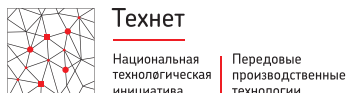


ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ «УМНОГО» ПРОИЗВОДСТВА

Экспертно-аналитический доклад

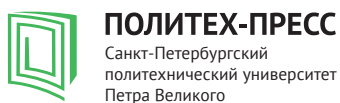




ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ «УМНОГО» ПРОИЗВОДСТВА

ЭКСПЕРТНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ДОКЛАД

Монография



Санкт-Петербург
2025

ББК 32.97
Т33

Рецензенты:

Заслуженный деятель науки Российской Федерации,
доктор технических наук, профессор,
профессор Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого
И. Л. Туккель
Директор по цифровой трансформации ПАО «ОДК-Сатурн»
Е. А. Алексеев

Авторы:

А. И. Боровков, Е. Р. Мартынец, Л. А. Щербина, Ю. А. Рябов

Тенденции и перспективы развития технологий «умного» производства. Экспертно-аналитический доклад : монография / А. И. Боровков [и др.] ; под ред. А. И. Боровкова. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2025. – 184 с.

Содержит результаты исследования, посвященного тенденциям и перспективам развития рынка технологий «умного» производства, и фокусируется на решениях промышленного интернета вещей. В монографии рассмотрены общие характеристики изучаемого рынка, основные игроки и их новые крупные проекты, а также ключевые технологии, применяемые мировыми лидерами, и направления научных исследований и разработок. Кроме того, представлен анализ нормативного правового регулирования развития рынка промышленного интернета вещей, соответствующего национального и международного нормативно-технического ландшафта.

Подготовлена Инфраструктурным центром «Технет» (передовые производственные технологии) Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.

На обложке – изображение, сгенерированное ИИ-поисковой системой Perplexity AI по запросу «темная фабрика» (lights-out factory).

Печатается по решению
Совета по издательской деятельности Ученого совета
Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.

ISBN 978-5-7422-9287-6
doi:10.18720/SPBPU/2/id25-627

© Боровков А. И., научное редактирование, 2025
© Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого, 2025



Technet

National
Technology
Initiative

Advanced
Manufacturing
Technologies



DIGITAL
ENGINEERING



WCRC
ADVANCED DIGITAL
TECHNOLOGIES



POLYTECH
Advanced Manufacturing
Technologies Center
National Technology Initiative



SPbPU COMPUTER-AIDED
ENGINEERING CENTRE
OF EXCELLENCE

SMART MANUFACTURING TECHNOLOGY: TRENDS AND PROSPECTS

AN EXPERT AND RESEARCH REPORT

Monograph



POLYTECH PRESS
Peter the Great
St. Petersburg Polytechnic
University

Saint Petersburg
2025

Reviewed by:

I. L. Tukkel, Professor of Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
Doctor of Sciences in Engineering, holder of the Honored Scientist
of the Russian Federation honorary title

E. A. Alexeyev, Director for Digital Transformation of UEC-Saturn

Authored by:

A. I. Borovkov, E. R. Martynets, L. A. Shcherbina, Yu. A. Ryabov

Smart Manufacturing Technology: Trends and Prospects. An Expert and Research Report : monograph / A. I. Borovkov [et al.] ; ed. by A. I. Borovkov. – St. Petersburg : POLYTECH-PRESS, 2025. – 184 p.

This monograph provides analysis and insight on the smart manufacturing technology market, with a particular focus on the Industrial Internet of Things. It outlines the market landscape by highlighting key players, detailing their product and service offerings, and profiling significant projects. A separate section explores R&D activities in the Industrial Internet of Things, showcasing core technologies employed by leading global companies. The authors also examine the relevant legislative and regulatory framework together with national and international standards.

This monograph has been prepared by the National Technology Initiative's Technet Infrastructure Center at Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University.

Image on the front cover: Generated by Perplexity AI, an AI-powered web search engine, using the query "lights-out factory".

Approved for printing by the Publishing Council of the
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University Academic Council.

ISBN 978-5-7422-9287-6

doi:10.18720/SPBPU/2/id25-627

© Borovkov A. I., scientific editing, 2025

© Peter the Great

St. Petersburg Polytechnic University, 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК РИСУНКОВ	6
СПИСОК ТАБЛИЦ.....	9
ВВЕДЕНИЕ.....	10
ГЛАВА 1. ОБЗОР МИРОВОГО И ОТЕЧЕСТВЕННОГО РЫНКА ТЕХНОЛОГИЙ «УМНОГО» ПРОИЗВОДСТВА	15
ГЛАВА 2. ОБЗОР ОСНОВНЫХ ИГРОКОВ РЫНКА ПРОМЫШЛЕННОГО ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ..	46
ГЛАВА 3. РЕГУЛИРОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОБЛАСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ	86
ГЛАВА 4. ОБЗОР НАУЧНЫХ РАЗРАБОТОК И НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ В ОБЛАСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ.....	111
БИБЛИОГРАФИЯ	121

СПИСОК РИСУНКОВ

Рисунок 1. Модель высокоуровневой архитектуры интернета вещей.....	13
Рисунок 2. Объем мирового рынка промышленной робототехники в 2024 и 2030 гг., млрд долл.	15
Рисунок 3. Объем мирового рынка промышленной робототехники по годам, 2024–2030 гг., млрд долл., и среднегодовой темп роста рынка, %	16
Рисунок 4. Отраслевая сегментация мирового рынка промышленной робототехники, 2024 год, %.....	16
Рисунок 5. Количество новых промышленных роботов в мире, устанавливаемых ежегодно, 2014–2028 годы, тыс. ед.	17
Рисунок 6. Количество новых промышленных роботов по регионам, устанавливаемых ежегодно, 2014–2024 годы, тыс. ед.	18
Рисунок 7. Новые промышленные роботы, установленные по регионам, 2024 год, %	18
Рисунок 8. Количество новых промышленных роботов, установленных по странам, 2024 год, тыс. ед.	19
Рисунок 9. Количество новых промышленных роботов, установленных в мире по отраслям применения, 2022–2024 годы, тыс. ед.	20
Рисунок 10. Количество применяемых промышленных роботов в организациях в России, 2023–2024 гг., ед.	20
Рисунок 11. Основные сферы применения промышленных роботов на отечественных предприятиях, 2024 год, %.....	21
Рисунок 12. Основные причины неиспользования промышленных роботов в отечественных организациях, 2024 год, %	21
Рисунок 13. Объем мирового рынка аддитивного производства в 2024 и 2030 гг., млрд долл.	22
Рисунок 14. Объем мирового рынка аддитивного производства по годам, 2023–2030 гг., млрд долл., и среднегодовой темп роста рынка, %.....	23
Рисунок 15. Объем отечественного рынка аддитивного производства по годам, 2021–2030 гг., млрд руб., и среднегодовой темп роста рынка, %.....	23
Рисунок 16. Отраслевая сегментация отечественного рынка аддитивного производства, 2024 год, млрд руб.	24
Рисунок 17. Объем мирового рынка промышленного интернета вещей в 2024 и 2030 гг., млрд долл.	26
Рисунок 18. Объем мирового рынка промышленного интернета вещей по годам, 2022–2030 гг., млрд долл., и среднегодовой темп роста рынка, %.....	26

Рисунок 19. Отраслевая сегментация мирового рынка промышленного интернета вещей, 2023 год, %.....	29
Рисунок 20. Число подключенных устройств интернета вещей в мире с 2019 по 2033 год по отраслям, млн ед.	30
Рисунок 21. Число подключений интернета вещей в мире с 2022 по 2033 год по регионам, млн ед.	31
Рисунок 22. Характеристики рынка промышленного интернета вещей в США, 2023 год	32
Рисунок 23. Объем и темпы роста отечественного рынка промышленного интернета вещей по годам, 2020–2030 гг., млрд руб.	33
Рисунок 24. Цепочка добавленной стоимости решений в области промышленной сенсорики и промышленного интернета вещей.....	34
Рисунок 25. Сегментация рынков технологий «умного» производства.....	35
Рисунок 26. Сегментация отечественного рынка аддитивного производства, 2024 год, млрд руб.	36
Рисунок 27. Региональная сегментация рынков технологий «умного» производства	37
Рисунок 28. Препятствия и барьеры, с которыми сталкиваются организации при внедрении проектов интернета вещей, 2024 год, %	43
Рисунок 29. Распределение количества активных стартапов в сфере интернета вещей по году основания компании нарастающим итогом, 2016–2024 гг., ед.	60
Рисунок 30. Бизнес-модель основных игроков рынка промышленного интернета вещей	62
Рисунок 31. Уровни платформы интернета вещей в соответствии с функциональными задачами	63
Рисунок 32. Технологический ландшафт компаний в области промышленного интернета вещей.....	81
Рисунок 33. Общая выручка компаний НТИ, специализирующихся на разработке решений в области промышленного интернета вещей, 2020–2024 гг., тыс. руб.	82
Рисунок 34. Средняя выручка компаний НТИ, специализирующихся на разработке решений в области промышленного интернета вещей, 2020–2024 гг., тыс. руб.	83
Рисунок 35. Объем промышленности в странах – лидерах промпроизводства и странах межгосударственного объединения БРИКС	86
Рисунок 36. Объем рынка интернета вещей и промышленного интернета вещей в странах – лидерах производства и странах межгосударственного объединения БРИКС.....	87
Рисунок 37. Международный и национальный нормативно-технический ландшафт по направлению интернета вещей, в том числе промышленного интернета.....	109
Рисунок 38. Динамика изменения количества патентных документов в мире, 2015–2024 гг., ед.	111

Рисунок 39. Количество действующих патентных документов по странам, 2015–2024 гг., ед.	112
Рисунок 40. Наиболее часто встречающиеся коды международной патентной классификации в области интернета вещей и промышленного интернета, (зарегистрированные патенты, 2015–2024 гг., ед.).....	114
Рисунок 41. Динамика изменения количества научных публикаций в области интернета вещей и промышленного интернета, 2015–2024 гг., ед.	117
Рисунок 42. Количество научных публикаций в области интернета вещей и промышленного интернета по странам (ТОП-10), 2015–2024 гг., ед.	117
Рисунок 43. Количество научных публикаций в области интернета вещей и промышленного интернета по аффилиации в мире (ТОП-10 организаций), 2015–2024 гг., ед.	118
Рисунок 44. Количество научных публикаций в области интернета вещей и промышленного интернета по аффилиации в России (ТОП-10 организаций), 2015–2024 гг., ед.	118
Рисунок 45. Наиболее цитируемые научные публикации в области интернета вещей и промышленного интернета, 2015–2024 гг., ед.	119

СПИСОК ТАБЛИЦ

Таблица 1. Сегменты мирового рынка промышленного интернета вещей.....	27
Таблица 2. Описание деятельности основных игроков мирового рынка промышленного интернета вещей.....	46
Таблица 3. Перечень отечественных игроков рынка интернета вещей, в том числе промышленного интернета.....	77
Таблица 4. Количество патентных документов в области интернета вещей и промышленного интернета, принадлежащих крупным патентообладателям в различных странах, 2015–2024 гг., ед.....	113
Таблица 5. Распределение патентной активности по наиболее часто встречающимся кодам международной патентной классификации и странам (зарегистрированные патенты, 2015–2024 гг., ед.).	115

ВВЕДЕНИЕ

Аналитическое исследование рынка и сегментов рынка «Тенденции и перспективы развития технологий «умного» производства» подготовлено Инфраструктурным центром по развитию направления Национальной технологической инициативы «Технет» (передовые производственные технологии), созданным в 2024 году на базе Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (далее – ИЦ «Технет» СПбПУ).

Технологии «умного» производства – обширный сегмент направления «Технет» НТИ, который включает комплекс технологий, обеспечивающих формирование «Умных» фабрик, которые относятся к виду Фабрик Будущего (Factories of the Future). Фабрики Будущего представляют собой системы комплексных технологических решений (интегрированные технологические цепочки), обеспечивающие в кратчайшие сроки проектирование и производство глобально конкурентоспособной продукции нового поколения, которые, как правило, генерируются на основе испытательных полигонов (TestBeds) [1]. Видами Фабрик Будущего являются Цифровая фабрика (Digital Factory), «Умная» фабрика (Smart Factory) и Виртуальная фабрика (Virtual Factory).

Согласно подходу Инфраструктурного центра «Технет» СПбПУ, «Умная» фабрика – это производство, оснащенное высокотехнологичным оборудованием: 3D-принтерами, ЧПУ-станками, робототехническими комплексами, датчиками, сенсорами, а также автоматизированными системами управления технологическими процессами и системами оперативного управления производственными процессами на уровне цеха, которые позволяют осуществлять быструю и гибкую («автоматизированную») переналадку оборудования (в том числе межмашинное взаимодействие). Такой подход предоставляет возможность радикально повысить производительность, экологичность и энергоэффективность производства как массовой, так и кастомизированной продукции, удовлетворяющей требованиям рынка и потребителей [1].

В общем случае технологический сегмент «Умной» фабрики («умного» производства) включает такие технологии, как промышленная робототехника, аддитивное производство, сенсорика, промышленный интернет вещей, анализ больших данных, технологии расширенной реальности и ряд других технологических и программных компонентов. Согласно результатам опроса, проведенного в 2022 году технологическими компаниями Microsoft и Intel совместно с консалтинговой компанией IoT Analytics, промышленные организации в рамках реализации стратегии цифровой трансформации уже частично или полностью внедрили, внедряют, готовят к внедрению или разрабатывают (95%) стратегию «умного» производства (96%) и стратегию интернета вещей (95%) [2].

Важно отметить, что одной из тенденций развития «Умных» фабрик стало формирование концепции «темных» фабрик (Dark Factory), которые также называют «фабриками без света» (Lights-Out Factory / Manufacturing) или безлюдным производством (Workerless / Unmanned Manufacturing) [3]. «Умные» фабрики характеризуются высоким уровнем автоматизации повторяющихся и опасных задач, но не полным отсутствием человеческого труда – человек продолжает играть важную роль в части принятия стратегических решений, мониторинга, обслуживания, внедрения технологий и проч.

«Темная» фабрика, в свою очередь, является полностью автоматизированным производственным комплексом с налаженными алгоритмами, на котором не требуется присутствие людей в течение рабочей смены и их роль сведена к минимуму, в связи с чем не требуется развертывание инфраструктуры, ориентированной на человека, включая источники освещения, отопление и пр., минимизируются затраты на оплату труда, обеспечивается высокий уровень производственной безопасности из-за отсутствия людей в опасных промышленных зонах, а также реализуется непрерывная круглосуточная работа производства [4]. Персонал на данных предприятиях занят удаленным мониторингом и выезжает при необходимости для проведения технического обслуживания, программирования, переналадки оборудования или масштабирования процессов.

Объем мирового рынка «темных» фабрик, согласно данным Grand View Research, в 2024 году составил 119,19 млрд долл., среднегодовой темп роста до 2030 года прогнозируется на уровне 8,7%, что составит объем рынка в размере 194,6 млрд долл. [5]

Как правило, на «темных» фабриках внедрены такие передовые производственные технологии, как промышленные роботы, промышленный интернет вещей и сенсорика, искусственный интеллект, системы технического зрения и средства промышленной автоматизации, а также цифровые двойники, облачные и сетевые технологии [6–8].

Согласно подходу Sargentini, дорожная карта по формированию зрелости «темных» фабрик предполагает прохождение 4 ключевых этапов, каждый из которых обеспечит планомерное достижение эффективности бизнес-процессов [3]:

1. Сбор данных на уровне оборудования, связность;
2. Автоматизированная производственная ячейка, формирование моделей данных;
3. Полностью автоматизированная производственная линия, формализация и онтология;
4. Полностью автоматизированная фабрика, цифровой двойник производства.

Важным фактором создания таких фабрик выступают высокие первоначальные инвестиции, что препятствует массовому распространению данной концепции, а также технические сложности и «неидеальность» робототехнических систем в сравнении с качеством работы человека [9].

В связи с этим эксперты прогнозируют, что взамен полного перехода к «темным» фабрикам следует ожидать появления и развития гибридных моделей, которые обеспечивают баланс и сочетают высокий уровень автоматизации и контроль со стороны специалистов, например, за счет деления процесса на дневные частично автоматизированные и ночные полностью автоматизированные смены, или за счет территориального разделения полностью автоматизированных участков и участков, на которых работают люди [10; 11]. Лидирующие позиции в данном направлении занимает Китай, в котором развернуто несколько «темных» фабрик, функционирующих в тестовом режиме в ряде отраслей, таких как производство микроэлектроники, автомобилестроение и др. [4]

Содержание экспертно-аналитического доклада представлено в четырех главах, каждая из которых отражает ключевые аспекты развития рынка технологий «умного» производства, которые могут быть использованы в процессе подготовки стратегий и программ развития промышленных организаций и государства по отдельным направлениям, а также способствовать наращиванию научно-технологического потенциала в приоритетных областях, стимулированию и обеспечению опережающего инновационного, экономического и технологического прогресса.

Первая глава содержит обзор мирового и отечественного рынка технологий «умного» производства. Рассмотрены такие показатели, как объем рынка, темпы роста, ключевые сегменты рынка, тренды и барьеры развития. Данный экспертно-аналитический отчет сфокусирован на обзоре рынка технологий «умного» производства в разрезе следующих сегментов (компонентов) рынка: технологии промышленной робототехники, аддитивное производство, промышленный интернет вещей. Дальнейшее исследование сфокусировано на детальном обзоре рынка промышленного интернета вещей – передовой технологии, которая объединяет в систему все основные технологии и компоненты «умного» производства, что обеспечивает генерацию и накопление данных, позволяющих принимать обоснованные решения в процессе производства и внедрять интеллектуальные сервисы, направленные на реализацию smart-подхода к производственной деятельности [12].

Важно отметить различие между понятием интернета вещей (IoT, Internet of Things) и промышленного интернета вещей (IIoT, Industrial Internet of Things; также называют промышленным интернетом [13; 14]; в данном докладе оба термина – промышленный интернет и промышленный интернет вещей – используются как синонимы) [15; 16]. Так, интернет вещей за счет соответствующего программного обеспечения и технологий связи обеспечивает соединение (взаимодействие) между устройством (например, сенсором) и объектом управления – потребительским, коммерческим или промышленным (например, элементом «умного» дома или станком).

Промышленный интернет вещей, в свою очередь, является подвидом интернета вещей и представляет собой совокупность технологий, которые обеспечивают сетевое взаимодействие между подключенными промышленными объектами (или элементами цепочки поставок, компонентами технологического процесса) и различными программными приложениями, платформами, информационными и управленческими системами в целях осуществления автоматизированного сбора и передачи данных, удаленного контроля и управления, интеллектуальной обработки и анализа данных с применением Data Science (науки по анализу и обработке данных), инструментов анализа больших данных (Big Data), технологий искусственного интеллекта (Artificial Intelligence), машинного обучения (Machine Learning) и др. [1]

Архитектура интернета вещей, согласно подходу Национального института стандартов и технологий США (NIST, National Institute of Standards and Technology), содержит ряд компонентов, которые обеспечивают связь между объектами (например, оборудованием, машинами, потребительскими или промышленными устройствами) за счет устройств интернета вещей, таких как датчики, актуаторы, сенсоры и др., причем эти устройства могут измерять как параметры оборудования, так и внешние параметры промышленного помещения [17–20]. С помощью интегрированных контроллеров, процессоров и других устройств, а также системы управления и хранилища данных осуществляется управление объектами и контроль за ними на периферии, то есть вблизи границы самого устройства, как правило, непосредственно на производственной площадке или в бытовых условиях, практически в режиме реального времени, что тесно пересекается с понятием граничных (периферийных) вычислений (Edge Computing) [21].

Передача данных от граничных устройств в облако (которое в глобальном масштабе размещено на инфраструктуре центров обработки данных) обеспечивается за счет беспроводных (в некоторых случаях проводных) технологий, таких как Bluetooth, Wi-Fi, LPWAN, сотовая связь и др.

Обработка, накопление и анализ данных протекает с использованием платформы интернета вещей, которая позволяет направлять управляющие воздействия к объектам управления при необходимости.

Системы управления, в свою очередь, обеспечивают доступ к панели управления, выдают оповещения и предупреждения, в том числе в локальной среде в рамках взаимодействия оператора (пользователя, потребителя) и системы интернета вещей. Такие системы активно применяются в коммерческой, операционной и промышленной деятельности. Технологии интернета вещей в промышленных условиях также обеспечивают связь между промышленными объектами и их цифровыми двойниками (подробнее – в монографии «Цифровые двойники в высокотехнологичной промышленности» [22]).

Рисунок 1. Модель высокоуровневой архитектуры интернета вещей



* BT (Bluetooth) – технология беспроводной связи, до 200 м
 NFC (Near Field Communication) – связь ближнего действия, до 10 см
 Wi-Fi – технология беспроводной связи, до 100 м
 LPWAN (Low-power Wide-area Network) – энергоэффективная сеть дальнего радиуса действия, до 15 км

Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам NIST [17; 18], 2025

Таким образом, промышленный интернет вещей за счет интеграции операционной и информационной среды способствует цифровой трансформации и модернизации процессов для повышения эффективности, производительности, отслеживаемости, безопасности, устойчивости¹ производства, бесперебойной работы оборудования, минимизации простоев и др. [23]

¹ Здесь и далее под устойчивостью имеется в виду экологическая устойчивость в привязке к минимизации негативного воздействия на окружающую среду, природу, расходование ресурсов и т.п.

