности КНР выросло на 89%, в 2022 г. – еще на 26%) и ускорение автоматизации в электронной промышленности на фоне глобального бума потребительской электроники в ковидный период.

Фаза 5 (2023–2024 гг.) – структурная перестройка. Незначительное падение установок в 2023 г. было обусловлено отраслевой коррекцией: после перепроизводства компонентов в 2021–2022 гг. электронная промышленность по всему миру сокращала избыточные запасы. Последовавшее восстановление 2024 г. (+6,8%) имело качественно иной характер: доля китайских производителей на внутреннем рынке выросла до 57%, причем в отрасли электроники она достигла 59%, в автомобильной промышленности выросла на 9 п. п., до 31% (China…, 2025). Китайские производители впервые продали на внутреннем рынке больше роботов, чем иностранные компании, что является институциональным маркером состоявшегося импортозамещения.

Рост китайского рынка промышленной робототехники носит не только количественный, но и качественный характер: если в 2019 г. плотность роботизации в Китае по методологии IFR составляла 187 роботов на 10 тыс. занятых, заметно уступая Японии (364 роботов) и особенно Республике Корея (855 роботов), то к 2023 г. Китай вышел на третье место в мире (470 роботов на 10 тыс. занятых) (Global…, 2024). Однако здесь важно сделать ого-

ворку, что в 2026 г. IFR пересмотрела методологию расчета плотности роботизации с учетом полного охвата занятых в промышленности, по данным Национального бюро статистики КНР, и скорректированный показатель составил в 2024 г. 166 роботов на 10 тыс. рабочих (22-е место в мире). Тем не менее это не отменяет тренда на ускоренное сближение с лидерами по абсолютным объемам внедрения (Robot…, 2026).

Динамика внешней торговли Китая промышленными роботами наглядно демонстрирует факт состоявшегося импортозамещения (*рис. 7*). В 2008 г. импорт составил около 310 млн долл. США, значительно превышая объемы экспорта. Структура зарубежных поставок отражала зависимость от ограниченного числа стран: безусловным лидером была Япония (113 млн долл., или 36,5% импорта), за ней следовали Германия (59 млн долл., 18,1%), Республика Корея (29 млн долл., 9,4%), Тайвань (26 млн долл., 8,4%), Швеция (22 млн долл., 7,1%). В последующие годы темпы роста импорта сохранялись на высоком уровне, однако с 2021 г. началось его стремительное падение. В 2024 г. импорт составил лишь 644,9 млн долл. (в 2,4 раза меньше пикового уровня 2021 г.), что с учетом непрерывного роста числа установок означает не спад спроса, а замещение импортной продукции национальной. В 2021 г. иностранные поставщики все еще контролировали около 70% китайского рынка промышленных роботов, однако в 2024 г. китайские производители продали на внутреннем рынке больше установок, чем иностранные компании – их доля достигла 57% (China…, 2025). С точки зрения географии поставок Китай существенно усилил зависимость от Японии (83% импорта в 2025 г.), сократив поставки из других стран.

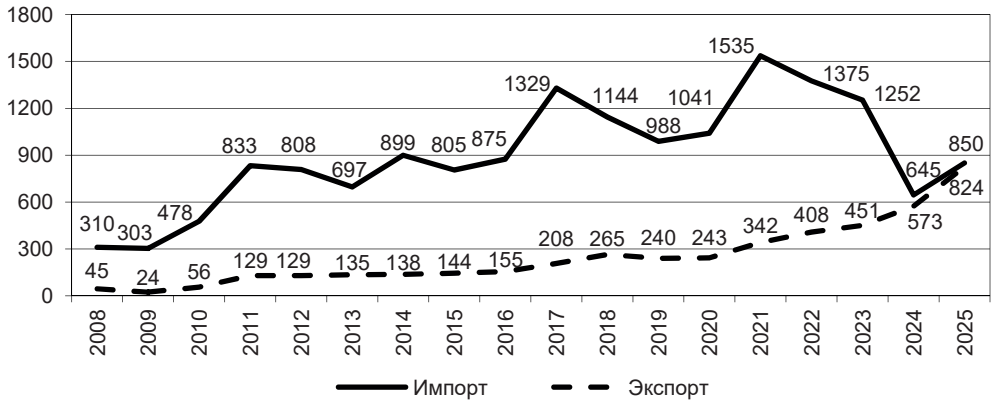

Рис. 7. Экспорт и импорт промышленных роботов в Китае, млн долл. США, 2008–2024 гг.
Fig. 7. Exports and Imports of Industrial Robots in China, USD million, 2008–2024, 2008–2024

Источники: рассчитано по данным Trade Map: Trade Intelligence…, 2026.