Вторая глава отчета сосредоточена на обзоре ключевых компаний рынка промышленного интернета вещей. Приведен анализ деятельности основных игроков рынка, рассмотрены основные продукты компаний, проанализированы бизнес-модели деятельности основных игроков рынка.

Также проведен анализ сделок по слиянию и поглощению компаний на рынке, рассмотрены заключенные партнерские соглашения, приведены реализуемые на рынке исследовательские проекты, а также проанализированы причины закрытия неудавшихся проектов. Основные игроки рынка промышленного интернета вещей представляют США, Китай, страны Европейского союза, а также Россию. Отдельное внимание уделено компаниям НТИ, вовлеченным в реализацию направления «Технет».

Третья глава экспертно-аналитического доклада содержит анализ существующих мер государственной поддержки и государственных программ в области промышленного интернета вещей с фокусировкой на страны, входящие в межгосударственное объединение БРИКС. Также в главе представлены основные направления деятельности организаций по стандартизации, составляющих основу национального и международного нормативно-технического ландшафта в области промышленного интернета вещей.

В четвертой главе экспертно-аналитического доклада представлены результаты библиометрического и патентного анализа в области промышленного интернета вещей, выделены ключевые разработки и научные направления исследований в данной области.

Таким образом, представленные в экспертно-аналитическом докладе «Тенденции и перспективы развития технологий «умного» производства» результаты анализа актуальных рыночных, нормативных и научно-технологических аспектов развития рынка позволяют сформировать комплексное представление о рынке технологий «умного» производства в целом и рынке промышленного интернета вещей в частности, выявить перспективные области развития рынка и определить наиболее эффективные сценарии внедрения технологий промышленного интернета вещей в целях развертывания рентабельного, гибкого и устойчивого производства за счет использования передовых производственных технологий.

ГЛАВА 1. ОБЗОР МИРОВОГО И ОТЕЧЕСТВЕННОГО РЫНКА ТЕХНОЛОГИЙ «УМНОГО» ПРОИЗВОДСТВА

В данной главе представлен обзор мирового и отечественного рынка технологий «умного» производства, в числе которых промышленная робототехника, аддитивное производство, промышленный интернет вещей. В главе представлены объемы рынков, темпы роста, основные сегменты рассматриваемых рынков.

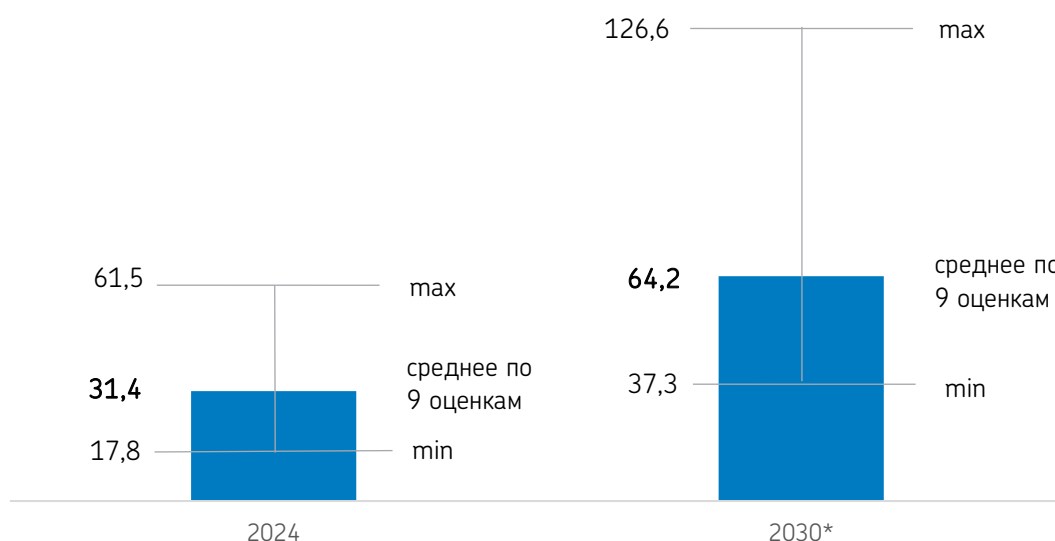
Кроме того, анализ рынка сфокусирован на обзоре трендов, барьеров и рисков развития рынка промышленного интернета вещей, также представлена цепочка добавленной стоимости решений в области промышленного интернета вещей.

Рынок промышленной робототехники

Первый компонент рынка технологий «умного» производства – рынок промышленной робототехники (Industrial Robotics), который предполагает внедрение гибких роботизированных производственных линий и автоматизированных промышленных комплексов.

В 2023 году объем мирового рынка промышленной робототехники составил 28,39 млрд долл. [24] В 2024 году объем рынка вырос и составил 31,43 млрд долл. согласно усредненному значению на основе оценок 9 аналитических и консалтинговых агентств, в числе которых Future Market Insights, IMARC Group, Precedence Research, Global Market Insights, Market.U.S., Global Insight Services, Verified Market Reports, DataBridge, Zion Market Research [25–33]. Представленные оценки компаний варьировались от 17,78 млрд долл. (оценка дана компанией Global Market Insights) [28] до 61,5 млрд долл. (оценка компании Market.U.S) [29].

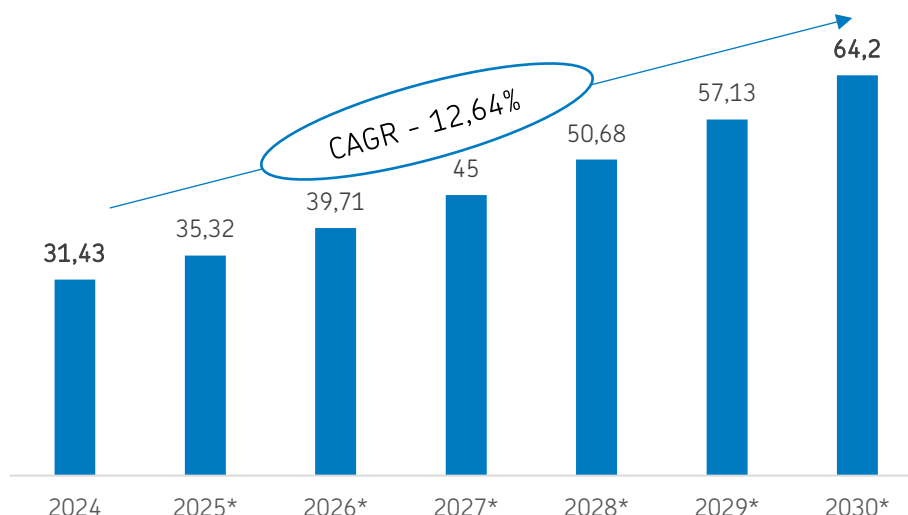
Рисунок 2. Объем мирового рынка промышленной робототехники в 2024 и 2030 гг., млрд долл.



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам [25–33], 2025

К 2030 году прогнозируется увеличение объема рынка до 64,2 млрд долл., при этом оценки варьируются от 37,28 млрд долл. (компания DataBridge) [32] до 126,59 млрд долл. (компания Future Market Insights) [25].

Рисунок 3. Объем мирового рынка промышленной робототехники по годам, 2024–2030 гг., млрд долл., и среднегодовой темп роста рынка, %



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам [25–33], 2025

Среднегодовой темп роста рынка прогнозируется на уровне 12,64% согласно усредненной оценке, при этом значения также варьировались. Наибольшая оценка среднегодового темпа роста рынка дана компанией Future Market Insights – 18,1% [25], наименьшая оценка рынка прогнозируется компанией Verified Market Reports на уровне 7,2% [31].

Рисунок 4. Отраслевая сегментация мирового рынка промышленной робототехники, 2024 год, %



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам Global Market Insights [28], 2025

В разрезе отраслей применения промышленных роботов лидирует автомобильная промышленность (37%), электрика и электроника (30%), а также металлургия и машиностроение (16%). Наименьшую долю рынка занимают продукты питания и напитки (3%), потребительские товары (3%), фармацевтика и медицинское оборудование (2%).

Согласно анализу Международной федерации робототехники (International Federation of Robotics, IFR), в 2024 году количество установленных новых промышленных роботов в мире составило 542 076 ед., что в целом демонстрирует стабильность на рынке промышленных роботов. При этом ожидается, что к 2026 году данный объем увеличится до 575 тыс. ед., к 2028 году – до 708 тыс. ед. со среднегодовым темпом роста количества установленных промышленных роботов, равным 6–7% [34].

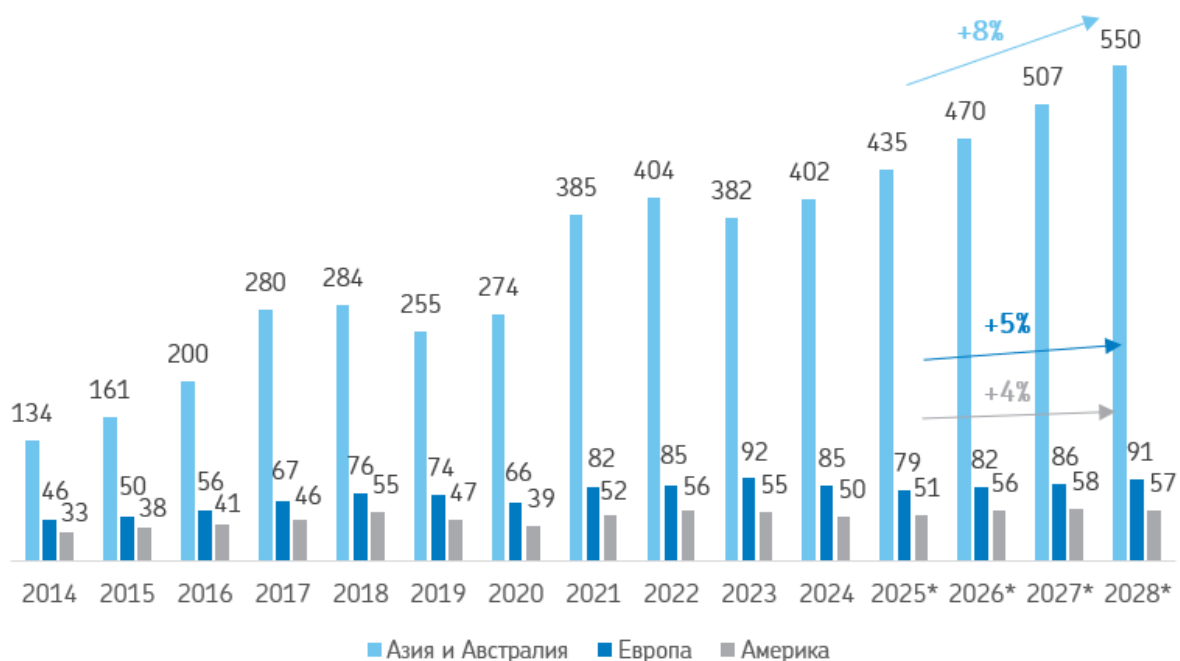
Рисунок 5. Количество новых промышленных роботов в мире, устанавливаемых ежегодно, 2014–2028 годы, тыс. ед.



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам Международной федерации робототехники [34], 2025

В привязке к регионам установки новых промышленных роботов наблюдается преобладание азиатских стран и Австралии, при этом объем в обозначенных странах демонстрирует рост. Так, объем установленных новых промышленных роботов в странах Азии и Австралии составил 402 тыс. ед. в 2024 году, в то время как в странах Европы – 85 тыс. ед., в странах Америки – 50 тыс. ед. [34; 35] Прогнозируется увеличение количества установленных новых промышленных роботов в странах Азии и Австралии в среднем на 8% ежегодно, до 550 тыс. ед. в 2028 году, в странах Европы – на 5% ежегодно, до 91 тыс. ед., в странах Америки – на 4% ежегодно, до 57 тыс. ед.

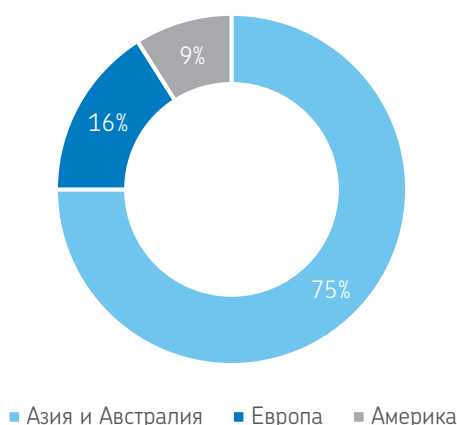
Рисунок 6. Количество новых промышленных роботов по регионам, устанавливаемых ежегодно, 2014–2024 годы, тыс. ед.



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам Международной федерации робототехники [34; 35], 2025

Таким образом, суммарная доля новых промышленных роботов, установленных в 2024 году в странах Азии и Австралии, составила 75% от общего объема установленных роботов в мире, в странах Европы – 16%, в странах Америки – 9% [34].

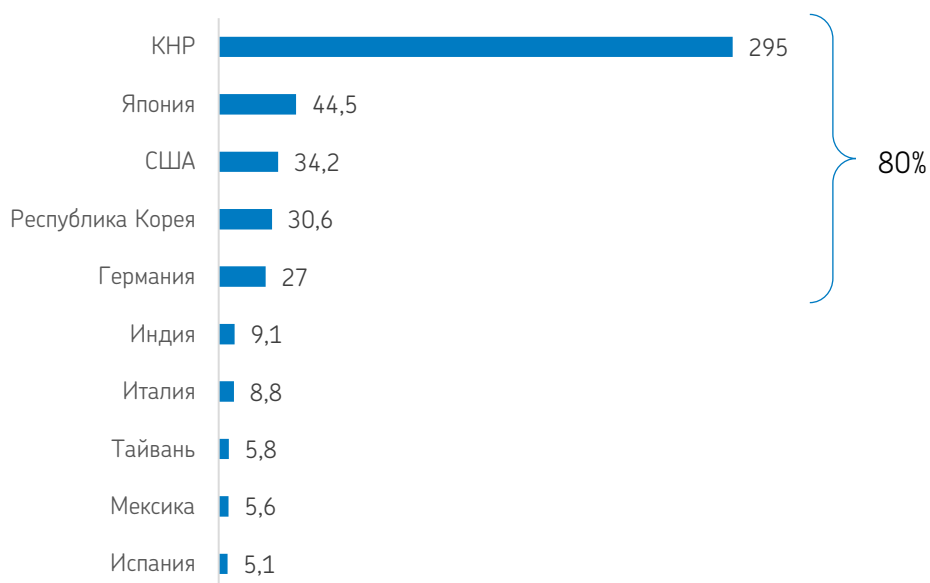
Рисунок 7. Новые промышленные роботы, установленные по регионам, 2024 год, %



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам Международной федерации робототехники [34], 2025

Важно отметить, что в 2024 году наибольшая доля новых установленных роботов приходилась на Китай – установлено 295 тыс. ед., что составило 54% от всего объема установленных роботов в мире. При этом страны-лидеры по количеству установленных роботов составляют 80% от общего объема по миру (431 240 ед.). К странам-лидерам по количеству установок новых промышленных роботов в 2024 году относятся Китай, Япония, США, Республика Корея и Германия [34; 35].

Рисунок 8. Количество новых промышленных роботов, установленных по странам, 2024 год, тыс. ед.



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам Международной федерации робототехники [34], 2025

Также следует отметить отраслевую сегментацию рынка установленных промышленных роботов по данным Международной федерации робототехники. Так, лидирующей отраслью, в которой зафиксировано наибольшее число новых установленных промышленных роботов в 2024 году, является электронная и полупроводниковая промышленность – 128,9 тыс. ед. (23,8%). На втором месте – автомобилестроение с количеством установленных роботов 126,1 тыс. ед. (23,3%), на третьем месте – металлургическая промышленность, производство машин и механизмов с объемом 88,8 тыс. ед. (16,4%) [35].

Отечественный рынок промышленной робототехники также планомерно развивается, чему способствует государственная поддержка внедрения робототехнических систем в промышленность. Согласно данным Министерства промышленности и торговли Российской Федерации, в 2023 году объем внутреннего производства роботов составлял 1,6 млрд руб., в то время как в 2024 году – 7,6 млрд руб., что составило рост в 4,5 раза [36; 37]. Общий объем отечественного рынка промышленной робототехники составил 10,3 млрд руб. в 2024 году [36].

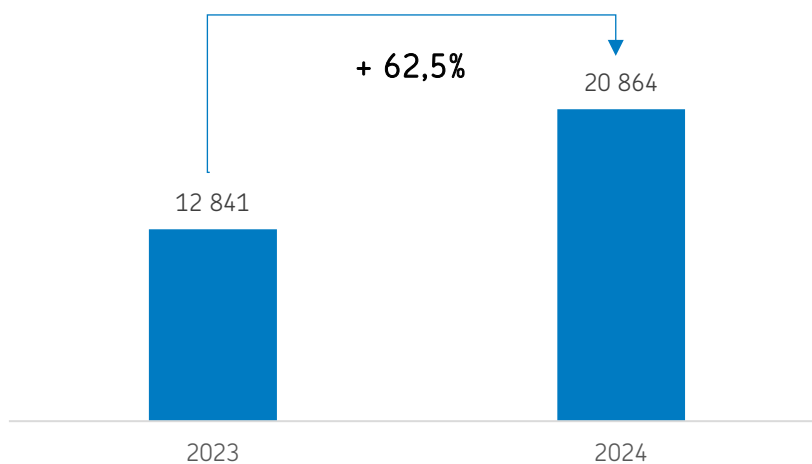
Рисунок 9. Количество новых промышленных роботов, установленных в мире по отраслям применения, 2022–2024 годы, тыс. ед.



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам Международной федерации робототехники [35], 2025

Согласно данным Федеральной службы государственной статистики (далее – Росстат), количество применяемых промышленных роботов в отечественных организациях значительно увеличилось – на 62,5% в 2024 году относительно значений 2023 года, что составило 20 864 ед. [38]

Рисунок 10. Количество применяемых промышленных роботов в организациях в России, 2023–2024 гг., ед.



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам Росстата [38], 2025

Анализ отечественного рынка промышленной робототехники, проведенный консалтинговым агентством Kept, демонстрирует, что основные сферы применения промышленных роботов в России включают, но не ограничиваются перемещением изделий (79%), загрузкой и выгрузкой оборудования (71%), паллетированием (63%) и другим [39].

Рисунок 11. Основные сферы применения промышленных роботов на отечественных предприятиях, 2024 год, %



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам Kept [39], 2025

Среди причин неиспользования промышленных роботов в отечественных организациях, согласно статистике Росстата, выделяют отсутствие необходимости в использовании, недостаток денежных средств, квалифицированного персонала, государственной поддержки и др. [38]

Рисунок 12. Основные причины неиспользования промышленных роботов в отечественных организациях, 2024 год, %



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам Росстата [38], 2025

Таким образом, мировой и отечественный рынок промышленной робототехники демонстрируют значительный рост и потенциал для развития.

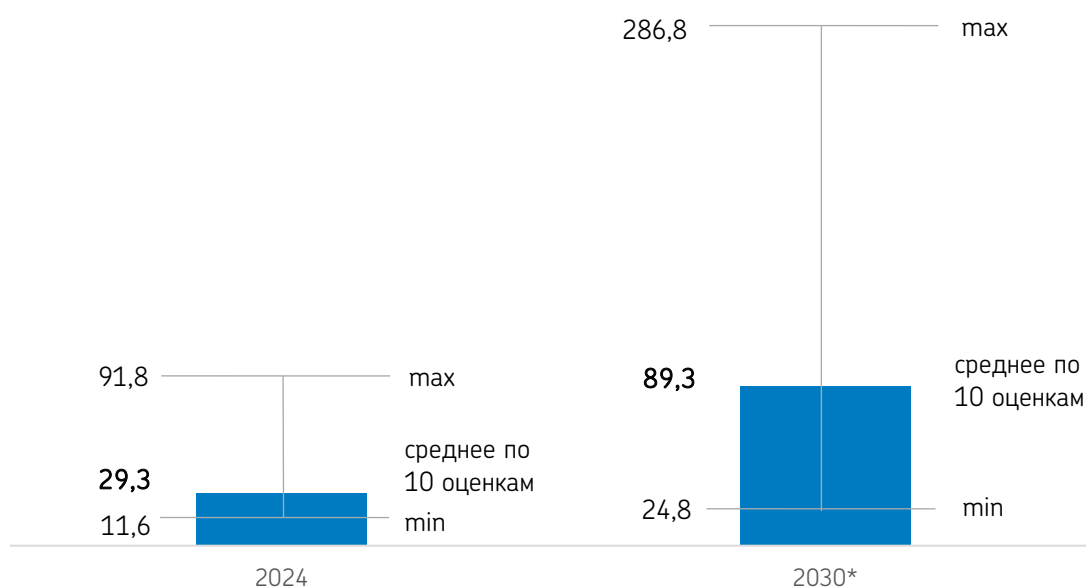
Рынок аддитивного производства

Вторым компонентом рынка технологий «умного» производства выступает рынок аддитивного производства (Additive Manufacturing), который позволяет оптимизировать процессы изготовления изделий с учетом обеспечения всех технических требований к изделию, прочности, жесткости, легкости и других параметров.