Динамика китайского экспорта промышленных роботов в течение 2008–2025 гг. является исключительно положительной. Если в 2008 г. экспорт в стоимостном выражении составил лишь 44,7 млн долл., уступая импорту почти в 7 раз, то в 2024 г. страна приблизилась к торговому балансу и, вероятно, в ближайшие годы получит официальный статус нетто-экспортера промышленных роботов. Стоит отметить, что география экспорта изменилась: если в 2008 г. основными покупателями были Республика Корея, Гонконг, Канада, США и Индия, то к 2025 г. на первые позиции вышли Вьетнам (98 млн долл.) и Таиланд (67 млн долл.), показав рост более чем в два раза по сравнению с 2024 г. Столь значительный рост экспорта в страны Юго-Восточной Азии неслучаен: они находятся на этапе ускоренной индустриализации и модернизации, являясь ключевыми звеньями в глобальной реконфигурации глобальных производственных цепочек. Перенос сборочных мощностей из Китая в эти страны создал устойчивый спрос на автоматизированное оборудование для новых заводов, обслуживающих электронную и автомобильную промышленность, а также производство бытовой техники. Ключевое конкурентное преимущество китайских производителей – сочетание доступной цены, быстрой поставки и инженерной адаптивности. Кроме того, китайские компании создают локализованные сервисные сети, обеспечивая более оперативное послепродажное обслуживание по сравнению с японскими и европейскими конкурентами. Для малых и средних предприятий возможность быстро приобрести, установить и обслужить оборудование нередко важнее отдельных технических характеристик (The ‘Counterattack’…, 2026).

Несмотря на впечатляющую динамику развития рынка и производства промышленных роботов в Китае, сохраняются два системных ограничения.

Во-первых, китайские производители только начали приближаться к позициям глобальных лидеров, мировая статистика их к таковым до недавного времени не относила. Около 70% мирового рынка в 2023 г. занимали швейцарско-шведская ABB, японские Epson, Fanuc, Kawasaki, Yaskawa, Denso, немецкая – контролируемая китайским капиталом KUKA и датская – контролируемая американским капиталом Universal Robots (*рис. 8*). Тем не менее ведущие китайские игроки – Estun, Siasun, Efort, Evst, Inovance – развиваются очень быстрыми темпами: по данным Китая, в 2025 г. Estun и Inovance оказались в десятке крупнейших производителей промышленных роботов в мире по объему продаж, заняв соответственно 9-е и 10-е места с долями 3,8 и 2,9% (TOP 10…, 2025). Однако они пока сильно уступают лидерам в премиальном высокотехнологичном сегменте, например, в автомобильной промышленности, где предъявляются более жесткие требования к точности и надежности.

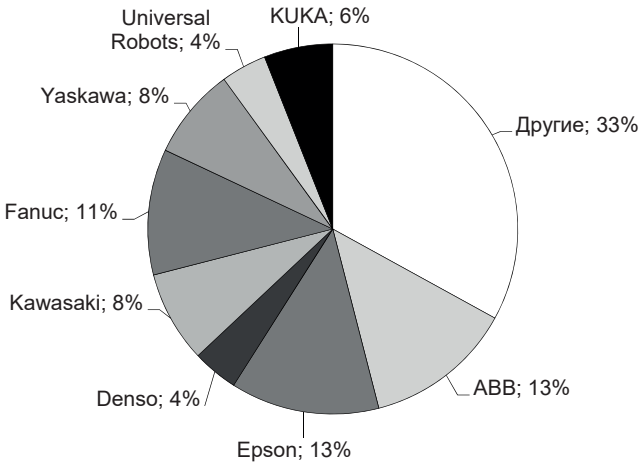

Рис. 8. Доли ключевых игроков на мировом рынке промышленной робототехники, 2023 г., %
Fig. 8. Shares of key players in global industrial robotics market, 2023, %

Источник: рассчитано на основе данных Statista.