В 2023 году объем рынка аддитивного производства составил 20,035 млрд долл. [40] Объем рынка аддитивного производства в 2024 году, согласно усредненной оценке, составил 29,33 млрд долл. Оценка представлена на основе данных 10 аналитических и консалтинговых агентств, в том числе специализирующихся на анализе рынка аддитивных технологий, среди них – Wohlers Associates, Ampower, Verified Market Reports, Coherent Market Insights, Future Market Insights, Precedence Research, Data Bridge Market Research, Fact.MR, Research and Markets, Next Move Strategy Consulting [41–50]. К 2030 году ожидается увеличение объема рынка аддитивного производства до 89,33 млрд долл. согласно усредненной оценке.

При этом компания Ampower прогнозирует наименьший объем рынка аддитивного производства в 2024 году в размере 11,6 млрд долл. и наименьший объем рынка в 2030 году в размере 24,77 млрд долл. [42] Наибольшая оценка объема рынка аддитивного производства дана компанией Data Bridge Market Research, согласно которой в 2024 году объем рынка составил 91,84 млрд долл., к 2030 году объем рынка вырастет до 286,81 млрд долл., что более чем в 3 раза превышает средневзвешенную оценку объема рынка [47].

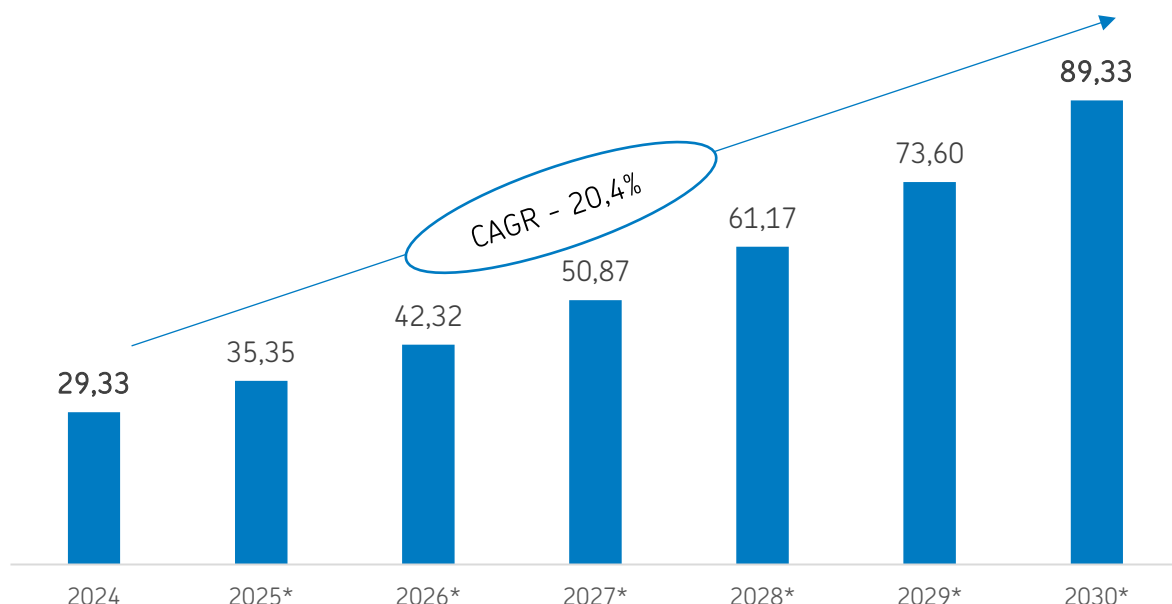
Рисунок 13. Объем мирового рынка аддитивного производства в 2024 и 2030 гг., млрд долл.



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам [41–50], 2025

Среднегодовые темпы роста рынка аддитивного производства оцениваются на уровне 20,4% в период с 2024 по 2030 год. При этом оценка среднегодового темпа роста рынка (CAGR) варьировалась от 10,2% до 23,8% в обозначенный период.

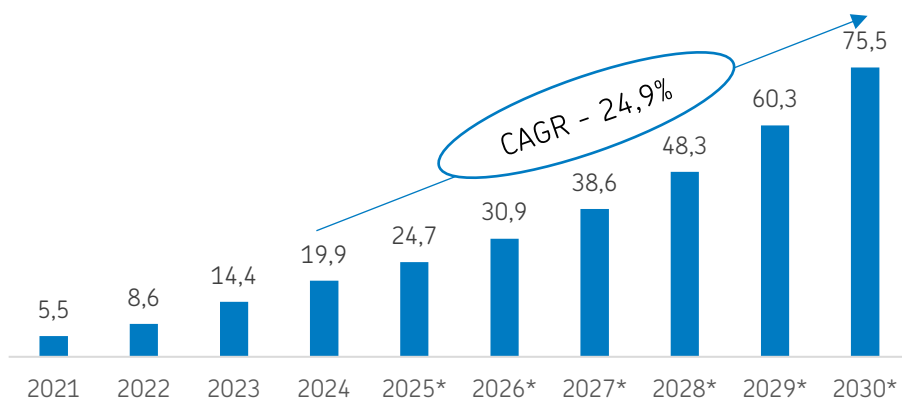
Рисунок 14. Объем мирового рынка аддитивного производства по годам, 2023–2030 гг., млрд долл., и среднегодовой темп роста рынка, %



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам [41–50], 2025

Оценка отечественного рынка аддитивного производства представлена на основе усредненной оценки по материалам экспертно-аналитического доклада Клуба Аддитивных Технологий [51], Министерства промышленности и торговли Российской Федерации и Ассоциации развития аддитивных технологий. Так, в 2024 году объем российского рынка аддитивного производства оценивается в размере 19,9 млрд руб., при этом ожидается увеличение объема рынка до 75,5 млрд руб. к 2030 году.

Рисунок 15. Объем отечественного рынка аддитивного производства по годам, 2021–2030 гг., млрд руб., и среднегодовой темп роста рынка, %



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам Клуба Аддитивных технологий [51], Министерства промышленности и торговли РФ, Ассоциации развития аддитивных технологий, 2025

Среднегодовой темп роста рынка оценивается в размере 24,9% до 2030 года. Отдельно следует выделить отраслевую сегментацию отечественного рынка аддитивного производства. На рынке среди отраслей конечных потребителей аддитивных технологий лидируют авиастроение и авиадвигателестроение (12,3%), машиностроение (11,74%), поставки в центры аддитивного производства (8,9%), потребительский сектор (7%), ракетно-космическая техника (6,6%), поставки в образовательные и научно-исследовательские организации (6,4%), а также беспилотная авиация (6,3%) и др. [51]

Рисунок 16. Отраслевая сегментация отечественного рынка аддитивного производства, 2024 год, млрд руб.



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам Клуба Аддитивных технологий [51], 2025

Таким образом, рынок аддитивного производства является активно развивающимся сегментом рынка технологий «умного» производства, внедрение аддитивных технологий демонстрирует высокую эффективность во множестве отраслей экономики [52].

Рынок промышленного интернета вещей

Третий компонент рынка технологий «умного» производства – рынок промышленного интернета вещей (Industrial IoT), на котором сфокусировано дальнейшее исследование по причине значимости детального анализа данного рынка, его вклада в формирование «умного» производства и влияния на эффективное обеспечение интеллектуальной технологической основы такого предприятия.

Объем рынка промышленного интернета вещей в 2024 году, согласно усредненному значению, составил 307,69 млрд долл. Оценка рынка представлена на основе данных 18 экспертно-аналитических и консалтинговых агентств, в числе которых Research Nester, SkyQuest, IMIR Market Research, Market.Us, Market Data Forecast, Data Bridge Market Research, Maximize Market Research, Global Insight Services, Cognizance Market Research, Straits Research, Markets and Markets, Precedence Research, InsightAce Analytic, 360iResearch™, Meticulous Research, BCC Research, Bonafide Research и Statista [53–70].

Наименьшее значение объема рынка промышленного интернета вещей дано компанией Meticulous Research – 125,74 млрд долл. в 2024 году [66], наибольшее значение – компанией Data Bridge Market Research, которая оценила объем рынка в размере 577,27 млрд долл. [58]

Усредненный объем рынка промышленного интернета вещей в 2030 году ожидается равным 832,52 млрд долл., при этом также наблюдались значительные расхождения в оценке объема рынка. Наименьшее значение дано компанией Maximize Market Research, которая оценивает объем рынка в размере 298,3 млрд долл. к 2030 году [59]. Наибольшая оценка объема рынка в 2030 году составила 1 809,04 млрд долл., которую дала компания Data Bridge Market Research [58].

Также можно отметить, что все рассмотренные оценки консалтинговых компаний разделились на три группы – согласно оценке компаний SkyQuest, Maximize Market Research, Cognizance Market Research, Markets and Markets и Meticulous Research, рынок промышленного интернета вещей будет расти плавно, начиная от объема рынка в диапазоне 125–211 млрд долл. в 2024 году, доходя до объема рынка 298–362 млрд долл. в 2030 году.

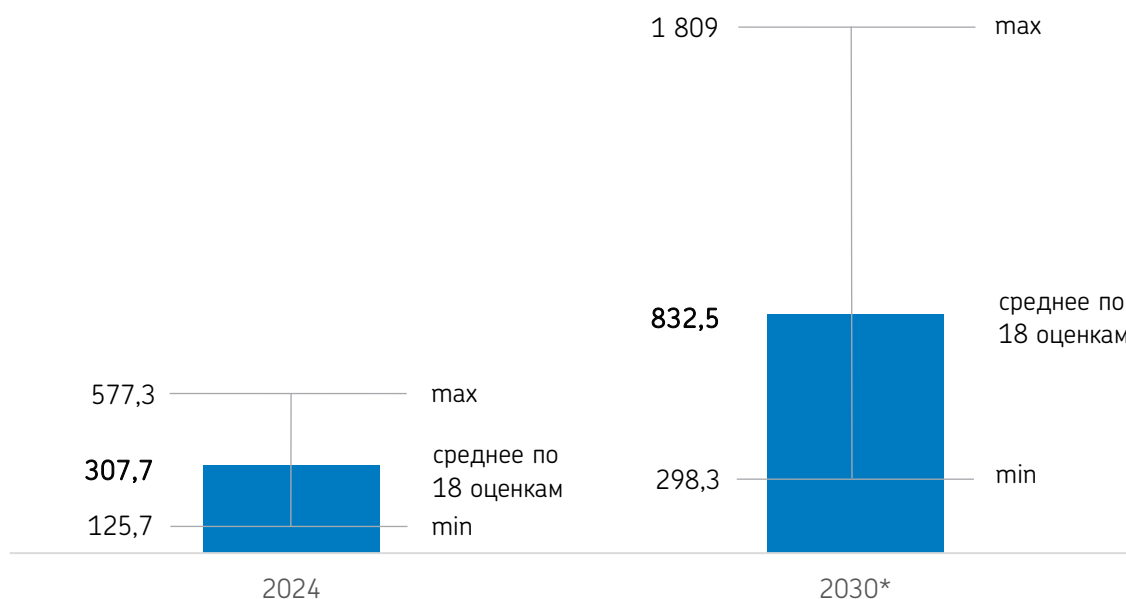
Вторая группа компаний, которую составили Market. Us, Market Data Forecast, Global Insight Services, Straits Research, 360iResearch™, BCC Research, Bonafide Research и Statista, прогнозирует умеренный рост рынка промышленного интернета вещей от объема рынка 179–375 млрд долл. в 2024 году до 515–844 млрд долл. к 2030 году.

Наконец, третья группа компаний оценивает, что объем рынка промышленного интернета вещей находится в 2024 году на уровне 438–577 млрд долл. и вырастет до значений 1 137–1 809 млрд долл. к 2030 году. Данную группу компаний составили Research Nester, IMIR Market Research, Data Bridge Market Research, Precedence Research и InsightAce Analytic.

Таким образом, наблюдается значительное расхождение в оценках объема рынка промышленного интернета вещей, что может быть объяснимо, во-первых, различной интерпретацией сегментов рынка промышленного интернета вещей (некоторые компании включают в сегменты как программное и аппаратное обеспечение, так и выполняемые на рынке услуги, готовые решения и др.,

при этом перечень продуктов и услуг может отличаться в разных оценках, следовательно, одни агентства учитывают значительно меньший перечень продуктов и услуг, другие агентства, наоборот, значительно больший перечень), во-вторых, существованием тенденций, барьеров и предпосылок развития рынка, комбинация которых определит наступление пессимистичного, базового или оптимистичного сценария развития рынка и, соответственно, его объем к 2030 году.

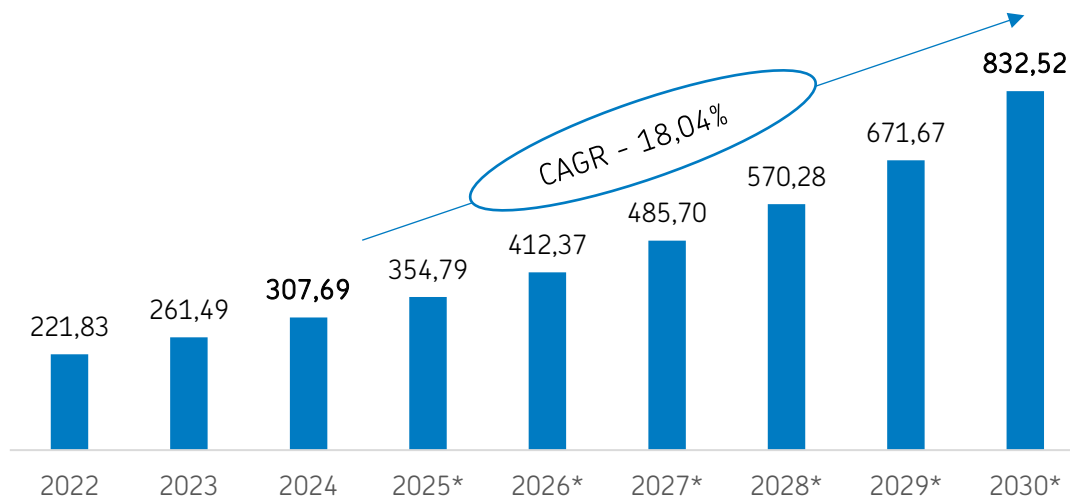
Рисунок 17. Объем мирового рынка промышленного интернета вещей в 2024 и 2030 гг., млрд долл.



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам [53–70], 2025

Темпы роста рынка промышленного интернета вещей, согласно усредненной оценке компаний, составят 18,04% в период с 2024 по 2030 год. Оценка совокупного среднегодового темпа роста рынка (CAGR) варьировалась от 7,3% до 27,2% в обозначенный период.

Рисунок 18. Объем мирового рынка промышленного интернета вещей по годам, 2022–2030 гг., млрд долл., и среднегодовой темп роста рынка, %



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам [53–70], 2025

Сегментация мирового рынка промышленного интернета вещей представлена такими сегментами, как тип внедрения решений, тип подключения к сети, область и задачи применения, предлагаемые на рынке устройства и технологии, ключевые компоненты (программные, аппаратные и сервисные), а также отрасль применения.

Таблица 1. Сегменты мирового рынка промышленного интернета вещей

Сегментация рынка промышленного интернета вещей			
Тип внедрения	Тип подключения	Область применения	
– Облачное – Локальное – Гибридное	1. Проводное – Ethernet – Foundation Fieldbus 2. Беспроводное – Wi-Fi – Bluetooth – Сотовая связь – Спутниковая связь 3. Гибридное	– Управление активами – Управление цепочками поставок – Оптимизация бизнес-процессов – Управление персоналом – Контроль автоматизации – Управление чрезвычайными ситуациями и инцидентами	
Устройства и технологии			
– Мониторинг состояния – Интеллектуальные счетчики – Датчики – Радиочастотная идентификация (RFID, Radio Frequency Identification) – Промышленная робототехника – Распределенная система управления (DCS, Distributed Control System) – Система камер – Сетевые технологии		– Электронные ценники (ESL, Electronic Shelf Labels) – «Умные» маяки (Smart beacons) – Интерфейсная плата – Система мониторинга урожайности (Yield monitor) – Руководство и навигация (Guidance & Steering) – Глобальная позиционирующая система (GPS), Спутниковая система навигации (GNSS) – Устройства для контроля потока и применения (Flow & Application Control Devices)	
Отрасль применения			
– Обрабатывающая промышленность – Энергетика, «умные» электросети – Логистика и транспорт – Добыча полезных ископаемых – Нефтегазовая отрасль – Медицина и медицинское оборудование		– Автомобилестроение – Аэрокосмическая и оборонная отрасль – Электроника и полупроводники – Сельское хозяйство – Химическая отрасль – Другое	
Компоненты			
1. Решения (Solution) – Управление данными – Решения для обеспечения безопасности – Удаленный мониторинг – Аналитика	2. Платформы – Управление приложениями – Управление устройствами – Управление подключением	3. Сервисы² – Профессиональные – Удаленное управление (managed)	

² Некоторые консалтинговые и аналитические агентства выделяют следующую сегментацию сервисов на мировом рынке промышленного интернета вещей: Интеграция систем; Консалтинг; Поддержка и обслуживание; Удаленное управление.

Сегментация рынка промышленного интернета вещей

4. Аппаратное обеспечение (Hardware) – Процессоры – Актуаторы – Кабели – Компьютерные чипы – Датчики интернета вещей – Интеллектуальные устройства и счетчики – Интегральные схемы для связи (Connectivity IC) – Устройства памяти (Memory Devices) – Логические устройства (Logic Devices) – Промышленные роботы (Industrial Robots) – Промышленные ПК (Industrial PC) – Распределенные системы управления (DCS) – Человеко-машинный интерфейс (Human Machine Interface) – Устройства управления (Control Devices)	5. *Программное обеспечение (Software)³ – Управление жизненным циклом продукта (PLM, Product Lifecycle Management) – Системы управления производством (MES, Manufacturing Execution Systems) – Диспетчерское управление и сбор данных (SCADA, Supervisory Control and Data Acquisition) – Системы управления отключениями (OMS, Outage Management Systems) – Системы управления распределением (DMS, Distribution Management Systems) – Удаленный мониторинг пациентов (Remote Patient Monitoring) – Программное обеспечение для управления розничной торговлей (Retail Management Software) – Программное обеспечение для визуализации (Visualization Software) – Системы управления перевозками (Transit Management Systems) – Системы управления фермерским хозяйством (Farm Management Systems)
---	--

Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам [53–70], 2025

Компоненты рынка промышленного интернета вещей определяют перечень основных технологий рынка – аппаратное и программное обеспечение, платформенные решения, а также сетевые и облачные технологии, которые составляют инфраструктуру [71].

Согласно оценке Market.Ur, в 2023 году отраслевая сегментация рынка промышленного интернета вещей была представлена обрабатывающей промышленностью (20,4%), отраслью энергетики и «умных» сетей (15,4%), медициной (14,5%), отраслью логистики и транспорта (13,5%), нефтегазовой отраслью (11%), добычей полезных ископаемых (6,7%) и другими отраслями промышленности (18,5%) [56].

³ В рыночных отчетах данный сегмент компонентов выделяют в тех случаях, когда эксперты считают целесообразным объединение сегмента решений и сегмента платформ.