Во-вторых, сохраняется зависимость по ряду ключевых компонентов. В сегменте прецизионных RV-редукторов – критического узла манипулятора – по-прежнему лидируют японские Nabtesco и Sumitomo Drive, а также словацкая SPINEA. Несмотря на то, что семь из десяти крупнейших мировых производителей редукторов являются китайскими компаниями, по точности и ресурсу они пока уступают японским аналогам и в совокупности занимают всего около 10–15% рынка. В сегменте серводвигателей ситуация более благополучная – на китайских производителей приходится 20–25% мирового рынка (China's…, 2026). Так, например, Inovance и Zhejiang He Chuan Tech (HCFA) удовлетворяют массовый внутренний прирост спроса на моторы для промышленных роботов. По оценке FMI, среднегодовые темпы роста китайского рынка моторов составят в 2026–2036 гг. 6,6%, что в 1,2 раза выше, чем в Германии (Industrial…, 2026). Уровень локализации контроллеров для промышленных роботов в Китае достиг 70–80%, а китайские производители, включая Estun Automation, Inovance Technology и Siasun Robot, занимают порядка 30–35% мирового рынка. Их конкурентоспособность обеспечивается более низкой стоимостью продукции, быстрой адаптацией к локальным условиям и расширенными возможностями интеграции алгоритмов ИИ. В сегменте датчиков зрения (2D/3D-камеры и LiDAR) локализация превышает 80%, причем китайские компании, такие как Hikvision и Orbbec, контролируют более 40% глобального рынка. По датчикам силы и крутящего момента локализация достигла 73%, однако вы-

сокоточные шестиосевые модели по-прежнему закупаются преимущественно у швейцарских и японских поставщиков (China's…, 2026).

Одним из ключевых инструментов улучшения позиций китайских компаний в промышленной робототехнике стали зарубежные иностранные инвестиции. Самый яркий пример – покупка в 2016 г. немецкого производителя KUKA китайской Midea Group: сделка на сумму около 4,5 млрд евро, в результате которой к 2022 г. Midea стала контролировать 100% акций KUKA. Поглощение обеспечило Китаю прямой доступ к одной из ведущих мировых технологий в отрасли и позволило встроить китайские производственные площадки в цепочку KUKA – сегодня три из 14 основных заводов компании расположены в Китае (наряду с шестью в ЕС и тремя в США). Эксперты характеризуют эту сделку как ощутимую потерю технологического суверенитета для Германии и ЕС в целом. Кроме того, в 2017 г. Midea приобрела израильского производителя систем управления движением Servotronix, что позволило компании наладить собственное производство ключевых компонентов и сократить импорт контроллеров и сервоприводов. Другие китайские компании действовали в схожей логике: в 2016 г. ChemChina приобрела немецкого производителя KraussMaffei, специализирующегося на промышленной автоматизации и интеграции роботов в производство пластмасс; в 2019 г. Estun Automation купила Carl Cloos Schweißtechnik, известного немецкого производителя сварочного оборудования, что открыло Estun доступ к автомобильному и тяжелому машиностроению. При этом ранее, в 2017 г., Estun приобрела британского производителя систем управления движением Trio Motion Technology. В 2016 г. Zhejiang Wanfeng Technology купила американскую Paslin Company, которая проектировала сборочные линии для автозаводов в Северной Америке, – это позволило китайской стороне освоить компетенции в области системной интеграции (Andreoni et al., 2026). Таким образом, через поглощения западных компаний с узкой технологической специализацией Китай закрывал критические пробелы в своих робототехнических ГЦС: поглощение KUKA и других зарубежных компаний ярко иллюстрируют эту стратегию.

Достигнутые Китаем результаты в области промышленной робототехники также являются следствием целенаправленной и последовательной государственной политики. Так, еще в 2008 г. совместным решением Министерства науки и технологий, Министерства финансов и Государственной налоговой администрации КНР был утвержден перечень приоритетных высокотехнологичных направлений, в который вошли передовые производственные технологии, включая робототехнику. В 2011 г. вступил в силу 12-й пятилетний план, в рамках которого были впервые выделены интеллектуальное производство и робототехника как приоритет научных иссле-

дований с акцентом на ключевые компоненты (редукторы, серводвигатели). В 2015 г. национальная стратегия «Сделано в Китае – 2025» закрепила станки с ЧПУ и роботов в числе 10 приоритетных секторов с целью превращения Китая в «сверхдержаву производства» к 2049 г.; уже к октябрю 2016 г. не менее 70 региональных администраций приняли собственные версии стратегии, а совокупный объем выявленных региональных субсидий на робототехнику превысил 40 млрд юаней в 21 городе и 5 провинциях (Wübbeke et al., 2016). Отраслевая «Программа развития робототехнической отрасли» (2016–2020 гг., MIIT / NDRC / Минфин) ставила задачу утроить производство промышленных роботов до 100 тыс. ед. в год к 2020 г. и снизить зависимость от иностранных серводвигателей и систем управления (Song, 2022). Дополнительным каналом поддержки компонентной базы стал государственный «Большой фонд» полупроводниковой отрасли (Big Fund II, 2019 г., 204,15 млрд юаней). 14-й пятилетний план развития робототехники (2021 г., 12 ведомств во главе с MIIT / NDRC / MOST) поставил цель глобального лидерства к 2025 г. и роста отрасли свыше 20% в год, а программа «Робот+» (2023 г., MIIT и 17 других ведомств) сфокусировалась на стимулировании внедрения роботов в 10 ключевых отраслях экономики (Implementation …, 2023).