Рисунок 19. Отраслевая сегментация мирового рынка промышленного интернета вещей, 2023 год, %



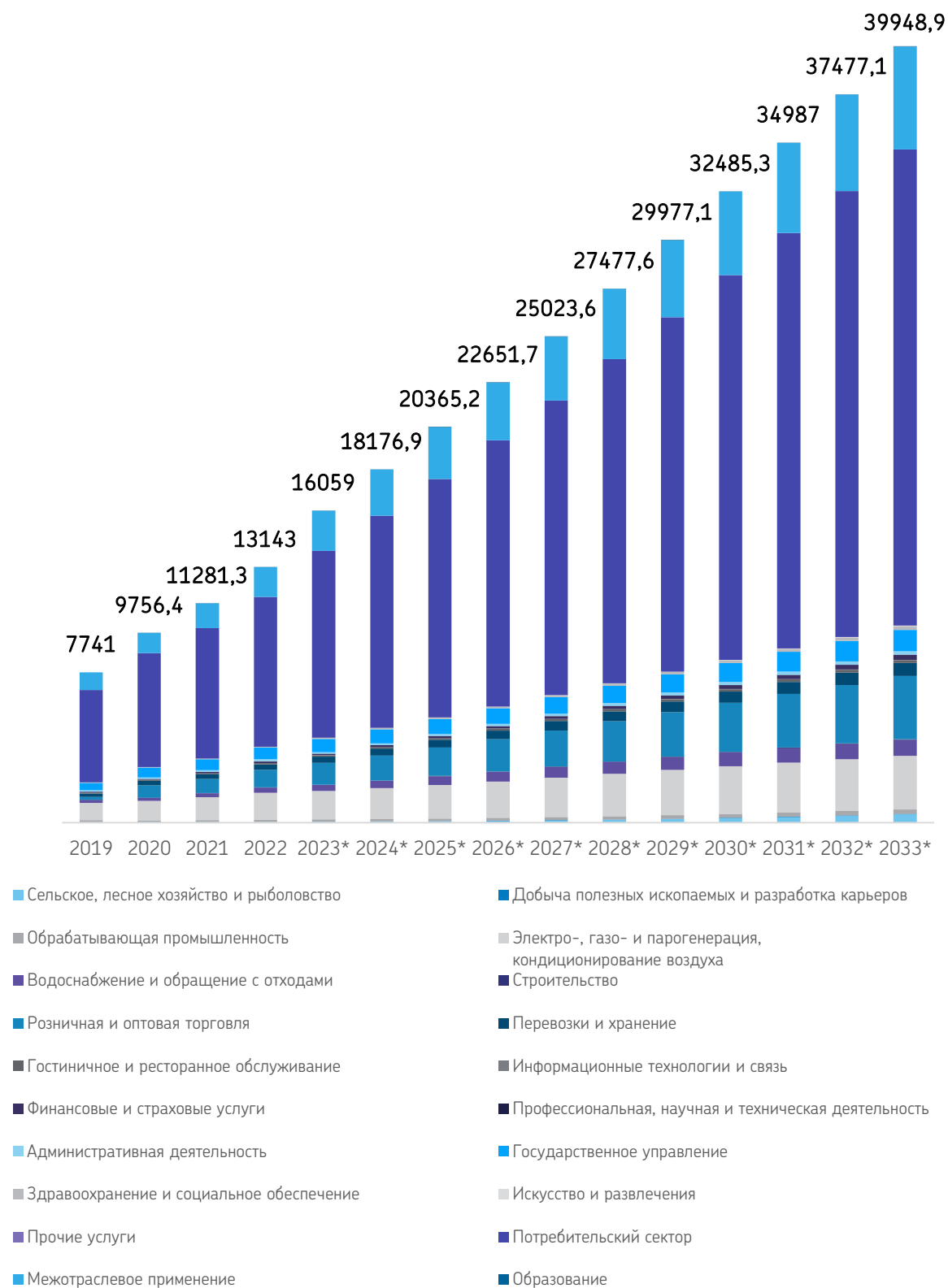
Источник: ИЦ «Технет» по материалам Market.U.S [56], 2025

Наглядные статистические данные получены в исследованиях компании Statista, в которых представлены сведения о числе подключений и подключенных устройствах технологий интернета вещей (IoT, Internet of Things) в отраслевом и региональном разрезе [72; 73]. Данные о числе подключенных устройств промышленного интернета вещей не приводятся, однако представленная отраслевая сегментация содержит ряд отраслей промышленного применения технологий, в частности, применение в обрабатывающей промышленности, добыче полезных ископаемых, строительстве и проч.

Так, наибольшее применение технологий интернета вещей наблюдается в потребительском секторе, розничной и оптовой торговле, электроэнергетике, а также межотраслевом применении. Обрабатывающая промышленность занимает 8-е место среди всех областей применения технологий интернета вещей, число подключенных устройств интернета вещей в обрабатывающей промышленности в мире в 2024 году составило 122,8 млн ед.

Согласно прогнозу на 2033 год, общий объем подключенных в мире устройств составит 39948,9 млн ед., увеличившись на 120%. В обрабатывающей промышленности к 2033 году прогнозируется 237,7 млн подключенных устройств (рост на 93,5%). Снижение доли обрабатывающей промышленности в прогнозе на 2033 год объясняется значительным ростом доли непромышленных областей применения технологий интернета вещей, таких как гостиничный и ресторанный бизнес, здравоохранение, финансовые услуги, потребительский сектор и межотраслевое применение.

Рисунок 20. Число подключенных устройств интернета вещей в мире с 2019 по 2033 год по отраслям, млн ед.

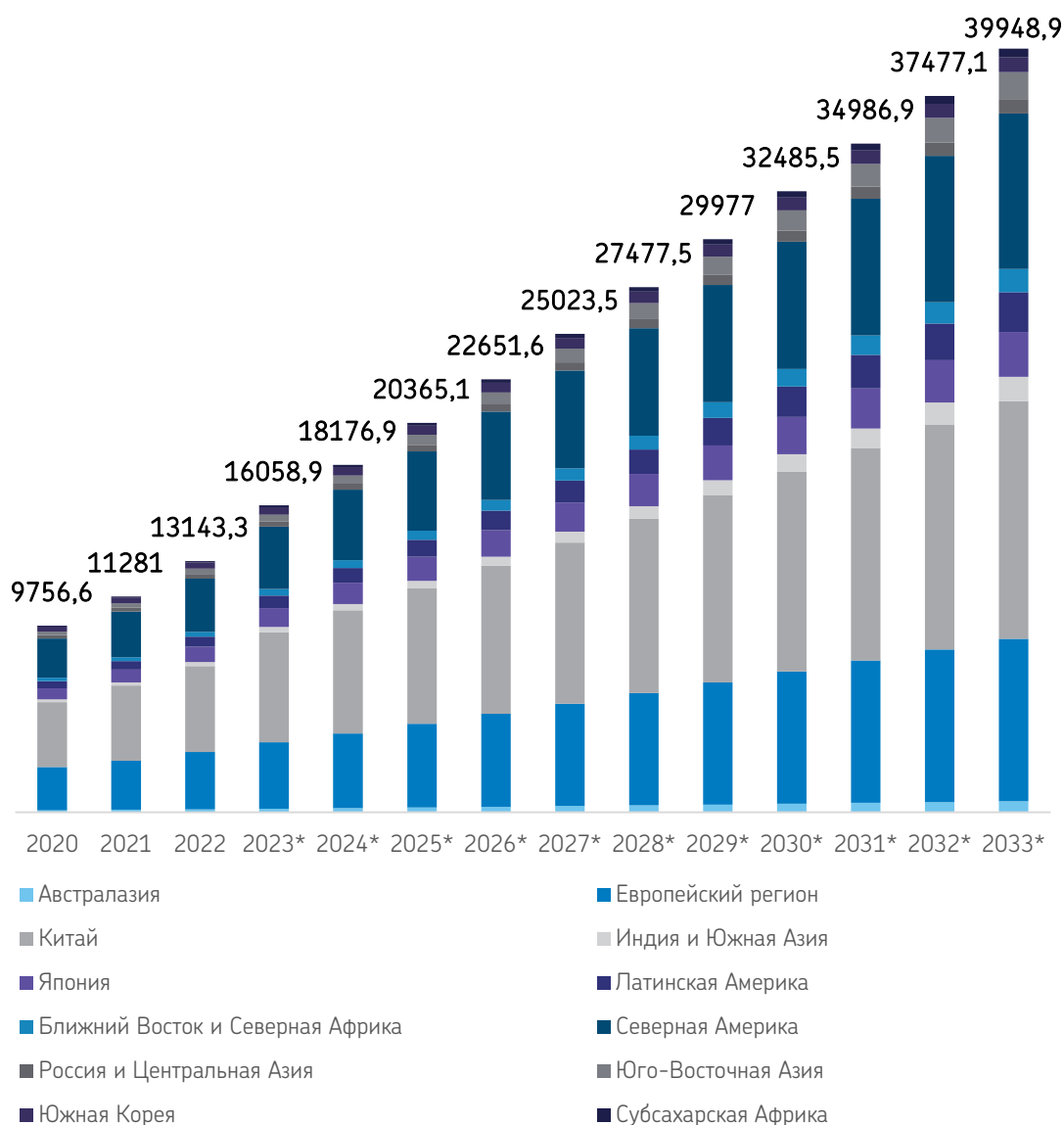


Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам Statista [72], 2025

В региональном разрезе наблюдается преобладание количества подключений в таких регионах, как Китай, Северная Америка, Европейский регион и Япония в течение всего периода с 2022 по 2033 год [73]. По состоянию на 2024 год Россия и Центральная Азия насчитывают 302,5 млн подключенных устройств, при этом прогнозируется увеличение количества подключенных устройств до 757,2 млн ед. к 2033 году, что продемонстрирует рост на 250%. Согласно анализу Ассоциации интернета вещей России и аналитического агентства Onside, в 2023 году в России насчитывалось 86 млн подключенных устройств [74]. Согласно оценке Министерства промышленности и торговли Российской Федерации, в 2024 году подключено более 60 млн устройств интернета вещей и межмашинного взаимодействия (M2M).

Важно отметить, что высокая доля подключенных устройств в обозначенных регионах-лидерах по объему подключений может быть объяснима высокой плотностью населения в регионах и спросом на потребительские устройства, подключенные к сети интернета вещей.

Рисунок 21. Число подключений интернета вещей в мире с 2022 по 2033 год по регионам, млн ед.



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам Statista [73], 2025

С учетом вышеизложенного сфокусируемся на рынке промышленного интернета вещей. В ходе анализа выявлено, что рынок промышленного интернета вещей находится в стадии роста, для которого характерны стабильные темпы роста, увеличение конкуренции на рынке, повышение рентабельности проектов, приближение к стадии вытеснения конкурентов и консолидации производителей, то есть приближение к стадии зрелости. Северная Америка, как было отмечено выше, является лидирующим регионом на мировом рынке промышленного интернета вещей. Характеристики рынка промышленного интернета вещей в США демонстрируют достаточно высокий (выше среднего) уровень концентрации рынка, высокие темпы роста, высокий уровень инновационности предлагаемых решений, достаточно высокий (выше среднего) уровень активности в сфере сделок по слиянию и поглощению компаний, высокий уровень влияния политики и нормативно-правового поля, практически полное отсутствие товаров-заменителей (субститутов), а также высокую сконцентрированность предлагаемых решений на конечном пользователе, что также свидетельствует о высокой стадии развития рынка [75].

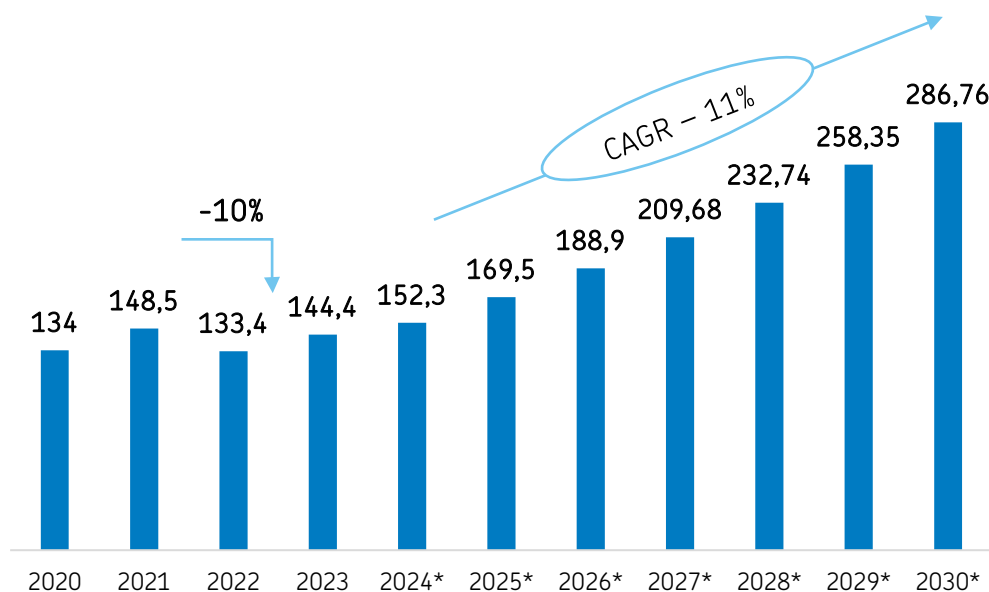
Рисунок 22. Характеристики рынка промышленного интернета вещей в США, 2023 год



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам Grand View Research [75], 2025

Оценка объема рынка промышленного интернета вещей в России представлена в соответствии с данными компании TelecomDaily. Согласно данным агентства, в 2023 году объем рынка составил 144,4 млрд руб., при этом зафиксирован рост рынка, последовавший после падения объема рынка в 2022 году на 10% [76; 77], что может быть вызвано сложившейся экономической и геополитической ситуацией, а также последствиями пандемии коронавирусной инфекции COVID-19. При этом ожидается рост рынка в 2025 и 2026 годах на 11%, вследствие чего объем рынка в России достигнет 188,9 млрд руб. к 2026 году. При сохранении среднегодового темпа роста рынка на данном уровне к 2030 году объем рынка достигнет 286,76 млрд руб.

Рисунок 23. Объем и темпы роста отечественного рынка промышленного интернета вещей по годам, 2020–2030 гг., млрд руб.



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам TelecomDaily [76; 77], 2025

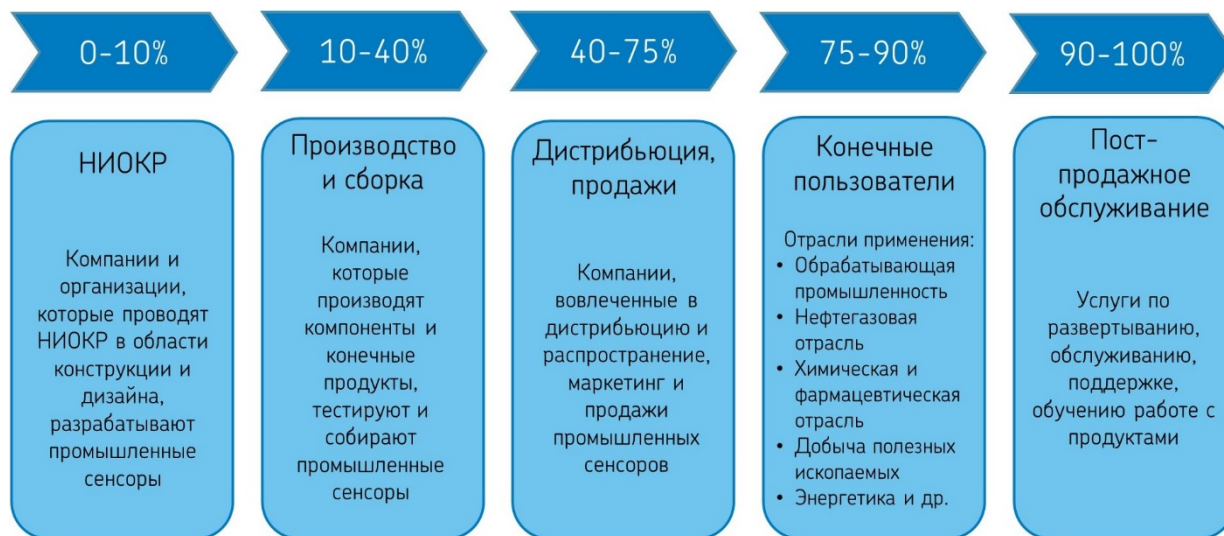
Несколько иную оценку объема рынка приводят аналитики компании «Росатом Инфраструктурные решения». Так, согласно данным компании, объем рынка интернета вещей, в состав которого включен рынок промышленного интернета вещей, в 2024 году составил 172 млрд руб., к 2030 году ожидается рост рынка до значения 276 млрд руб., при этом наибольшая доля рынка представлена решениями непромышленного применения [78; 79]. Технологии интернета вещей в 2022 году были внедрены в более чем 31 тыс. отечественных компаний [80].

Аналогичную оценку объема отечественного рынка интернета вещей приводит Ассоциации интернета вещей России и аналитическое агентство Onside – в 2023 и 2024 годах объем рынка составил 158 млрд и 181 млрд руб. соответственно, к 2027 году прогнозируется рост рынка до 230 млрд руб. [81] Согласно данным компаний, в промышленности прогнозируется среднегодовой темп роста рынка интернета вещей 15% на период 2023–2027 годы.

Согласно результатам исследования аналитического агентства ИТ-холдинга Т1, в России электроэнергетика является лидером среди промышленных отраслей применения технологии интернета вещей. Также высокие показатели применения интернета вещей зафиксированы в области строительства и архитектуры [82].

В части создания добавленной стоимости эксперты компании Maximize Market Research приводят пять ключевых этапов, на каждом из которых формируются дополнительные составляющие экосистемы промышленной сенсорики и промышленного интернета, в конечном итоге обеспечивающие эффективное и целенаправленное применение компонентов и решений промышленного интернета вещей на практике [83]. Основные этапы включают разработку решений (НИОКР), их производство и сборку, дистрибьюцию, пользование конечными потребителями, а также послепродажное обслуживание. Дополнительным этапом, не обозначенным на цепочке добавленной стоимости, может выступать разработка и настройка программной составляющей для готовых решений промышленного интернета вещей.

Рисунок 24. Цепочка добавленной стоимости решений в области промышленной сенсорики и промышленного интернета вещей



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам Maximize Market Research [83], 2025

Таким образом, цепочка добавленной стоимости определяет наиболее значимые этапы жизненного цикла решений промышленного интернета вещей и их реализации, что позволяет фокусироваться на внедрении новых технологий и методов оптимизации в соответствии с выявленными направлениями деятельности и источниками конкурентного преимущества. Наибольший эффект в формировании добавленной стоимости может быть достигнут за счет регулярного отслеживания технологических и рыночных трендов, их интерпретации и включения в стратегии развития и бизнес-процессы компании.

Сегментация рынков технологий «умного» производства

В разделе представлена сегментация рынков технологий «умного» производства – рынка промышленной робототехники в разрезе типа робота, аддитивного производства в разрезе источника дохода, промышленного интернета вещей в разрезе типа компонентов, а также региональная сегментация.

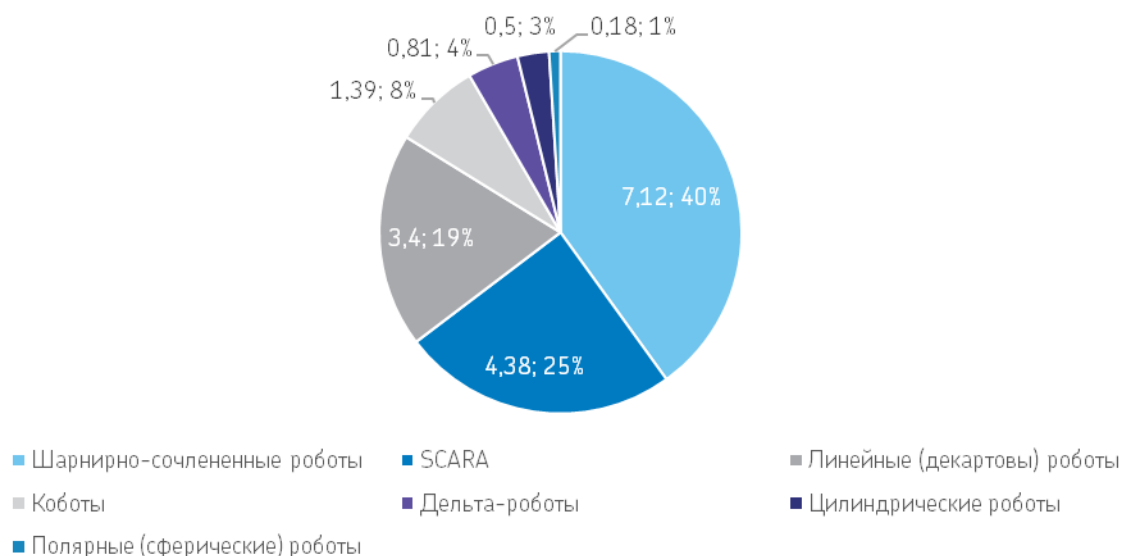
Сегментация рынка промышленной робототехники приведена на основе типа промышленных роботов. Подробное описание типов роботов и их функциональных особенностей представлено в экспертно-аналитическом докладе «Перспективы и сценарии развития промышленной робототехники в рамках направления «Технет» НТИ в 2024 году» [24]. Наибольшую долю рынка (40%) в 2024 году занимают шарнирно-сочлененные роботы, на втором месте – роботы типа SCARA с долей рынка 25%, на третьем месте – линейные (декартовы) роботы (19%).

Сегментация мирового рынка промышленного интернета вещей по типу компонентов демонстрирует высокую дифференцированность рынка. Согласно оценке Research Nester, наибольшую долю рынка промышленного интернета вещей занимают решения по управлению данными, безопасностью, мониторингу и аналитике (56,1%) [53].

На втором месте – предоставление сопутствующих услуг и сервисов, которые занимают 20,3% рынка. Третье место на рынке по типу компонентов занимает аппаратное обеспечение – всего 14,3%, в то время как на применение комплексных платформ отведено 9,3% рынка.