В сравнении с другими крупными экономиками китайская политика в области поддержки и развития отрасли промышленной робототехники выделяется как наиболее комплексная и многоуровневая система – сочетание национальных пятилетних планов, специализированных отраслевых программ и региональных / муниципальных инициатив с четкими количественными ориентирами. Для сравнения, американская модель исторически строилась как распределенное финансирование фундаментальных исследований через независимые агентства (NSF, DARPA, NASA) без единой национальной стратегии вплоть до 2025 г.; европейская модель сочетает наднациональную программную линию (Horizon Europe, SPARC / ADRA) с отдельными национальными стратегиями заинтересованных стран (в первую очередь Германии, Франции); японская модель опирается на законодательно закрепленные пятилетние циклы, но с более длительным горизонтом планирования. Именно институциональная плотность и скорость принятия решений стали, наряду с масштабом внутреннего спроса, ключевым фактором опережающего продвижения Китая к технологическому суверенитету в промышленной робототехнике и заложили институциональный и производственный фундамент для следующего этапа – слияния роботов с ИИ, в том числе создания гуманоидных роботов.

РАЗВИТИЕ ПРОИЗВОДСТВА ГУМАНОИДНЫХ РОБОТОВ В КИТАЕ

Переход от традиционной промышленной робототехники к гуманоидным системам представляет собой качественно новый этап развития физического ИИ. Если промышленные манипуляторы решают задачи в жестко структурированных средах, то гуманоиды призваны работать в местах, созданных изначально для людей, используя те же инфраструктуру и инструменты, что и человек, без какой-либо адаптации среды.

Китай, нарастивший компетенции в массовом производстве роботизированных компонентов, систем управления и вертикальной интеграции цепочек поставок, в 2024–2025 гг. вышел на мировое лидерство именно в сегменте промышленных гуманоидов, опережая по темпам масштабирования американских и европейских конкурентов: «в Китае насчитывается более 140 производителей человекоподобных роботов, объем поставок которых составляет около 14,4 тыс. ед., что составляет 84,7% от мирового объема» (Humanoid…, 2026). Есть три основных фактора такого успеха. Первый – это глубокая интеграция цепочек поставок. Так, например, в регионе дельты реки Янцзы сформировалась самая плотная в мире экосистема для производства гуманоидных роботов: почти все поставщики компонентов находятся в радиусе двухчасовой транспортной доступности, что радикально ускоряет логистику и снижает издержки. Второй фактор – скоординированная государственная политика (подробнее ниже). Третий – масштаб спроса со стороны крупнейших национальных производителей. Такие гиганты, как BYD (крупнейший в мире автопроизводитель электромобилей), CATL (мировой лидер по производству аккумуляторов) и Foxconn (главный контрактный сборщик электроники), формируют потребность в десятках тысяч роботизированных систем. Этот «промышленный голод» создает устойчивый внутренний рынок, который, в свою очередь, стимулирует инвестиции в НИОКР и ускоряет итерации продуктов.

Ведущими производителями выступают три ключевых игрока: AgiBot, Unitree Robotics и UBTECH Robotics (China…, 2026). AgiBot (Шанхай), основанная в 2023 г. бывшими инженерами Huawei, к марту 2026 г. достигла выпуска 10 тыс. гуманоидных роботов, из которых 5,2 тыс. единиц были отгружены в 2025 г., что обеспечило компании 39% глобального рынка гуманоидных роботов по данным Omdia. Unitree Robotics (Ханчжоу), основанная в 2016 г., отгрузила около 5,5 тыс. гуманоидных единиц в 2025 г., предлагая линейку H1 / G1 / R1 с ценой базовой модели от 5,9 тыс. долл.; компания нацелена на наращивание мощностей до выпуска 75 тыс. гуманоидов и 115 тыс. квадрупедов (роботов-собак) в год. UBTECH Robotics (Шэньчжэнь)

развернула серийное производство Walker S2 на заводах в Лючжоу с годовой целью 5 тыс. единиц; по состоянию на конец 2025 г. подтвержденный портфель заказов превысил 1,4 млрд юаней (около 195 млн долл.) (Brooks, 2026). Учитывая планы, правомерно ожидать роста доли китайских компаний на мировом рынке гуманоидов в 2026 г., которая и так является подавляющей.

В 2026 г. промышленное применение гуманоидов в Китае вышло за рамки пилотных проектов и перешло в стадию коммерческой эксплуатации. Наиболее активно этот процесс идет в автомобильной промышленности. Так, роботы UBTECH Walker S2 работают на сборочных линиях BYD, Geely, FAW-Volkswagen, Dongfeng, BAIC, Audi FAW и Foxconn, выполняя задачи перемещения деталей, координации с AMR / AGV, контроля качества и обнаружения утечек хладагента. Их конструкция, включая систему автономной замены аккумулятора, рассчитана на круглосуточную работу оборудования без остановок на обслуживание, что является преимуществом. Известно также, что в январе 2026 г. Европейская Airbus подписала соглашение с UBTECH об интеграции Walker S2 в авиационное производство, что рассматривается как шаг к изучению потенциала применения гуманоидной робототехники в авиастроении. UBTECH, помимо этого, подписала стратегическое соглашение с немецкой Siemens Digital Industries Software для масштабирования производства до 10 тыс. роботов в год, чтобы перейти от опытных образцов к крупносерийному выпуску уже в 2026 г. Компания AgiBot внедряет своих человекоподобных роботов на логистических и производственных объектах. В частности, на заводе по производству потребительской электроники используются роботы G2, выполняющие задачи по тестированию и сортировке. Они успешно адаптируются к смене моделей продукции, что является критически важным для гибкого производства. Ключевой пример применения – проект на заводе Longcheer Technology по производству планшетов в Наньчане. В апреле 2026 г. на линии работали 4 робота, но планы по расширению предполагают увеличение их числа до 100 единиц к III кв. 2026 г., за время работы роботы, демонстрируя эффективность обработки до 310 единиц в час, проверили более 17 тыс. планшетов с показателем успешности 99,99% (Zhang, 2026). Роботы AgiBot уже работают за пределами Китая – в Европе, Северной Америке, Японии, Республике Корея и на Ближнем Востоке.

Важную роль в развитии гуманоидной робототехники в Китае играет государственная политика. Она имеет многоуровневый характер и опирается на институциональные механизмы, отработанные в ходе реализации программ развития промышленной робототехники. Ключевым поворотным моментом стала публикация Министерством промышленности и информатизации (МИИТ) «Руководящих мнений об инновационном развитии гума-

ноидных роботов» (Guiding Opinions on the Innovation and Development of Humanoid Robots) в ноябре 2023 г. – первого отраслевого документа, где гуманоиды были выделены как самостоятельное стратегическое направление. Документ зафиксировал двухэтапную целевую архитектуру: к 2025 г. – налаживание массового производства и обеспечение безопасных поставок ключевых компонентов; к 2027 г. – интеграция гуманоидов в производственные цепочки, формирование конкурентоспособной промышленной экосистемы и широкомасштабное промышленное применение (Humanoid…, 2024). Статус гуманоидной робототехники как приоритета наивысшего уровня был дополнительно закреплен включением «воплощенного интеллекта» (embodied intelligence) в Доклад о работе правительства в марте 2025 г. – впервые наряду с биопроизводством, квантовыми технологиями и 6G. В 2026 г. категория «воплощенный ИИ» (embodied AI) вошла в число «отраслей будущего» в проекте Доклада о работе правительства на 2026 г. (Li Qiang, 2026). Уже 28 февраля 2026 г. технический комитет MIIT по стандартизации гуманоидной робототехники и воплощенного ИИ (HEIS) выпустил первую национальную систему стандартов, покрывающую полный жизненный цикл – от базовых общих требований до нейроморфных вычислений, компонентов «конечностей», целостных систем, сценариев применения, а также безопасности и этики. В разработке стандарта участвовали свыше 120 исследовательских институтов, предприятий и пользователей из индустрии.

На муниципальном уровне специализированная инфраструктура для гуманоидной робототехники формируется в Пекине, Шанхае, Шэньчжэне. Так, в Шанхае программа субсидирования интеллектуального производства покрывает до 30% инвестиций в роботизированные системы (с потолком 5 млн юаней на проект) (Chang et al., 2026); при этом городские власти выделяют средства на создание публичных платформ для обучения моделей, пилотного тестирования и лизинга оборудования, софинансируя до 50% затрат (до 20 млн юаней) (Shanghai…, 2025). Пекинский центр инноваций гуманоидных роботов, созданный в конце 2023 г. при участии UBTECH и Xiaomi Robotics, в октябре 2024 г. получил статус национального центра и запустил открытую универсальную платформу «Тяньгун». Региональная «гонка субсидий» охватила десятки муниципалитетов: так, Хэфэй учредил фонд в 10 млрд юаней (около 1,4 млрд долл.) для развития интеллектуальной робототехники (Humanoid…, 2024).