Рисунок 25. Сегментация рынков технологий «умного» производства

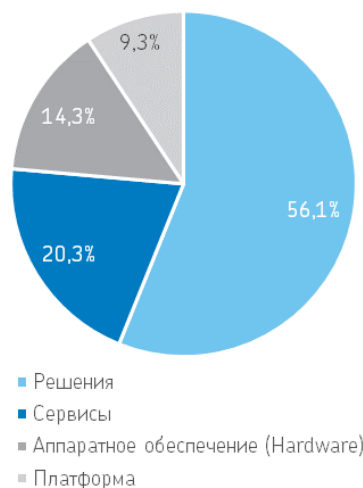
Сегментация мирового рынка промышленной робототехники по типу роботов, 2024 год, млрд долл., %



Сегментация мирового рынка аддитивного производства по источнику дохода, 2024 год, млрд долл., %



Сегментация мирового рынка промышленного интернета вещей по типу компонентов, 2024 год, %



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам Global Market Insights [28], Wohlers [41], Verified Market Reports [43], Research Nester [53], 2025

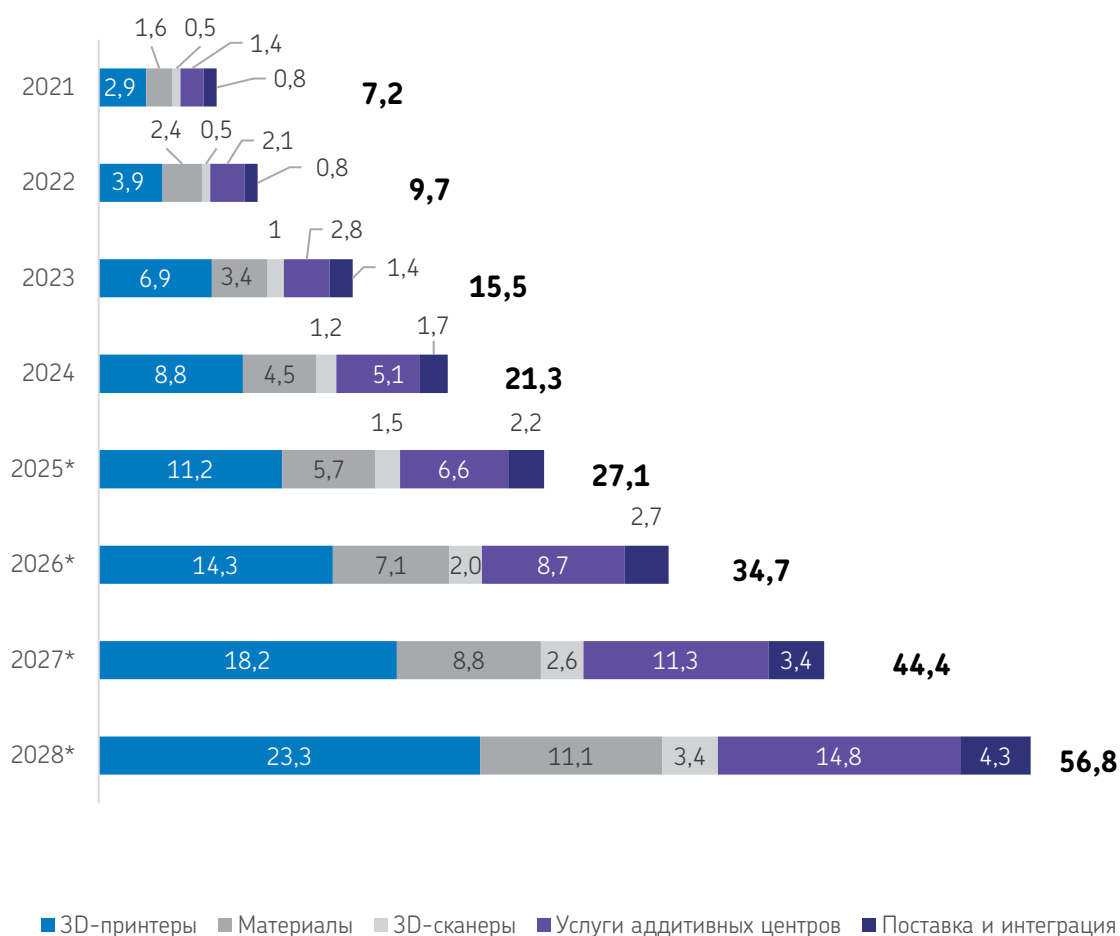
Наличие широкого спектра решений на рынке промышленного интернета вещей свидетельствует о многообразии вариантов применения технологии и масштабируемости предлагаемых решений. Однако бóльшая часть относится к программным решениям и сервисам, что подтверждает высокий спрос на качественные данные, их обработку и аналитику, а также высокую добавленную ценность управления данными в деятельности промышленных предприятий.

Также данное положение на рынке свидетельствует о высоком уровне зрелости разработанных аппаратных средств, обилие которых в достаточной мере закрывает потребности предприятий. Кроме того, наблюдается тренд развития моделей в формате «как услуга» (as-a-Service), что будет представлено подробнее в обзоре основных игроков рынка.

Сегментация рынка аддитивного производства согласно Wohlers в разрезе источника дохода в 2024 году представлена такими сегментами, как услуги печати (46,1%), продажа и обслуживание оборудования (27,4%), продажа материалов (20,1%) и продажа программного обеспечения (6,4%) [41].

Сегментация отечественного рынка аддитивного производства отличается от структуры мирового рынка. Отечественный рынок поделен на такие сегменты, как 3D-принтеры, материалы для аддитивного производства, 3D-сканеры, услуги аддитивных центров (включает доход организаций, предоставляющих услуги в области аддитивных технологий, реверс-инжиниринга, исследовательских и лабораторных работ по данному направлению), а также поставка и интеграция (включает услуги дистрибьюторов и интеграторов по внедрению аддитивного оборудования и ПО в организации, проведению пусконаладочных работ, обслуживанию, обучению и др.) [51].

Рисунок 26. Сегментация отечественного рынка аддитивного производства, 2024 год, млрд руб.

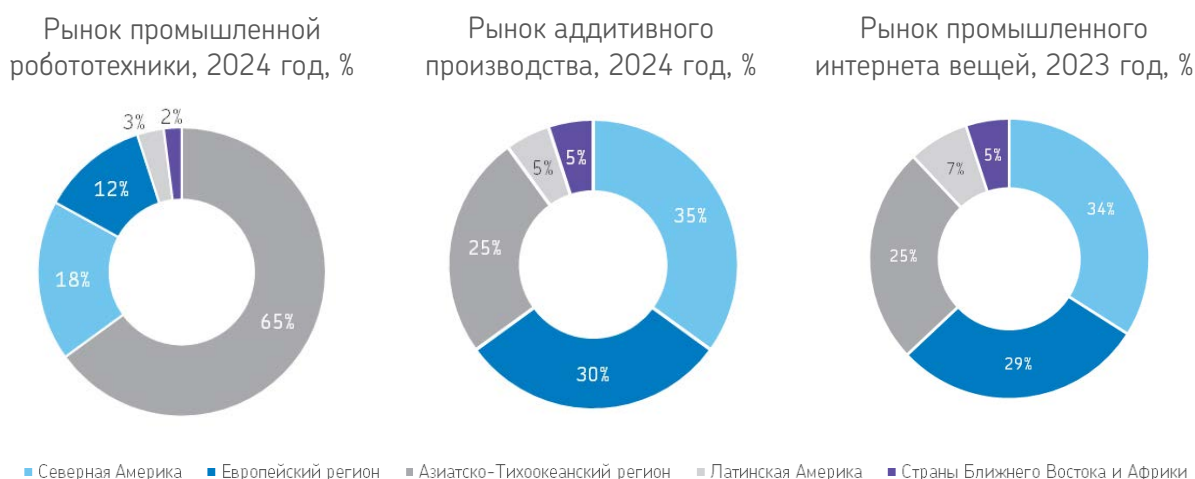


Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам Клуба Аддитивных Технологий [51], 2025

Наибольшую долю рынка аддитивного производства в России в 2024 году заняла продажа и обслуживание 3D-принтеров (41,3%), а также услуги аддитивных центров (23,9%). К 2028 году ожидается увеличение всех сегментов рынка, при этом 3D-принтеры будут занимать 41% рынка, услуги аддитивных центров, в свою очередь, 26,1% рынка [51].

В региональной сегментации рынка промышленной робототехники продолжительное время лидирующие позиции занимает Азиатско-Тихоокеанский регион, чья доля в 2024 году составила более 65%, что объясняется наличием в Китае, Японии и других странах региона промышленных лидеров в области робототехники. На втором месте со значительным отрывом находится Северная Америка (18%), на третьем месте – Европейский регион с долей рынка 12%. Латинская Америка, страны Ближнего Востока и Африки занимают 3% и 2% соответственно.

Рисунок 27. Региональная сегментация рынков технологий «умного» производства



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам Precedence Research [27], Verified Market Reports [43], Precedence Research [63], 2025

Региональная сегментация рынка промышленного интернета вещей представлена Северной Америкой, которая занимает наибольшую долю рынка (34%) согласно оценке Precedence Research [63]. Второе место по объему рынка промышленного интернета вещей занимает Европейский регион, доля которого составила 29% в 2023 году. Третье место занял быстрорастущий Азиатско-Тихоокеанский регион с долей рынка 25%. Латинская Америка, а также регион Ближнего Востока и Африки заняли 7% и 5% соответственно.

Согласно региональной сегментации рынка аддитивного производства, лидирующие позиции по доле рынка занимает Северная Америка (35%), на втором месте – Европейский регион с долей рынка 30%, третье место занимает Азиатско-Тихоокеанский регион с долей рынка 25%. Наименьшую долю рынка занимают Латинская Америка (5%) и страны Ближнего Востока и Африки (5%). Наблюдается наибольший рост рынка аддитивного производства в США и Китае, что также определяет рост соответствующих регионов, при этом прогнозируется планомерный рост всех регионов и сохранение их доли присутствия на рынке [84].

Тренды и барьеры развития рынка промышленного интернета вещей

Технологические и рыночные **тенденции**, выявленные в ходе анализа рынка, описаны применительно к области интернета вещей, в том числе промышленного интернета вещей, и включают следующие направления.

1. Развитие смежных технологий и технологических решений.

Развитие интернета вещей, в том числе промышленного интернета, тесно взаимосвязано с развитием широкого спектра передовых цифровых технологий [85]. В первую очередь следует выделить развитие *технологий связи*, включая 5G, Wi-Fi 6, спутниковую связь (преимущественно внедрение группировок малых спутников коммерческими операторами и поставщиками связи [85]) и др. [86]. Тенденции развития технологий связи предъявляют особые требования к надежности связи, скорости и задержкам передачи данных, количеству подключенных устройств (емкости сети), пропускной способности и другим параметрам, которые напрямую определяют эффективность и бесперебойность эксплуатации технологий промышленного интернета и имеют огромный потенциал для совершенствования [1].

Не менее значимыми для интернета вещей, в том числе промышленного интернета, являются инновации в области *граничных (периферийных) вычислений* (Edge Computing), которые могут обеспечить межмашинное взаимодействие цехового оборудования или транспортных средств [1], обработку больших объемов данных в непосредственной близости к устройству генерации данных, параллельные вычисления [87; 88]. Это способствует снижению длительности передачи и обработки данных, сокращает задержки и сетевой трафик, минимизирует риски утечки данных, что критически важно для чувствительных ко времени процессов, таких как мониторинг и принятие решений [86; 89–91].

В этой же связи можно выделить развитие упомянутых ранее решений, предоставляемых в формате «как услуга», например, программное обеспечение как услуга (Software-as-a-Service, SaaS), которое позволяет использовать различные бизнес-приложения и решения на условиях подписки, при этом клиент получает преимущества без потребности развертывания собственной инфраструктуры для поддержания доступа к программным системам. В части интернета вещей, в том числе промышленного интернета, это способствует обработке данных в облачном пространстве и масштабированию системы интернета вещей на предприятии [92].

Аналогично технологии интернета вещей, в том числе промышленного интернета, могут быть интегрированы с технологией разработки и применения *цифровых двойников* [22]. В частности, интеграция обозначенных технологий возможна в целях обеспечения мониторинга и моделирования промышленных объектов и процессов производства, прогнозирования параметров работы и состояния оборудования, выявления отклонений и проч., что обеспечит продление срока службы промышленных объектов и производственных активов [86].

2. Внедрение технологий искусственного интеллекта и машинного обучения в систему интернета вещей, в том числе промышленного интернета.

Слияние искусственного интеллекта и интернета вещей, в том числе промышленного интернета, в технологию AIoT (AI-Driven IoT) – одна из наиболее значимых тенденций на рынке, поскольку данная технология позволяет обрабатывать данные, полученные от устройств, для принятия рациональных, обоснованных решений [93; 94].

Согласно оценке экспертов Markets and Markets, рынок IoT-платформ будет расти со среднегодовым темпом роста, равным 37,7%, что приведет к увеличению объема рынка с 5 млрд долл. в 2023 году к 24,9 млрд долл. в 2028 году [95].

Искусственный интеллект не только позволяет автоматизировать процессы обработки данных, в том числе больших объемов, но и формирует системы, способные к самооптимизации. Например, при выявлении ранних признаков вибраций или предпосылок к чрезвычайным ситуациям алгоритмы искусственного интеллекта принимают решения об остановке процесса или перераспределении отслеживаемых активов. Тем самым формируется высокое качество процессов, в том числе производственных, за счет выявления закономерностей и аномалий, а также автономность принятия решений системами интернета вещей, что приводит к созданию автономных производственных сред [86; 90; 96].

Дополнительные инновации формируются также за счет сочетания в системе интернета вещей, в том числе промышленного интернета, технологий искусственного интеллекта и граничных (периферийных) вычислений, которые способствуют анализу данных в режиме реального времени и реагированию на отклонения [88]. Эта тенденция привела к появлению интеллектуальных процессоров и шлюзов, в результате чего появилось периферийное оборудование для применения искусственного интеллекта, способное выполнять параллельные вычисления и обучать алгоритмы с низкой задержкой [87].

3. Конструктивные и технологические инновации в решениях и устройствах интернета вещей, в том числе промышленного интернета.

Совершенствование устройств интернета вещей, в том числе промышленного интернета, направлено, как правило, на два ключевых аспекта – надежность и стоимость. В части *надежности* проводятся работы, направленные на обеспечение бесперебойности связи, повышение срока службы отдельных компонентов и устранение потенциальных помех или внезапных поломок датчиков и сенсоров [86; 94]. С позиции *стоимости* развитие интернета вещей движется в сторону удешевления устройств, в том числе за счет масштабирования, уменьшения веса и использования практичных материалов. Данная тенденция тесно связана с развитием и совершенствованием решений по направлению сенсорики – одного из ключевых элементов, обеспечивающих аппаратную реализацию интернета вещей, в том числе промышленного интернета.

4. Обеспечение и повышение безопасности устройств интернета вещей, в том числе промышленного интернета.

Обеспечение безопасности эксплуатации устройств, в том числе в плане кибербезопасности и защиты персональных данных, остается острым вопросом для разработчиков и пользователей устройств интернета вещей [1; 86]. Как отмечают эксперты, в области интернета вещей, в том числе промышленного интернета, возрастают инвестиции в создание встроенной системы безопасности на уровне микросхем с помощью безопасных элементов и физически неклонировуемых функций (PUF) [87; 88]. Совершенствование технологий безопасности обеспечивает защиту данных, передаваемых с граничных (периферийных) устройств в облако, за счет встроенных в устройства интернета вещей элементов, без приобретения дополнительных устройств.

Кроме того, в целях обеспечения кибербезопасности применяются технологии сквозного шифрования, формируется архитектура нулевого доверия (Zero trust), в рамках которой каждый пользователь проходит проверку перед предоставлением доступа к устройству [86]. Также в целях выявления потенциальных угроз и оперативного реагирования на них применяют технологии и алгоритмы искусственного интеллекта, которые расширяют возможности традиционных подходов к кибербезопасности. При этом внедряемые технологии безопасности и конфиденциальности, равно как и генерируемые данные, должны соответствовать протоколам безопасности и мировым стандартам [90].

5. Формирование решений интернета вещей, в том числе промышленного интернета, с низким энергопотреблением.

Наблюдается широкое развитие и распространение технологий, использующих меньший объем энергоресурсов, в частности, технологии Bluetooth с низким энергопотреблением (BLE) [94]; NB-IoT, которое обеспечивает передачу небольших объемов данных и длительную автономную работу с использованием маломощной сети; LTE-M, которые обеспечивают высокую скорость передачи данных [88]; Zigbee, тип подключения датчиков, работающих от аккумулятора, обладающих невысокой пропускной способностью; и другие технологии подключений [91].

6. Бесшовная интеграция и совместимость устройств.

Вопрос обеспечения совместимости устройств становится более актуальным в связи с тем, что интернет вещей, в том числе промышленный интернет, набирает популярность, при этом расширяется список производителей решений, которые все больше взаимодействуют друг с другом. В связи с этим формируется тенденция в части разработки и внедрения открытых и совместимых стандартов, обеспечивающих бесшовную интеграцию и облегчающих налаживание связи между разными источниками данных и компонентами сети. Кроме того, прорабатывается совместимость и универсальность встроенного программного обеспечения [88].

7. Расширение областей применения интернета вещей, в том числе промышленного интернета.

Безусловно, развитие передовых цифровых технологий влечет за собой проникновение технологий во множество отраслей экономики, а также масштабирование сценариев применения. Если говорить непосредственно об интернете вещей, в том числе промышленном интернете, наблюдается распространение технологий в такие области, как мониторинг и регулирование *энергопотребления* и использования ресурсов, повышение осведомленности о воздействии на *окружающую среду*, обеспечение *устойчивости* решений в области транспорта и управления отходами [75; 86; 88; 90; 94; 96].

Масштабная трансформация рынка авиации и транспорта, фокусирующая инновации на внедрении и развитии *беспилотных решений* [85; 97], способствует совершенствованию технологий передачи данных между устройствами, интеграции систем, находящихся на удалении, с учетом требований к скорости передачи сигналов, надежности и безопасности устройств. При этом тенденция масштабирования и расширения областей применения беспилотных аппаратов затронула также промышленность – все большее число беспилотных и автономных решений внедряется в производственные подразделения и промышленную инфраструктуру, в связи с чем актуализируется применение технологий связи и промышленного интернета вещей для обеспечения взаимодействия между системами управления на производстве и беспилотными аппаратами.

Интернет вещей, в том числе промышленный интернет, также широко используется для *управления персоналом и обеспечения его безопасности*, в частности, за счет интеграции датчиков обнаружения в оборудование в целях распознавания людей и остановки работы (аварийного отключения) во избежание травм; отслеживания состояния здоровья и предотвращения критических показателей или небезопасных условий работы; измерения физико-механических параметров работы оборудования, например, для предотвращения возгорания или выброса веществ, функционирования систем пожаротушения и обнаружения утечки [75; 96]; проведения интерактивного обучения [86] и проч.

Еще одна область применения технологий промышленного интернета вещей, которая набирает актуальность, – *автоматизация процессов в научных лабораториях и исследовательских подразделениях*, в том числе работающих с промышленностью [98]. В частности, сеть датчиков и системы управления данными в лабораториях обеспечивают высокую производительность процессов испытаний материалов, управление лабораторией и извлечение данных, мониторинг и обслуживание приборов и инструментов, интеграцию данных с приборов, а также формирование автоматизированного цикла обратной связи, благодаря которому возможно автоматизированное принятие решений по результатам экспериментов.

В России рынок промышленного интернета вещей развивается более медленными темпами, при этом обозначенные тенденции актуальны и для отечественного рынка. Среди особенностей и главных драйверов отечественного рынка, ключевых факторов его продвижения и формирования конкурентоспособности следует выделить партнерство государства и бизнеса в части разработки и внедрения готовых решений, а также увеличение числа игроков на рынке, в связи с чем рынок масштабируется, внедрение решений становится дешевле и проще [99].

Еще одним значимым драйвером развития рынка интернета вещей в России выступает концепция импортозамещения, поскольку с уходом зарубежных компаний возникла потребность в замещении устройств и программных систем интернета вещей отечественными аналогами [74].

Таким образом, обозначенные тенденции на рынке интернета вещей, в том числе промышленного интернета, способствуют эволюции производства в сторону программно-управляемой отрасли за счет интеллектуальных операций сбора данных и мониторинга, анализа производительности, автоматизации процессов [100].

Однако развитию интернета вещей, в том числе промышленного интернета, препятствуют барьеры и риски, преодоление которых станет фактором обеспечения конкурентоспособности для предприятий промышленности. Выделим основные **барьеры** в данной области.

1. Проблемы совместимости между системами и источниками данных [100–102].

В качестве одного из значимых барьеров компании выделяют проблемы совместимости, которые могут возникать в нескольких процессах. Во-первых, отмечается сложность обеспечения *взаимодействия между новыми и устаревшими системами*, поскольку технологии и протоколы взаимодействия выводят совместимость на новый уровень, что может не поддерживаться в решениях предыдущего поколения либо вызывать технические сложности при наладке. Также трудоемкой представляется интеграция с устаревшим оборудованием на предприятии, поскольку оно может быть не совместимо с технологиями связи на базе интернета вещей [96].

Во-вторых, эксперты отмечают сложность интеграции между *информационной системой предприятия и устройствами интернета вещей*, что связано с упомянутыми протоколами взаимодействия и особенностями развернутых на предприятии платформенных решений [103].

В-третьих, проблемы совместимости и интеграции возникают в тех случаях, когда у предприятия существует *множество источников данных*, в том числе по причине множества устройств от разных производителей, в связи с чем появляются сложности интеграции данных между собой [13].

Кроме того, эксперты отмечают, что рост рынка платформ интернета вещей приостановился по причине высокой *сложности внедрения интернета вещей* и масштабирования универсальных горизонтальных решений, а также сопротивления со стороны потенциальных пользователей по причине неочевидности преимуществ и ценностей внедрения платформы [104].

2. Вопросы кибербезопасности и защиты данных [13; 89; 96; 100–102].

Безусловно, обеспечение безопасности устройств интернета вещей, в том числе промышленного интернета, является как драйвером, стимулирующим развитие безопасных и надежных технических решений, так и барьером, препятствующим развитию рынка с точки зрения нескольких аспектов. Первый аспект заключается в *отсутствии у потребителей знаний и уверенности*, что внедряемые системы интернета вещей являются полностью безопасными, особенно для предприятий, обладающих критической инфраструктурой, в связи с чем возникают сомнения в потребности внедрения системы интернета вещей или эффективности готовых решений.

Второй аспект связан с тем, что вопросы кибербезопасности являются *динамичными* в своем развитии и *сложнопредсказуемыми*, что влечет к возникновению новых угроз, для которых отсутствуют надежные и современные методы защиты, или к утечке, подмене данных, а также масштабированию кибератак и способов их проведения, от которых полностью не может быть защищено ни одно предприятие [103].

Третий аспект напрямую взаимосвязан с вопросами *развития стандартизации и нормативно-правового пространства* в данной области, поскольку отсутствие, нехватка или недостаточная проработка протоколов и процедур обеспечения безопасности при передаче данных и их защите ведут к нарушению целостности информационного пространства предприятия и грозят не только сбоями в работе, но и финансовыми потерями или возникновением проблем с конфиденциальными данными [13; 85]. В связи с этим предприятия принимают решения внедрять технологии интернета вещей, в том числе промышленного интернета, в ограниченных масштабах или же полностью отказываются от их внедрения.

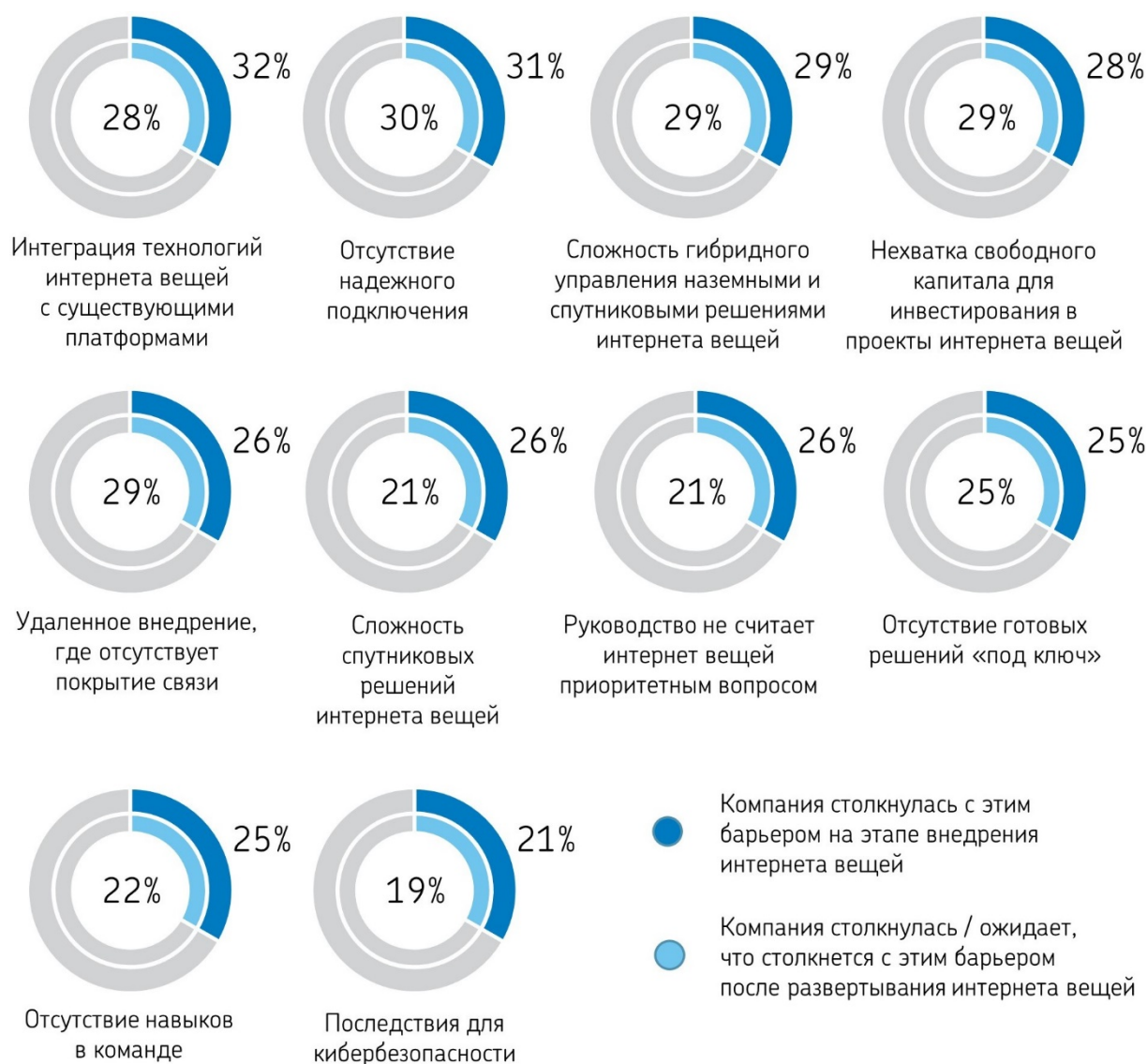
3. Потребность в высококвалифицированном персонале.

Развитие передовых цифровых и производственных технологий, в том числе интернета вещей и промышленного интернета, традиционно требует привлечения высококвалифицированного персонала и экспертов, способных к грамотному внедрению и применению технологий. Интернет вещей, в том числе промышленный интернет, требует сочетания глубоких технических навыков системной интеграции, знаний программной и аппаратной составляющей системы интернета вещей, а также цифровых навыков и компетенций в обработке, анализе и интерпретации данных, в том числе в Data Science (науке по анализу и обработке данных). Нехватка экспертов в данной области ведет к низкой эффективности системы и неполному раскрытию преимуществ технологии как на этапе внедрения, так и в процессе эксплуатации, что препятствует быстрому развитию и масштабированию рынка [13; 100; 102; 105].

4. Значительные первоначальные инвестиции.

Внедрение системы интернета вещей, в том числе промышленного интернета, требует первоначальных вложений, которые в зависимости от рыночных условий, экономической ситуации и технических особенностей проекта могут превосходить плановый объем бюджета и требовать привлечения дополнительных ресурсов [13]. Данный аспект влияет на готовность компаний к реализации и завершению проектов по внедрению интернета вещей, в том числе промышленного интернета, а также препятствует масштабированию пилотных проектов, что негативно сказывается на развитии рынка в целом.

Рисунок 28. Препятствия и барьеры, с которыми сталкиваются организации при внедрении проектов интернета вещей, 2024 год, %



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам Viasat Enterprise [75], 2025

По результатам опроса более 250 специалистов в 2024 году компания Viasat Enterprise сформировала перечень основных барьеров, с которыми сталкиваются организации при реализации проектов интернета вещей, которые также распространяются на проекты в области промышленного интернета.

Среди ключевых проблем, не раскрытых выше, можно выделить сложность управления наземными и спутниковыми решениями интернета вещей при гибридном управлении (в данном подходе наземные и спутниковые технологии интегрированы и используются одновременно; гибридная сеть может быть использована, например, в случаях, когда устройство для отслеживания активов, оснащенное модулями сотовой и спутниковой связи, попадает в отдаленный район, где сотовая связь практически отсутствует, тогда устройство может переключиться на спутниковую связь, чтобы обеспечить передачу данных [106]), отсутствие достаточного покрытия, отсутствие поддержки руководства, отсутствие готовых решений и др.

Отечественный рынок интернета вещей, в том числе промышленного интернета, характеризуется как общемировыми барьерами, так и специфическими вызовами и сложностями, которые становятся препятствием для развития рынка [102]. Среди специфических для России барьеров развития интернета вещей, в том числе промышленного интернета, можно выделить следующие:

- Ограниченность доступа к зарубежным программно-аппаратным решениям и операционным системам, трудности обслуживания инфраструктуры с зарубежным оборудованием, необходимость импортозамещения зарубежных решений и технологий зрелыми отечественными разработками интернета вещей, в том числе промышленного интернета, что служит как барьером, так и драйвером развития отечественного рынка [74; 85; 89; 105; 107];
- Нехватка, недостаточная зрелость и открытость экосистем и платформ, обеспечивающих масштабный охват системы интернета вещей, в том числе промышленного интернета, на предприятии, сквозные процессы и системность работы всех участников – операторов связи, производителей оборудования, поставщиков сервисов, разработчиков платформ и систем управления [85; 89; 107; 108];
- Недостаточно быстрое развитие сети и технологий, недостаточное покрытие территорий, в связи с чем автоматизация не реализуется в полном объеме, возникают технические сложности внедрения сети промышленного интернета и задержки при передаче данных [89; 107];
- Ограниченное число наглядных пилотных проектов, что может быть вызвано высокой стоимостью реализации, нехваткой системных подходов и экспертности, недоверием лиц, принимающих решения, трудностями оценки результативности и другими факторами [108];
- Проприетарность протоколов (разработка протоколов под собственные нужды компании, не для открытого использования), необходимость лицензирования решений и др. [107; 108]

Аналогично с формирующимися барьерами возникают **риски**, существование которых препятствует формированию полной уверенности предприятий в целесообразности внедрения систем интернета вещей, включая промышленный интернет, и эффективности решений. Среди ключевых рисков, существующих на рассматриваемом рынке, можно выделить недостаточную поддержку со стороны руководства или нежелание сотрудников, ограничения бюджета, сложность определения рентабельности инвестиций [75; 101], риски кибератак и утечки данных [103], накопление «мусорной», бесполезной информации [101], а также эксплуатационные риски, связанные с ограничениями доступа к зарубежным решениям, сложностями в логистике, нехваткой комплектующих и проч., что создает условия для нарушения работы систем интернета вещей и потери эффективности [107].

Тем не менее существующие барьеры и риски нивелируются значительными достижениями в области развития технологий интернета вещей, в том числе промышленного интернета, благодаря чему ожидается планомерный рост рынка и расширение преимуществ от внедрения систем.

ГЛАВА 2. ОБЗОР ОСНОВНЫХ ИГРОКОВ РЫНКА ПРОМЫШЛЕННОГО ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

В главе рассмотрены основные игроки рынка промышленного интернета вещей, приведено описание их основной деятельности и обзор предлагаемых продуктов и решений, а также проанализированы бизнес-модели деятельности основных игроков рынка. Отдельно рассмотрены примеры сделок, направленных на слияние и поглощение компаний, сотрудничество и кооперацию с другими игроками рынка, а также реализацию инвестиционных и совместных исследовательских проектов в данной области.

Особое внимание в главе уделено обзору отечественных компаний, включая компании, вовлеченные в реализацию направления НТИ «Технет» и специализирующиеся на предоставлении услуг, создании продуктов и технологий в сфере промышленного интернета вещей.

Сегментация и обзор игроков рынка и предлагаемых продуктов

Перечень игроков рынка промышленного интернета вещей приведен на основе данных, представленных в материалах экспертно-аналитических и консалтинговых агентств, а также по результатам анализа рынка, в частности, на основе рейтингов ТОП-500 компаний в области интернета вещей в мире 2023–2024 гг. согласно Всемирному конвенту интернета вещей (WIOTC, World Internet of Things Convention) [109; 110]. К лидерам рынка относятся компании, расположенные преимущественно в США, Китае и некоторых странах Европейского союза. Также рассмотрены отечественные компании, специализирующиеся в области интернета вещей. Сегментация основных игроков рынка приведена на основе сегментов рынка промышленного интернета вещей в соответствии с ключевыми компонентами предлагаемых решений и продуктов. Перечень отраслей представлен в соответствии с информацией на сайте компаний.

Таблица 2. Описание деятельности основных игроков мирового рынка промышленного интернета вещей

№ п/п	Название компании, страна	Описание основной деятельности компании, основные разработки в соответствии с сегментами ⁴ рынка	Перечень отраслей
1	ABB Ltd., Швеция,	Компания ABB является технологическим лидером в области электрификации и автоматизации производств, что и является	Аэрокосмическая

⁴ Выделенные сегменты рынка в соответствии с типом компонентов предлагаемых решений включают:

1. Решения (Solution), включая управление данными, решения для обеспечения безопасности, удаленный мониторинг, аналитику;
2. Платформы, включая управление приложениями, управление устройствами, управление подключением;
3. Сервисы, включая профессиональные сервисы и удаленное управление (managed);
4. Аппаратное обеспечение (Hardware), включая процессоры, актуаторы, кабели, компьютерные чипы, датчики интернета вещей, интеллектуальные устройства и счетчики, интегральные схемы для связи (Connectivity IC), устройства памяти (Memory Devices), логические устройства (Logic Devices), промышленные роботы (Industrial Robots), промышленные ПК (Industrial PC), распределенные системы управления (DCS), человеко-машинный интерфейс (Human Machine Interface), устройства управления (Control Devices).

№ п/п	Название компании, страна	Описание основной деятельности компании, основные разработки в соответствии с сегментами ⁴ рынка	Перечень отраслей
	Швейцария	ключевым направлением деятельности компании. Среди продукции компании в области промышленного интернета вещей преобладают электронные устройства, датчики, приборы для отслеживания различных производственных и технологических процессов. Большое внимание в компании уделяют вопросам энергопотребления и устойчивости процессов производства. Дочерняя компания B&R Industrial Automation GmbH также специализируется на выпуске решений для сбора данных и управления процессами, в том числе контроллеров, промышленных компьютеров и других устройств [111; 112]. В области промышленного интернета компания предлагает собственное решение – приложение IIoT Connector для сбора и последующего обмена данными между оборудованием и ИТ-системами, в том числе в целях аналитики и оптимизации процессов [113]. Также компания предоставляет широкий спектр услуг в области промышленного интернета вещей, включая мониторинг состояния оборудования, прогностическое обслуживание, оптимизацию показателей эффективности и др. [114] Решения: Платформа ABB Genix на основе модульной архитектуры позволяет интегрировать данные, полученные от инженерных объектов, с информационными системами за счет реализации технологий промышленного интернета вещей и искусственного интеллекта. Данный подход обеспечивает интеллектуальную промышленную аналитику для оптимизации производственных процессов, принятия обоснованных решений, повышения эффективности процессов, предиктивного технического обслуживания и проч. [115; 116] Кроме того, разработано отдельное решение для периферийных вычислений для поддержания процессов сбора и анализа данных в режиме реального времени [117]. Также можно выделить систему CEM-DAS от ABB, предназначенную для сбора и обработки данных о веществах, непрерывного мониторинга выбросов, которая первая в мире успешно прошла испытания в соответствии с международным стандартом EN 17255 [118]. Кроме того, компания предлагает ABB Ability™ OPTIMAX® 6.4 – систему, направленную на управление энергопотреблением. Обновленная система содержит модуль искусственного интеллекта для улучшенного прогнозирования нагрузки, выработки электроэнергии и ценообразования с учетом нагрузки сети, что поддерживает подход ABB к повышению устойчивости промышленности [119]. Платформы: Одно из платформенных решений ABB направлено на сбор и анализ данных в режиме реального времени в целях мониторинга качества воды, выявления компонентов в составе и	и оборонная промышленность⁵ Горнодобывающая промышленность Машиностроение Металлургическая промышленность Нефтегазовая отрасль Полупроводниковая промышленность Потребительские товары Строительство Судостроение Химическая промышленность Целлюлозно-бумажная промышленность Энергетика

⁵ Перечень отраслей компании ABB Ltd. содержит отрасли, в которых применяется аппаратное обеспечение и оборудование данной компании.

№ п/п	Название компании, страна	Описание основной деятельности компании, основные разработки в соответствии с сегментами ⁴ рынка	Перечень отраслей
		управления водоснабжением. Предлагаемое решение содержит программную платформу с встроенными технологиями анализа данных, интегрированную с оптическими датчиками, контроллерами и дополнительными функциональными компонентами [120]. Также можно выделить продукт ABB Ability™ Field Information Manager 3.0, позволяющий управлять физическими устройствами разных производителей в условиях производства, осуществлять настройку, ввод в эксплуатацию, диагностику и обслуживание устройств, сбор данных для мониторинга состояния и передачи в облако, а также выполнять другие функциональные задачи по управлению активами [121]. Сервисы: Компания ABB предоставляет широкий перечень сервисов и услуг, направленных на комплексное внедрение аппаратных и цифровых решений, в том числе для управления активами, ресурсами, процессами, а также элементами систем промышленного интернета вещей [122]. В частности, одна из предлагаемых услуг направлена на проектирование, развертывание, организацию и модернизацию диспетчерских пунктов, позволяющих отслеживать состояние объектов в режиме реального времени [123]. Аппаратное обеспечение: Продукты компании включают широкую линейку различных датчиков, актуаторов, измерительных систем и других устройств и решений, необходимых для реализации промышленного интернета вещей. Среди них: датчики давления [124], распределенные системы управления [125; 126], ПЛК [127], датчики контроля потребления ресурсов и многое другое [128].	
2	Cisco Systems, Inc., США	Компания Cisco Systems – мировой лидер в области сетевых и телекоммуникационных технологий, который предлагает обширный портфель технологических продуктов. Специализация компании – на технологиях искусственного интеллекта, облачных вычислениях, программных [129] и аппаратных решениях интернета вещей, а также развертывании «умного» производства, в том числе посредством интеграции обозначенных технологий [130; 131]. Технологии промышленного интернета вещей направлены на автоматизацию процессов, предиктивное обслуживание, оптимизацию цепочек поставок и др. [132] Отдельное внимание в компании уделяют вопросам обеспечения кибербезопасности предлагаемых решений и сервисов [133]. Решения: Решения в области промышленного интернета вещей обеспечивают интеграцию сетевого оборудования, операционных и информационных технологий для передачи производственных данных в режиме реального времени [134]. Сетевая инфраструктура в основе содержит коммутаторы Cisco Catalyst™ Industrial Ethernet, которые поддерживают функциональные модули обеспечения безопасности, разработанные Cisco.	Горнодобывающая промышленность Железнодорожный транспорт Логистика Машиностроение Нефтегазовая отрасль Строительство Энергетика

№ п/п	Название компании, страна	Описание основной деятельности компании, основные разработки в соответствии с сегментами ⁴ рынка	Перечень отраслей
		Решение Splunk является платформой для централизации, анализа и извлечения информации из огромного количества данных, а также ее последующего преобразования [135]. Технология Cisco Ultra-Reliable Wireless Backhaul (URWB) обеспечивает, в свою очередь, сверхнизкую задержку и бесперебойное переключение между точками доступа. Тем самым система промышленного интернета в сочетании с интеллектуальными сервисами обнаружения аномалий решает множество производственных задач, связанных с передачей и анализом данных, управлением активами и т. д. [136; 137] Платформы: Компания также предлагает решения для управления подключением и сетью [138], платформу управления сервисами и 5G [139], платформу управления роботами через сеть [140] и некоторые другие платформенные решения. Сервисы: Среди сервисов компании – услуги по оптимизации энергопотребления и ресурсов [141], сервис «5G как услуга» (5G-as-a-Service) [142], сервис «Интернет вещей как услуга» (IoT-as-a-Service) [143], который предлагает систему компонентов, необходимых для запуска и эксплуатации собственного корпоративного IoT-сервиса, а также другие сервисные продукты. Аппаратное обеспечение: Реализация решений и сервисов в сфере промышленного интернета вещей предполагает установку устройств и управление ими, в связи с чем линейка продуктов Cisco содержит ассортимент коммутаторов, маршрутизаторов, сетевых решений и прочих встраиваемых устройств для развертывания безопасной промышленной сети, создания архитектуры центров обработки данных и прочих задач [144–146].	
3	General Electric Company, США	General Electric Company – глобальная компания, специализирующаяся на трех направлениях: аэрокосмическая и оборонная промышленность (GE Aerospace), технологии здравоохранения (GE HealthCare), энергетика и цифровые технологии (GE Vernova). Несмотря на то, что направление промышленного интернета вещей не является для компании GE профильным, некоторые аппаратные и программные продукты и решения GE Vernova для промышленности могут стать компонентами системы промышленного интернета. Подход GE Vernova к мониторингу состояния оборудования за счет аналитики делится на 5 уровней в зависимости от достоверности получаемых данных [147]: <i>Описательный уровень (Descriptive).</i> Данные описывают текущее состояние, что является базовым процессом мониторинга. <i>Диагностический уровень (Diagnostics).</i> Данные используются для выявления характеристик или причин неисправности оборудования. <i>Предиктивный уровень (Predictive).</i> Данные используются для прогнозирования и выявления возможных сбоев в работе	Автомобилестроение Аэрокосмическая и оборонная промышленность Горнодобывающая промышленность Машиностроение Металлургия Нефтегазовая отрасль Потребительские товары Химическая промышленность Электроэнергетика Энергетика