В завершение кратко сравним политику развития отрасли Китая с другими ведущими странами. В отличие от КНР, где гуманоидная робототехника выделена в самостоятельное приоритетное направление с количественными целями массового производства, другие страны формируют поддержку преимущественно в рамках общих робототехнических или ИИ-программ.

В США отсутствует федеральная программа масштабирования гуманоидов; вместо этого в 119-м Конгрессе внесены законопроекты H.R. 7334 о создании комиссии по разработке национальной стратегии робототехники и S. 3275, запрещающий федеральным ведомствам закупать гуманоидных роботов у компаний из КНР, России, Ирана и КНДР (Cassidy…, 2025). В ЕС гуманоиды не выделены в отдельную программу: наднациональная поддержка осуществляется через публично-частное партнерство ADRA и рамочную программу Horizon Europe, при этом ключевой акцент смещен на регулирование (AI Act) и компонентную базу (European Chips Act). Япония развивает гуманоидов в рамках долгосрочной программы Moonshot (обновление в декабре 2025 г. в пользу универсальных автономных гуманоидов) и национальной стратегии METI, однако горизонт реализации растянут до 2050 г. Республика Корея в 4-м базовом плане (2024–2028 гг.) Министерства торговли, промышленности и энергетики предусматривает инвестиции свыше 2,24 млрд долл. (South Korea…, 2024) и создание K-Humanoid Alliance, однако масштаб муниципальных фондов и скорость стандартизации уступают китайским.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование наглядно демонстрирует укрепление Китаем в течение последних 15 лет технологического суверенитета в отраслях, формирующих экосистему физического ИИ. Снижение зависимости от зарубежной добавленной стоимости, диверсификация внешних поставок и рост экспорта свидетельствуют о последовательном продвижении страны от интеграции в глобальные цепочки стоимости к формированию собственных технологических компетенций. Важно, что стратегический курс на суверенитет КНР взяла задолго до возникновения конфликта с США и развертывания технологического разъединения в мире.

В промышленной робототехнике, представляющей собой основную базу интеграции искусственного интеллекта и физических систем, Китай достиг наиболее заметных результатов. Страна стала крупнейшим мировым рынком промышленных роботов, одновременно существенно увеличив долю национальных производителей и сократив зависимость от импорта. На этой базе сформировалась быстро растущая индустрия гуманоидных роботов, в которой Китай сразу занял лидирующие позиции в мире по числу производителей и объему выпуска. Сочетание масштабного внутреннего спроса, развитых цепочек поставок, государственной поддержки и инвестиций в НИОКР создают благоприятные условия для коммерциализации физического ИИ.

Вместе с тем технологический суверенитет Китая остается неполным. Ключевым уязвимым звеном сохраняется производство передовых полупроводников и оборудования для их выпуска, а в робототехнике – отдельные высокоточные компоненты и премиальные технологии. Таким образом, Китай обладает значительной более высокой готовностью к масштабному развитию физического ИИ по сравнению с другими странами, однако важное значение играет способность страны преодолеть сохраняющиеся технологические разрывы и перейти от преимущественного лидерства в масштабах производства к лидерству в критически важных технологиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Andreoni A., Frattini F., Prodi G. Getting Robots in 'Our Own Hands': Structural Drivers, Spatial Dynamics and Multi-Scalar Industrial Policy in China. *Competition & Change*. 2026, vol. 30, issue 1. https://doi.org/10.1177/10245294241261878

Asian Stocks Soar as Nvidia Increases Supply-Chain Reliance to 90% in Asia. *Bloomberg*, 2026, 3 May. Available at: https://www.bloomberg.com/news/articles/2026-05-03/asian-stocks-soar-as-nvidia-increases-supply-chain-reliance-to-90-in-asia (accessed August 2026).

Brooks D. Chinese Humanoid Manufacturing Adoption: AgiBot, XPeng IRON, UBTECH Walker S2 Factory Deployment. *iFactory AI*, 2026, 27 May. Available at: https://ifactoryapp.com/industries/manufacturing-plant/chinese-humanoid-manufacturing-agibot-xpeng-ubtech-byd (accessed July 2026).

Brooks R. A. Intelligence without Representation. *Artificial Intelligence*. 1991, vol. 47, issue 1–3, pp. 139–159. https://doi.org/10.1016/0004-3702(91)90053-M

Cassidy Introduces Legislation Protect Americans to from Foreign Robots. *U.S. Senator Bill Cassidy*, 2025. Available at: https://www.cassidy.senate.gov/newsroom/press-releases/cassidy-introduces-legislation-to-protect-americans-from-foreign-robots/ (accessed August 2026).