№ п/п	Название компании, страна	Описание основной деятельности компании, основные разработки в соответствии с сегментами ⁴ рынка	Перечень отраслей
		оборудования до наступления отказа. <i>Прогностический уровень (Prognostics).</i> Данные используются для определения вероятности наступления событий и оценки времени их наступления. <i>Предписывающий уровень (Prescriptive).</i> Данные позволяют сформировать рекомендации, которые будут способствовать изменению состояния оборудования и решению возникающих проблем. Решения: Портфель продуктов Proficy включает ассортимент облачных и локальных систем HMI/SCADA, MES, систем управления промышленными данными и аналитики, в том числе для развертывания между несколькими промышленными объектами [148]. Решения Proficy также обеспечивают оптимизацию потребляемых ресурсов, контроль за техническим состоянием объектов и проч. Другой программный продукт SmartSignal в сочетании с технологией цифровых двойников обеспечивает предиктивное обслуживание промышленных систем, позволяет минимизировать простои и прогнозировать результаты процессов [149]. Также можно выделить продукт Enterprise Asset Performance Management, способствующий управлению и оптимизации производительности активов [150]. Для получения наиболее полезных данных, устранения нестабильных значений и минимизации вероятности наступления выхода датчика из строя компания предлагает решение APM SmartSignal для мониторинга работоспособности датчиков, выявления несоответствий в работе и повышения надежности источника [147]. Решение оснащено интеллектуальными алгоритмами, которые позволяют выявлять «полезность» и корректность данных. Платформы: Одно из значимых направлений GE Vernova – программная платформа для управления энергопотреблением и энергетическими объектами [151; 152]. Как отмечают в компании, управление энергоресурсами является наиболее важным процессом из всех направлений, обозначенных широкой клиентской базой компании GE Vernova. Аппаратное обеспечение: Среди продуктов компании также присутствуют устройства для реализации технологии промышленного интернета вещей, которые компания предлагает для построения инфраструктуры и обеспечения взаимодействия между промышленными объектами в различных отраслях [153].	
4	Honeywell International, Inc., США	Honeywell International – крупная корпорация, специализирующаяся на автоматизации и системах управления для широкого перечня отраслей. Как отмечают в компании, внедрение промышленных решений Honeywell International обеспечивает повышение точности прогнозирования, сокращение длительности простоев, повышение эффективности процессов, управление	Автомобилестроение Аэрокосмическая и оборонная промышленность Горнодобывающая

№ п/п	Название компании, страна	Описание основной деятельности компании, основные разработки в соответствии с сегментами ⁴ рынка	Перечень отраслей
		качеством, активами и ресурсами [154]. Решения: Среди программных решений Honeywell – системы для управления безопасностью, обнаружения утечек, измерения показателей, контроля за ресурсами, контроля качества [155; 156], управления персоналом, отслеживания производительности, технического обслуживания, формирования специализированной отчетности [157] и других процессов, требующих сбора и анализа промышленных данных [158; 159]. Кроме того, компания предлагает отдельные решения по автоматизации складских операций [160]. Компания также предлагает интегрированную систему управления и безопасности для завода по переработке редкоземельных металлов, оснащенную подключенными контроллерами и системами дистанционного управления, что позволит повысить производительность и безопасность технологических процессов на предприятии [161]. Платформа: Honeywell Forge – платформа интернета вещей, предоставляющая приложения и услуги для мониторинга промышленных операций и процессов [162]. Платформа позволяет поддерживать бесперебойную работу промышленных объектов, объединять разрозненные производственные площадки, оптимизировать цепочки поставок, отслеживать производительность, осуществлять мониторинг и аналитику данных, обнаруживать несоответствия и проч. [159] Платформа Honeywell Forge также интегрирована с помощником на базе генеративного искусственного интеллекта [163]. Еще одно платформенное решение Honeywell – облачная платформа WES для управления складами, координации процессов, маршрутизации и т. д. [164] Сервисы: Компания предоставляет услуги, в частности, по обнаружению утечек, обучению, обслуживанию [165], оптимизации производительности [166], автоматизации складских процессов [167] и проч. Аппаратное обеспечение: Среди ассортимента аппаратного обеспечения компании, внедряемого при развертывании технологий промышленного интернета вещей, можно выделить электронные датчики для обнаружения и измерения, коммутаторы, элементы управления [168], сенсоры [169] и др. Датчики могут отслеживать утечку газа [170], движение и положение объектов [171], измерять давление, температуру, влажность, силу, магнитные воздействия, скорость, расход и т. д.	промышленность Логистика Машиностроение Металлургическая промышленность Нефтегазовая отрасль Полупроводниковая промышленность Потребительские товары Строительство Химическая промышленность Целлюлозно-бумажная промышленность Энергетика
5	Huawei Technologies Co., Ltd., Китай	Huawei Technologies – глобальная технологическая компания, предоставляющая сервисы, продукты, решения для инфраструктуры информационно-коммуникационных технологий по всему миру. В качестве одной из широкомасштабных тенденций компания называет интеллектуальный сбор и анализ данных [172].	Горнодобывающая промышленность Логистика Машиностроение

№ п/п	Название компании, страна	Описание основной деятельности компании, основные разработки в соответствии с сегментами ⁴ рынка	Перечень отраслей
		Преимущественно в портфеле компании преобладают решения, направленные на развертывание сетевой инфраструктуры для операторов, телекоммуникационных компаний, производственных предприятий. Большинство продуктов компании интегрировано с интеллектуальными сервисами, системами управления и облачными сервисами. Значительное развитие также получило направление по развертыванию сети 5G для эффективного использования интеллектуальных сервисов (мобильный искусственный интеллект) [173; 174], в частности, решения 5G-Advanced [175; 176], 5,5G [177–182]. Решения: Применительно к системе промышленного интернета вещей можно выделить решения Huawei для передачи данных, обеспечения доступа, сетевой инфраструктуры, в том числе маршрутизаторы, переключатели, устройства для беспроводной сети, программное обеспечение для управления сетью и проч. [183] Отдельным направлением является разработка решений, направленных на контроль энергопотребления как на энергетических объектах, так и в центрах обработки данных [184]. Платформа: Среди решений компании – платформа управления и контроля, с помощью которой могут быть реализованы задачи повышения эффективности эксплуатации и технического обслуживания объектов за счет автоматического определения неисправности и диагностики сетевых сбоев [185]. Для управления сетью может применяться система управления iMaster NCE, интегрированная с искусственным интеллектом, которая позволяет отслеживать состояние сети и проводить предиктивное обслуживание [186]. Сервисы: Huawei Technologies также предоставляет сервисы, в частности, в сфере 5G. Компания помогает планировать и составлять стратегии повышения качества сети с точки зрения ключевых показателей эффективности, проектировать и внедрять интеллектуальные сервисы, оптимизировать сети и их пропускную способность, контролировать и обслуживать сетевую инфраструктуру и проч. [187] Аппаратное обеспечение: Аппаратные продукты Huawei включают хранилища и компоненты хранения [188], устройства передачи данных [183], переключатели и коммутаторы, маршрутизаторы, устройства обеспечения безопасности [189], устройства для оптической сети [190] и частной сетевой инфраструктуры [191] и т. д.	Металлургическая промышленность Нефтегазовая отрасль Телекоммуникации Электроэнергетика
6	Intel Corporation, США	Intel Corporation – широко известный производитель электронных устройств и компьютерных компонентов, в первую очередь микропроцессоров. В разрезе технологий промышленного интернета вещей компания предлагает, в частности, технологии Intel® IoT, среди них облачные и периферийные вычисления, компьютерное зрение, интеграция интернета вещей с промышленными роботами, сети 5G, а также решения, которые позволяют	Автомобилестроение Машиностроение Телекоммуникации Энергетика

№ п/п	Название компании, страна	Описание основной деятельности компании, основные разработки в соответствии с сегментами ⁴ рынка	Перечень отраслей
		разрабатывать собственные системы в области промышленного интернета вещей на базе продуктов, серверов, микропроцессоров и других аппаратных систем Intel [192]. Решения: Ассортимент компании включает решения, направленные на развертывание сети, в том числе периферийной, и облачных технологий. Одно из интеллектуальных программных решений – Eigen, которое способствует выявлению дефектов на всех этапах технологического процесса за счет анализа данных в режиме реального времени [193]. Кроме того, система направляет промышленные данные в облако для обучения моделей искусственного интеллекта и повышения эффективности последующего анализа, выявления первопричин и оптимизации процессов. Платформа: В качестве платформенного решения Intel представляет модульную открытую платформу Edge Platform, которая позволяет разрабатывать, внедрять, запускать, защищать и управлять периферийными приложениями и приложениями на базе искусственного интеллекта в целях обеспечения аналитики с низкой задержкой данных [194]. Intel® Edge Controls for Industrial (Intel® ECI), в свою очередь, интегрирована с совместимыми устройствами и объединяет вычисления в реальном времени, виртуализацию и управление на уровне ИТ [195]. Аппаратное обеспечение: Intel в сфере аппаратных решений промышленного интернета вещей сфокусирована на предоставлении широкого ассортимента аппаратных устройств и компонентов, необходимых для развертывания сети, в том числе 5G [196], включая процессоры для периферийных и встраиваемых систем [197], продукты и технологии Intel® Ethernet [198; 199], различные программируемые устройства и ускорители [200], беспроводные технологии [201], а также программные решения. Данные устройства позволяют внедрять системы промышленного интернета вещей, направленные на выявление несоответствий и мониторинг качества, отслеживание активов, автоматизацию, внедрение компьютерного зрения и т. д. [202]	
7	Microsoft Corporation, США	Microsoft Corporation – крупнейшая технологическая корпорация, известный разработчик программных решений, в том числе облачных сервисов. Один из продуктов – платформа Azure [203], на базе которой возможно внедрение системы интернета вещей, в том числе промышленного интернета. В частности, платформа способствует управлению распределенными объектами, упрощенной генерации данных, интеграции облачных сервисов и периферийных устройств, интеллектуальной обработке данных, разработке собственных решений интернета вещей и проч. [204; 205] На промышленных объектах платформа интернета вещей Azure позволяет отслеживать состояние и параметры оборудования, предотвращать нарушения работы, прогнозировать потребность в обслуживании, отслеживать ресурсы и управлять ими [206]. Отдельным направлением применения платформы интернета вещей Azure выступает экологическая устойчивость, для поддержания которой на платформе обеспечены функциональные	Автомобилестроение Машиностроение Нефтегазовая отрасль Энергетика

№ п/п	Название компании, страна	Описание основной деятельности компании, основные разработки в соответствии с сегментами ⁴ рынка	Перечень отраслей
		возможности для сокращения потребления энергоресурсов, отслеживания качества воды, обнаружения и предотвращения утечек, уменьшения отходов материалов и др. [207] Обозначенные решения дополнены возможностями интеллектуальных сервисов, в частности, Microsoft предлагает развертывание облачных баз данных в рамках платформы Microsoft Fabric [208–211]. Решения: Внедрение платформы интернета вещей Azure возможно в локальной среде с обеспечением периферийных вычислений, что направлено на быстрый сбор полезных данных в непосредственной близости к устройствам интернета вещей и является актуальным для сценариев использования, требующих низкой задержки данных, высокой безопасности, автономной работы и др. [212] Решение Microsoft Defender предназначено для защиты устройств интернета вещей от потенциальных угроз и выявления уязвимостей [213]. Также можно выделить службу Azure Stream Analytics, направленную на аналитику в режиме реального времени для потоковых данных, генерируемых устройствами интернета вещей [214], и решение Azure Maps для отслеживания активов, маршрутизации и проч. Еще одно решение – система обработки данных Drasi, направленная на облегчение обнаружения критических событий в процессах предприятия и реагирования на них [215]. Платформа: Среди подсистем платформы Microsoft Azure можно выделить сервис Azure IoT Central для подключения устройств и управления ими [216; 217], сервис Azure Sphere для разработки и создания новых интеллектуальных устройств на основе операционной системы Windows [218; 219], сервис Azure Functions для создания и внедрения приложений интернета вещей [220] и др. Один из сервисов, предоставляемых на платформе, направлен на создание цифровых двойников – Azure Digital Twins [221]. Сервис позволяет создать цифровую модель объекта, интегрировать модель с данными, генерируемыми устройствами интернета вещей, и формировать изменения цифрового двойника, основанного на данных. Другой сервис Azure Cosmos DB позволяет разрабатывать приложения на базе искусственного интеллекта для анализа данных [222]. Кроме того, возможно внедрение сервиса машинного обучения для оптимизации операций [223].	
8	Robert Bosch GmbH, Германия	Robert Bosch – мировой технологический лидер, в ассортименте которого представлены решения промышленного интернета вещей. В структуре Robert Bosch функционируют дочерние компании, в частности, Bosch Rexroth AG и Bosch Global Software Technologies GmbH, первая из которых специализируется на устройствах для автоматизации, в том числе датчиках и проч., вторая компания, в свою очередь, предлагает собственную	Автомобилестроение и электротранспорт Двигателестроение Потребительские товары Электроника

№ п/п	Название компании, страна	Описание основной деятельности компании, основные разработки в соответствии с сегментами ⁴ рынка	Перечень отраслей
		платформу промышленного интернета вещей Bosch IoT Suite. Также можно выделить компанию Robert Bosch Manufacturing Solutions GmbH, специализирующуюся на предоставлении решений по автоматизации производства, в частности, обнаружении аномалий в процессах производства [224; 225]. В качестве одного из направлений развития в области передовых цифровых технологий компания выделяет AIoT – интеллектуальный интернет вещей [226; 227], сформированный за счет интеграции технологий искусственного интеллекта, технологий связи и систем сбора и анализа данных в рамках интернета вещей. Решения: В семействе продуктов и услуг Bosch IoT Suite [228] (ранее этот продукт поддерживали в Bosch.IO [229]) можно выделить несколько решений, в частности, Bosch IoT Insights, предназначенное для обработки и анализа данных, которые хранятся в облаке [230; 231]. Платформа: Платформа Bosch IoT Suite позволяет проводить анализ данных, обеспечивает управление устройствами интернета вещей [232] и развертывание сети для граничных (периферийных) вычислений [233; 234], дополненных интеллектуальными сервисами [228]. Одно из предлагаемых на платформе решений – Bosch IoT Remote Manager, обеспечивающее удаленное управление локальными и частными облачными устройствами, мониторинг и предоставление программного обеспечения [235]. Сервисы: Один из предлагаемых сервисов Bosch IoT Rollouts направлен на управление и контроль обновлений программного обеспечения для устройств интернета вещей [236]. Кроме того, Robert Bosch Manufacturing Solutions предлагает стартовые комплекты программных и интеллектуальных модулей для автоматизации процессов [237]. Аппаратное обеспечение: Аппаратное обеспечение для промышленного интернета вещей представлено решениями Bosch Rexroth, среди них – аккумуляторы, датчики и сенсоры, преобразователи сигналов, различные контроллеры, электронные устройства [238] и проч.	Энергетика
9	Rockwell Automation, Inc., США	Rockwell Automation – компания-лидер в области разработки решений для промышленной автоматизации. Одно из ключевых направлений – развертывание «умного» производства, в том числе за счет создания промышленного интернета вещей, внедрения датчиков и устройств контроля, а также программных решений и интеллектуальных систем [239]. Среди основных продуктов для развертывания «умного» производства компания выделяет датчики и устройства безопасности Allen-Bradley,	Автомобилестроение Аэрокосмическая и оборонная промышленность Горнодобывающая промышленность Логистика

№ п/п	Название компании, страна	Описание основной деятельности компании, основные разработки в соответствии с сегментами ⁴ рынка	Перечень отраслей
		преобразователи частоты PowerFlex, программируемые логические контроллеры и программные системы Logix, программное обеспечение для автоматизации FactoryTalk и другие решения [240]. Решения: Компания предлагает решения для комплексной, в том числе периферийной, аналитики и мониторинга, повышения эффективности активов, контроля качества [241] и др.; решения для управления и передачи информации, в том числе за счет интеграции контроллеров и систем управления [242]; комплексные решения для обеспечения защиты информации и сетевой безопасности [243] и др. В частности, решение FactoryTalk® Historian обеспечивает комплексный подход к хранению данных и управлению ими [244]. FactoryTalk Analytics VisionAI, в свою очередь, обеспечивает визуальный контроль для получения информации на основе производственных данных в режиме реального времени и обучения моделей искусственного интеллекта, обнаружения несоответствий и выявления первопричин [245]. Еще одно решение FactoryTalk® Metrics является системой мониторинга эффективности, сбора и анализа данных об оборудовании, на основе которых возможно формировать необходимую отчетность и обеспечивать необходимый уровень производительности [246]. Решение FactoryTalk Optix предоставляет возможности улучшенной визуализации в формате модели «программное обеспечение как услуга» (Software-as-a-Service) [247]. Решение Plex Asset Performance Management (APM) направлено на объединение оборудования в единую систему, что повышает эффективность производственного процесса, предотвращает возникновение несоответствий и оптимизирует процессы обслуживания [248]. Платформа: Платформа FactoryTalk предлагает отдельное решение FactoryTalk Analytics для предиктивного анализа на основе промышленных данных для достижения таких бизнес-результатов, как повышение эффективности, сокращение простоев, увеличение качества и оптимизация процессов [249]. Кроме того, отдельная платформа InnovationSuite объединяет функциональные возможности платформы FactoryTalk Analytics, решение MES с технологиями PTC ThingWorx и Vuforia AR, что обеспечивает комплексный подход к интернету вещей, дополненный расширенной реальностью [250]. К функциональным возможностям PTC ThingWorx относится контроль эффективности, структурирование данных, управление запасами, управление активами, обеспечение безопасности и др. [251] Сервисы: Компания предоставляет широкий перечень услуг в части обслуживания, управления активами, модернизации производственных мощностей, консалтинга, обучения и проч. [252] Также возможно оказание консалтинговых услуг по разработке стратегии цифровой трансформации предприятия [253]. Сервис LifecycleIQ™, в свою очередь, направлен на подключение, защиту и	Металлургическая промышленность Нефтегазовая отрасль Полупроводниковая промышленность Потребительские товары Строительство Судостроение Химическая промышленность Целлюлозно-бумажная промышленность Энергетика

№ п/п	Название компании, страна	Описание основной деятельности компании, основные разработки в соответствии с сегментами ⁴ рынка	Перечень отраслей
		масштабирование производственных операций на всех стадиях жизненного цикла [254]. Аппаратное обеспечение: Одна из ключевых продуктовых линеек Rockwell Automation – Allen-Bradley, в которой представлен широкий выбор датчиков, контроллеров, сенсоров и устройств для мониторинга и сетевых технологий [255–259], а также модули для развертывания граничных сетей [260]. Линейка включает также серию интеллектуальных сенсоров Smart Sensor, способствующих оптимизации процессов получения информации, ввода в эксплуатацию, определения неисправности, переналадки, отслеживания и т. д. [261] Также можно выделить решения Smart Motor Control, которые позволяют отслеживать состояние и производительность каждого двигателя, чтобы выявить несоответствия и предотвратить простои или снижение производительности [262; 263], а также упростить запуск и ввод в эксплуатацию, диагностику и обслуживание. Датчики Allen-Bradley поддерживают технологию IO-Link – международный протокол с открытым стандартом, который позволяет интегрировать датчики и другие устройства в систему управления [264]. Также Rockwell Automation предлагает решения для развертывания сетевой инфраструктуры, такие как коммутаторы, маршрутизаторы, беспроводные и физические носители информации и проч. [265] Отдельное решение – Micro Control, которое предназначено для интеграции автономных машин с системами управления [266].	
10	Schneider Electric, Франция	Компания Schneider Electric является лидером в области энергомашиностроения и специализируется на широком спектре решений в области электроэнергетики, энергоэффективности и устойчивости. Как отмечают в компании, в предлагаемый ассортимент входят также комплексные решения для промышленного интернета вещей на базе интеллектуальных технологий для всего жизненного цикла, в том числе подключение управляемых продуктов и автоматизация процессов [267]. В области автоматизации компания предлагает услуги, платформенные, программные и аппаратные решения, а также технологии граничных (периферийных) вычислений [268]. Решения: Одно из программных решений компании – EcoStruxure™ Geo SCADA, которое обеспечивает внедрение систем телеметрии и системы управления удаленными объектами распределенной инфраструктуры [269]. Другое программное решение – EcoStruxure Plant Lean Management, которое собирает и объединяет данные о промышленных операциях, облегчает расчет показателей эффективности, визуализацию несоответствий, а также позволяет отслеживать в цифровом формате профилактические и корректирующие действия до полного устранения расхождений [270]. Платформа интегрирована с решением AVEVA Data Hub, которое агрегирует и хранит массивы данных, генерируемых устройствами	Автомобилестроение Горнодобывающая промышленность Логистика Машиностроение Металлургическая промышленность Полупроводниковая промышленность Потребительские товары Судостроение Химическая промышленность Энергетика