Caulfield B. CES 2025: AI Advancing at 'Incredible Pace', NVIDIA CEO Says. *NVIDIA*, 2025, 6 January. Available at: https://blogs.nvidia.com/blog/ces-2025-jensen-huang/ (accessed June 2026).

Chang W., Arcesati R., Junusova A. *Embodied AI: China's ambitious Path to Transform Its Robotics Industry.* Mercator Institute for China Studies (MERICS), 2026. Available at: https://merics.org/en/report/embodied-ai-chinas-ambitious-path-transform-its-robotics-industry (accessed August 2026).

China Robotics Market 2026. RCSV Research, 2026, 44 p. Available at: https://www.roboticscenter.ai/robotics-market-china (accessed August 2026).

China Tops World Record of 2 Million Factory Robots. International Federation of Robotics, 2025, 3 p. Available at: https://ifr.org/downloads/press_docs/2025-09-25-IFR_press_release_China_in_English.pdf (accessed July 2026).

China's Robotics Supply Chain in 2026: Cost Advantage, Localization and Global Market Power. *Robotsdaily*, 2026, Available at: https://robots-daily.com/chinas-robotics-supply-chain-in-2026-cost-advantage-localization-and-global-market-power/ (accessed August 2026).

Escaith H., Lindenberg N., Miroudot S. *International Supply Chains and Trade Elasticity in Times of Global Crisis*. World Trade Organization, 2010, 42 p. Available at: https://www.wto.org/english/res_e/reser_e/ersd201008_e.htm (accessed June 2026).

From Embodied Intelligence to Physical AI. *Nature Machine Intelligence*, 2026. vol. 8, pp. 491–492. https://doi.org/10.1038/s42256-026-01239-3

Global Robot Density in Factories Doubled in Seven Years. International Federation of Robotics, 2024. Available at: https://ifr.org/ifr-press-releases/news/global-robot-density-in-factories-doubled-in-seven-years (accessed July 2026).

Guide to OECD Trade in Value Added (TiVA) Indicators, OECD, 2025, 47 p. Available at: https://www.oecd.org/en/publications/guide-to-oecd-trade-in-value-added-tiva-indicators-2025-edition/ (accessed June 2026).

Humanoid Robot Market Research Report 2025. China Electronics News, Beijing, Beijing CCID Publishing & Media Co., Ltd., 2026., 295 p. Available at: https://www.diaifu.net/post/18407.html (accessed August 2026). (in Chinese)

Humanoid Robots. U.S. – China Economic and Security Review Commission (USCC), 2024. 10 p. Available at: https://www.uscc.gov/sites/default/files/2024-10/Humanoid_Robots.pdf (accessed August 2026).

Implementation Action Plan for the 'Robot+'. Ministry of Industry and Information Technology of the People's Republic of China, 2023. Available at: https://www.miit.gov.cn/threestrategy/zcgh/zlgh/art/2023/art_4c323e0c6861441c91b266a11c97ff2d.html (accessed August 2026). (in Chinese).

Industrial Robotic Motors Market. Future Market Insights (FMI), 2026. Available at: https://www.futuremarketinsights.com/reports/industrial-robotic-motors-market (accessed August 2026).

Kanta S., Tavassoli M., Chirkuri V.T., Kumar V.A., Punati S.B., Damacharla P., Katyara S. *Human Centric General Physical Intelligence for Agile Manufacturing Automation*, 2025. https://doi.org/10.48550/arXiv.2508.11960

Kelkar A., Jansen C., Sparre E., Patel M., Robertson M., Rauch A., Hess R. *Turning Humanoid Supply Chain Constraints into Billion-Dollar Wins*. McKinsey & Company, 2026. Available at: https://www.mckinsey.com/industries/industrials/our-insights/turning-humanoid-supply-chain-constraints-into-billion-dollar-wins (accessed June 2026).

Laurenceson J. Ambiguous Alignment: Australia Navigating US – China Rivalry in the Post-AUKUS Era. *China International Strategy Review*, 2025, vol. 7, pp. 16–30. https://doi.org/10.1007/s42533-025-00177-w

Lee P. T.-W., Song Z.-Y., Chhetri P., Shin S.-H. China's Twin Strategic Development of Iron-Ore Imports along the Maritime Silk Road: Economic Security and Decarbonization of Maritime Industry. *Ocean & Coastal Management*, 2025, vol. 260, 107483. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2024.107483

Li Qiang. Report on the Work of the Government. *Beijing*, 2026, 47 p. Available at: https://npcobserver.com/wp-content/uploads/2026/03/2026-Government-Work-Report_NON-FINAL_EN.pdf (accessed August 2026).

Physical AI: Powering the New Age of Industrial Operations. World Economic Forum, 2025, 25 p. Available at: https://reports.weforum.org/docs/WEF_Physical_AI_Powering_the_New_Age_of_Industrial_Operations_2025.pdf (accessed June 2026).

Physical AI: The Moment of Acceleration. Deloitte Asia Pacific, 2026, 13 p. Available at: https://www.deloitte.com/content/dam/assets-zone1/apac/en/docs/collections/2026/apac-physical-ai-whitepaper-2026.pdf (accessed June 2026).

Ren L., Dong J., Liu S., Zhang L., Wang L. Embodied Intelligence toward Future Smart Manufacturing in the Era of AI Foundation Model. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, 2025. vol. 30, no. 4. pp. 2632–2642. https://doi.org/10.1109/TMECH.2024.3456250

Robot Density Surges in Europe, Asia, and Americas. International Federation of Robotics, 2026. Available at: https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robot-density-surges-in-europe-asia-and-americas (accessed July 2026).

Shanghai Maps Out Plan for Embodied AI. *Jiefang Daily*, 2025, 6 August. Available at: https://english.shanghai.gov.cn/en-PolicyInsights/20250806/b21cae94df984faabea7478774f24e69.html (accessed August 2026).

Song X. *Understanding the New Five-Year Development Plan for the Robotics Industry in China*. International Federation of Robotics (IFR). 2022. Available at: https://ifr.org/post/understanding-the-new-five-year-development-plan-for-the-robotics-industry-in-china (accessed August 2026).

South Korea Robotics Industry. International Trade Administration, U.S. Department of Commerce, 2024. Available at: https://www.trade.gov/market-intelligence/south-korea-robotics-industry (accessed August 2026).

The 'Counterattack' Behind the 48.7% Rise. *Sina Finance*, 2026. 3 February. Available at: https://finance.sina.cn/2026-02-03/detail-inhknttp0374835.d.html?vt=4 (accessed August 2026). (in Chinese)

TOP 10 Global Industrial Equipment Population in 2025. NetEase. 2025. Available at: https://m.163.com/dy/article/KS09G7NK05568W0A.html?spss=adap_pc (accessed August 2026). (in Chinese).

Trade in Value Added. OECD, 2025. Available at: https://data-explorer.oecd.org/?pg=0&bp=true&tm=%22%28TIVA%29%202025%20edition%22&snb=2%20 (accessed August 2026).

Trade Intelligence for Business and Policy Development. International Trade Centre, 2026. Available at: https://www.trademap.org/en/ (accessed July 2026).

World Robotics 2012: Industrial Robots. Dipartimento di Ingegneria Informatica, Automatica e Gestionale, 2012, pp. 8–14. Available at: http://www.diag.uniroma1.it/~deluca/rob1_en/2012_WorldRobotics_ExecSummary.pdf (accessed July 2026).

World Robotics 2014: Industrial Robots. Dipartimento di Ingegneria Informatica, Automatica e Gestionale, 2014, pp. 11–19. Available at: http://www.diag.uniroma1.it/~deluca/rob1_en/2014_WorldRobotics_ExecSummary.pdf (accessed July 2026).

Wübbeke J., Meissner M., Zenglein M.J., Ives J., Conrad B. *Made in China 2025: The Making of a High-Tech Superpower and Consequences for Industrial Countries*. Berlin: Mercator Institute for China Studies, 2016. 74 p. Available at: https://merics.org/sites/default/files/2020-04/Made%20in%20China%202025.pdf (accessed August 2026).

Zhang B., Wang Y., Hu D., Fang J., Liu Y., Zhao C., Li D., Lan D., Liu Y., Li X., Pang Z. *CRAFT: A Cloud Fog Automation Synergistic Framework Empowered by Embodied AI in Precision Manufacturing*. SSRN, 2026, 18 p. https://doi.org/10.2139/ssrn.6962791

Zhang Y. China's AgiBot Ships 15,000th Humanoid Robot as Factory Livestream Test Concludes. *Yicai Global*. 2026. 29 June. Available at: https://www.yicaiglobal.com/news/chinas-agibot-ships-15000th-humanoid-robot-completes-live-tablet-quality-inspection-test (accessed August 2026).

Поступила в редакцию / Submitted: 27.08.2026
Одобрена после рецензирования / Approved after reviewing: 09.09.2026
Принята к публикации / Accepted for publication: 10.09.2026
Доступно онлайн / Available online: 30.09.2026