№ п/п	Название компании, страна	Описание основной деятельности компании, основные разработки в соответствии с сегментами ⁴ рынка	Перечень отраслей
		промышленного интернета вещей. Платформа: EcoStruxure – комплексная открытая совместимая платформа с поддержкой интернета вещей, предлагаемая Schneider Electric. Функциональные возможности платформы включают подключение продуктов, управление периферийными устройствами, приложениями, технологическими процессами, станками, аналитику [271; 272] и др. Платформа совместима с интеллектуальными решениями Schneider Electric, а также платформой Microsoft Azure IoT [273]. Сервисы: Компания предоставляет широкий перечень услуг и сервисов, в числе которых управление запасными частями [274], проактивное управление активами на протяжении всего жизненного цикла, техническое обслуживание центров обработки данных и промышленных объектов [275; 276], развертывание цифровой трансформации, повышение устойчивости [277] и др. Отдельный комплекс услуг по автоматизации включает консалтинг в области проектирования, внедрения, тестирования, модернизации и оптимизации процессов, обслуживании, управлении и обучении в различных отраслях промышленности [278]. Аппаратное обеспечение: В части аппаратного обеспечения компания предлагает приводы, приборы для измерений и датчики, системы телеметрии и другие устройства [268].	
11	Siemens AG, Германия	Siemens AG – мировая корпорация, специализирующаяся на множестве отраслей промышленности. Одно из направлений – цифровые технологии, в том числе технологии внедрения систем промышленного интернета вещей для анализа промышленных данных. В частности, компания предлагает решение Industrial Information Hub (IIH) – экосистему для подключения устройств, станков и приложений, интеграции с программными системами, периферийных вычислений, управления техническим обслуживанием и проч. [279] Решения: Одно из предлагаемых решений направлено на разработку и внедрение цифрового двойника, функциональные возможности которого позволяют проводить глубокий анализ промышленных данных, моделировать сценарии эксплуатации и обслуживания объекта, а также оптимизировать производственные процессы [280]. Еще одно решение Live Anomaly Detection направлено на обнаружение аномалий и несоответствий в производственном процессе в режиме реального времени, а также анализ данных в сочетании с интеллектуальными возможностями [281]. Платформа: Программное решение SIMATIC способствует настройке,	Автомобилестроение Аэрокосмическая и оборонная промышленность Горнодобывающая промышленность Логистика Машиностроение Металлургия Нефтегазовая отрасль Полупроводниковая промышленность Потребительские товары Строительство Судостроение Тяжелое машиностроение Химическая промышленность Целлюлозно-бумажная

№ п/п	Название компании, страна	Описание основной деятельности компании, основные разработки в соответствии с сегментами ⁴ рынка	Перечень отраслей
		программированию, тестированию и обслуживанию контроллеров и систем управления SIMATIC на разных системных уровнях, поддерживает систему SCADA [282], управление энергопотреблением, технологическими процессами и другие функциональные задачи [283]. Также можно выделить перечень приложений, обеспечивающих аналитику, подключение устройств, управление ими в целях повышения эффективности обслуживания и эксплуатации, поддерживающих облачные и граничные сервисы [284]. Сервисы: Siemens сопровождает внедрение интеллектуальных систем промышленного интернета вещей по этапам развертывания системы, включая процессы выбора стартового пакета услуг, определение конечных подключаемых объектов, создание их моделей, расширение облачных сервисов с учетом потребностей и специализированных приложений, обучения и масштабирования, а также предлагает комплексные отраслевые решения, в том числе по аналитике, мониторингу, техническому обслуживанию, контролю энергопотребления и проч. [285; 286] Аналогично Siemens предлагает сопровождение при развертывании граничной сетевой инфраструктуры для промышленного интернета вещей [287]. Аппаратное обеспечение: Компания предлагает различные устройства промышленного интернета, включая коннекторы, контроллеры, сетевые устройства и т. д. [288]	промышленность Электроника Энергетика

Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам открытых источников, 2025

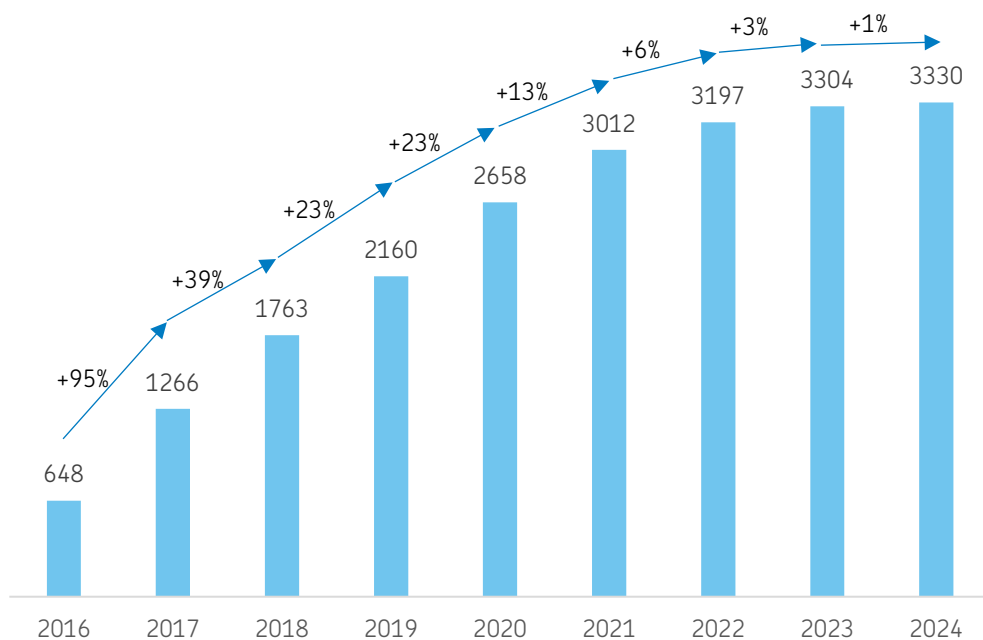
На основании проведенного анализа можно отметить тенденцию усиления роли и преобладание в портфелях компаний программных продуктов, тесно интегрированных с возможностями искусственного интеллекта и облачными технологиями. Промышленный интернет вещей предлагается как сопутствующая, вспомогательная технология, которая часто не очевидно представлена в характеристиках продуктов компаний. При этом промышленный интернет вещей присутствует в большинстве предложений компаний, во-первых, через аппаратное обеспечение, которое обеспечивает операционную деятельность с применением технологий «умного» производства, во-вторых, через технологии генерации, управления и анализа данных, в том числе на базе единой облачной платформы. В связи с этим можно сделать вывод, что на рынке промышленного интернета вещей преобладание технологических лидеров, а не узкоспециализированных компаний, объясняется предоставлением продукции и услуг в сфере промышленного интернета вещей как вспомогательной технологии для генерации данных, обучения моделей искусственного интеллекта и поддержки интеллектуальных сервисов в рамках реализации концепции «умного» производства.

Следует отметить, что, согласно классификации Bosch, разработчики платформ интернета вещей, как правило, составляют четыре группы: компании, имеющие опыт в производстве (такие как Bosch, General Electric, Honeywell, Schneider); компании, имеющие опыт в разработке программного обеспечения для управления жизненным циклом и технологическими процессами (например, Siemens, Rockwell); компании, имеющие опыт в разработке специализированного программного обеспечения (в частности, Cisco Systems); технологические компании, специализирующиеся на предоставлении общих облачных сервисов (например, Microsoft) [289].

Также среди игроков рынка можно выделить компании, которые занимают ведущие позиции в отрасли, однако менее представлены на глобальном рынке промышленного интернета вещей в сравнении с ключевыми игроками рынка, приведенными выше. К таким игрокам относятся, в частности, китайские компании CASICloud-Tech Co., Ltd., iROOTECH [290], Chongqing Humi(CMM) Network Technology Co., Ltd. [291], Advantech Co., Ltd. [292], ZTE [293], американские компании Sam-sara Inc. [294], Broadcom [295], Asset Panda [296], Klika Tech [297], Softweb Solutions Inc. [298], PTC [299], Qualcomm [300], французская компания Atos [301], японская компания Hitachi [302], финская компания Nokia [303] и др. [109; 110; 304; 305]

Кроме того, рынок широко представлен стартапами и малыми инновационными компаниями, например AOVX, китайский стартап в области отслеживания устройств интернета вещей и управления ими [306]. Согласно анализу IoT Analytics, проведенному в 2024 году, рынок интернета вещей насчитывает 3330 активных стартапов. Северная Америка на рынке стартапов занимает лидирующие позиции по количеству компаний, доля Азиатско-Тихоокеанского региона также растет [307].

Рисунок 29. Распределение количества активных стартапов в сфере интернета вещей по году основания компании нарастающим итогом, 2016–2024 гг., ед.



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам IoT Analytics [307], 2025

Стартапы, проанализированные IoT Analytics, сегментированы по четырем направлениям: программное обеспечение (включая анализ данных, платформы и решения по безопасности); аппаратное обеспечение (устройства, сенсоры, процессоры, полупроводники, комплекты разработчиков); сетевое подключение (протоколы связи и сервисы, шлюзы и модули подключения); сервисы (разработка и системная интеграция, инструменты разработчиков).

Распределение стартапов по году основания демонстрирует активное формирование стартапов в 2016–2018 гг., в то время как с 2019 по 2024 год наблюдалось замедление роста числа новых стартапов на рынке. В 2022–2024 гг. зафиксирован рост количества активных стартапов всего на 1–3% в год [307].

Бизнес-модели основной деятельности ключевых игроков рынка имеют во многом единообразные параметры и свойства, на основании которых можно сформировать комплексное описание основных процессов компаний на рынке промышленного интернета вещей.

Рисунок 30. Бизнес-модель основных игроков рынка промышленного интернета вещей



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ, 2025

1. Диверсификация основной деятельности.

Приведенные компании-лидеры рынка предоставляют как **программные**, так и **аппаратные решения** промышленного интернета вещей; обширный ассортимент **услуг**, направленный на **обслуживание и сервис** промышленных объектов, **техническую поддержку** [308; 309], предоставление **консультационных услуг**, в том числе по внедрению и сопровождению систем промышленного интернета, реализации **модели «как услуга»**, **обучению** [310–312]; а также охватывают широкий перечень **отраслей** экономики. Кроме того, важно отметить и высокий уровень диверсификации продуктовой линейки компаний – как отмечено выше, основные игроки рынка являются технологическими корпорациями, и ассортимент продуктов каждой компании поделен на **бизнес-сегменты**, в рамках которых компания предоставляет как сопутствующие технологии промышленного интернета вещей, так и решения из других отраслей, например, энергетики или медицины, а также решения интернета вещей для применения потребителями.

В качестве примеров решений в формате модели «как услуга» можно привести предложения Cisco: инфраструктура как услуга (IaaS, Infrastructure as a Service), сеть как услуга (NaaS, Network-as-a-Service) [313].

Согласно подходу Bosch, платформа интернета вещей в соответствии с предлагаемыми сервисами содержит три основных уровня в разрезе функциональных задач, которые соответствуют модели «как услуга»: инфраструктура как услуга (IaaS), платформа как услуга (PaaS, Platform-as-a-Service), программное обеспечение как услуга (SaaS, Software-as-a-Service) [289]. Подробнее про модели «как услуга» представлено в экспертно-аналитическом докладе «Перспективы и сценарии развития цифровых платформ в рамках направления «Технет» НТИ в 2024 году» [314].

Рисунок 31. Уровни платформы интернета вещей в соответствии с функциональными задачами



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам Bosch [289], 2025

Bosch отмечает, что основой каждого решения интернета вещей являются интеллектуальные подключенные продукты, что соответствует начальному (нулевому) уровню платформы. Первый уровень соответствует общим облачным сервисам, как правило, облачным вычислениям и хранению данных, что определяет необходимую инфраструктуру платформы. Второй уровень соответствует базовым сервисам интернета вещей, предлагаемым в формате «платформа как услуга», которые

охватывают управление устройствами, данными и т. п. и служат основой для создания приложений под конкретные задачи пользователя. Наконец, третий уровень соотносится с решениями под конкретную, как правило, узкоспециализированную отрасль или корпорацию, преимущественно в формате «программное обеспечение как услуга», что позволяет, например, массово обновить программные системы всех продуктов производителя [289].

В качестве примера уникальной системы поддержки, в свою очередь, можно выделить трехуровневый сервис Rockwell Automation, который регулярно совершенствуется и предлагает, в частности, удаленное обслуживание с инструментами расширенной реальности, интеллектуальных сервисов и проч. [315] Также компания переориентировала операционную модель и сфокусировалась на предоставлении персонализированных решений по модели «как услуга», что позволило ей расширить свое присутствие на рынке и увеличить прибыль [316].

Аналогичное решение по переходу на модель «программное обеспечение как услуга» (SaaS) приняла компания Siemens, что в ближайшем будущем обеспечит большую доступность, простоту сотрудничества, масштабируемость и стимулирование роста компании [317].

2. Партнерские отношения и взаимодействие с игроками рынка.

Еще одна характерная черта деятельности всех технологических лидеров включает масштабную деятельность в области партнерств и коопераций. В частности, в данном направлении можно выделить деятельность по заключению различных **соглашений**, как в сторону совместных **инноваций**, так и **интеграции** продуктов между несколькими компаниями [318]. Также отдельное внимание игроки рынка уделяют проведению **конкурсов стартапов** [319] и реализации **инновационных программ** в сфере технологий промышленного интернета вещей или сопутствующих направлений [320; 321]. Аналогично стоит выделить организацию множества **отраслевых мероприятий**, участие в партнерских **форумах** и проведение публичных событий для поддержания новаторских идей и обсуждения актуальных тенденций.

Важным направлением также выступает организация совместных **консорциумов, альянсов и партнерств** как между разработчиками решений, так и отраслевыми эксплуатантами, научно-исследовательскими структурами и образовательными организациями [322; 323], что позволяет своевременно реагировать на потребности рынка и внедрять инновации в соответствии с технологическими тенденциями. Еще одним направлением развития партнерских отношений является взаимодействие с **поставщиками** решений, что позволяет реализовать продукцию на рынке большему числу заинтересованных лиц. Также некоторые компании разворачивают полномасштабные партнерские программы с предоставлением привилегий партнерам, разрабатывают собственные системы **оценивания и ранжирования** партнеров [324–326], что стимулирует компании-партнеры к расширению партнерских соглашений и переходу к более престижному статусу для получения выгодных условий партнерских программ.

3. Следование тенденциям и направлениям развития рынка.

Ключевые тенденции на рынке, неоднократно упомянутые выше, – это развитие технологий **искусственного интеллекта, облачных и смежных передовых цифровых и производственных технологий**, сочетание которых обеспечивает значительные преимущества при развертывании «умного» производства и оптимизации критически важных показателей эффективности функционирования производственных объектов.

Еще одна значимая тенденция направлена на достижение **устойчивости** предлагаемых решений и продуктов, технологических процессов в подразделениях компании или клиента [327]. Данный процесс также тесно связан с проведением **благотворительной деятельности**, поддержанием различных общественных мероприятий, направленных на социально значимые результаты и обеспечение экологической защиты.

Помимо обозначенного выше, компании поддерживают **инвестиции** в инновационные и исследовательские проекты [328; 329], проводят **спонсорские мероприятия** и оказывают поддержку технологических или общественных проектов. Еще одним значимым направлением деятельности в рамках следования тенденциям является регулярная **сертификация** продукции, в том числе в соответствии с обновленными требованиями международных стандартов, протоколов и законодательных актов, и **обучение** персонала для поддержания компетенций и знаний работников на актуальном уровне.

Например, компания ABB отмечает, что регулярно проводит опросы сотрудников и каждый квартал обновляет прогноз на следующие пять кварталов, чтобы поддерживать актуальность результатов деятельности и прогнозировать операционную деятельность на среднесрочную перспективу, что помогает компании не упустить важные изменения и тенденции рынка [330].

Аналогично Cisco проводит регулярную оценку рыночной ситуации, что позволило компании своевременно дополнить ассортимент продукции программными решениями, а затем перейти от подхода, ориентированного на продукт, к подходу, основанному на комплексных решениях, а также вывести на рынок облачные решения в соответствии с потребностями рынка, что удержало компанию на лидерских позициях [320].

Также можно выделить компанию Microsoft, которая в 2023 году объявила о планах ежегодного строительства от 50 до 100 новых центров обработки данных в целях опережения конкурентов и расширения охвата пользователей Azure по всему миру за счет более низкой задержки передачи данных и расширенных возможностей хранения данных [331].

Компания Rockwell Automation, в свою очередь, получила сертификат кибербезопасности IEC 62443-4-2 для частотных преобразователей в целях подтверждения их устойчивости к киберугрозам и способности защищать промышленные системы от несанкционированного доступа и потенциальных кибератак, чем подтверждает соответствие продукции актуальным требованиям и стандартам [332]. Также компания регулярно оказывает финансовую поддержку благотворительных акций [333; 334] наравне с другими компаниями, такими как Schneider Electric [335].

4. *Варианты оплаты продуктов и лицензирования.*

В рамках поддержания уровня качественного взаимодействия с клиентами игроки рынка промышленного интернета вещей предлагают разнообразные способы заключения соглашений и варианты оплаты товаров и услуг в соответствии с потребностями клиента и спецификой задач. Среди способов получения дохода игроков рынка можно выделить, в частности, доходы от **лицензирования, подписок**, в том числе на услуги поддержки, **оплаты консалтинговых или других управляемых услуг, обновлений версий** продуктов и решений, а также доход от **прямых продаж** и т. п. Также важным направлением для игроков рынка промышленного интернета вещей является предоставление **премиальных или индивидуальных решений**, настроенных под конкретного клиента, в связи с чем способ оплаты и, соответственно, получения дохода также может варьироваться.

Также компания может получать дополнительный доход от **запатентованных решений** и технологий, **интеллектуальной собственности** и т. п.

В частности, Cisco предлагает гибкие варианты оплат в зависимости от типа продукта – для комплексных решений возможен единый платеж, для аппаратного обеспечения – разделение платежа во времени на нужное количество частей, для программного обеспечения – варианты оплаты лицензий в соответствии с ограничениями бюджета компании, для услуг по комплексному обслуживанию – фиксированные платежи по подписке [336].

Другим примером служит компания Microsoft, которая предлагает ряд бесплатных сервисов и приложений Azure, в том числе на постоянной основе (подробнее см. [314; 337]). Аналогично компания Bosch предлагает бесплатные услуги для быстрого погружения в технологии промышленного интернета вещей [338].

5. *Масштаб и охват рынка.*

Как правило, ключевые игроки рынка характеризуются широким **региональным охватом**, офисы компаний и сервисные центры могут быть представлены в различных странах мира практически на всех континентах, что является также ключевым показателем эффективности – уровень доверия к компании увеличивается с учетом роста территориального охвата и увеличения клиентской базы, а также возрастает адаптация под локальную и региональную специфику.

Другая характеристика ключевых игроков рынка в разрезе масштаба рынка относится к охвату трех ключевых **моделей рынка**. Так, компании предоставляют решения на рынке промышленного интернета вещей: другим компаниям широкого спектра отраслей (**B2B**, business-to-business, то есть предоставление товаров и услуг по модели «бизнес бизнесу»); отдельным потребителям, включая разработчиков (открытый исходный код является одним из наиболее привлекательных параметров для работы с физическими лицами) – модель рынка **B2C** (business-to-consumer), то есть «бизнес для потребителя». Наконец, третья модель является наиболее сложной в части требований и, в то же время, наиболее весомой для поддержания статуса лидера на рынке – это модель **B2G** (business-to-government), или «бизнес государству», когда клиентами компании являются министерства, административные аппараты, оборонные ведомства, правительства различных стран, научно-исследовательские и образовательные организации и другие схожие институты [339–341].

6. *Варианты сбыта продукции коммерческим организациям.*

Данный параметр тесно связан с двумя предыдущими и раскрывает основные каналы продаж, через которые игроки рынка промышленного интернета вещей реализуют решения и услуги. К основным каналам сбыта относятся **прямые продажи**, **сети дистрибьюторов**, **агенты**, реализация через **системных интеграторов** и **технологических партнеров** в рамках заключенных партнерских соглашений, а также продажа через **ОЕМ-производителей** (Original Equipment Manufacturer), то есть производителей продукции, в которую интегрированы решения компании как готовый продукт [342].

Например, деловая экосистема Huawei может быть охарактеризована как масштабное взаимодействие с различными ассоциациями, отраслевыми альянсами и сообществами разработчиков, широким спектром поставщиков, операторов и посредников, что позволяет обеспечивать широкий охват рынка и повсеместную деловую активность компании [343].

7. *Охват жизненного цикла продукта и бизнес-процессов клиентов.*

Как отмечают некоторые игроки рынка, к преимуществам предлагаемых подходов относится охват всего жизненного цикла клиента и всех бизнес-процессов его деятельности – начиная от **планирования** продукта, его **создания** и тестирования, заканчивая **управлением** объектом и **операционной деятельностью** по сопровождению процессов компании. Как правило, внедрение системы промышленного интернета вещей обеспечивает контроль на всех стадиях жизненного цикла, что также сопровождается сервисной поддержкой компании [167].

Таким образом, обозначенная бизнес-модель деятельности основных игроков рынка промышленного интернета вещей является высокодиверсифицированной, охватывает множество направлений развития технологий и внедрения инноваций, предполагает широкий выбор вариантов оплаты, сбыта продукции, функционирования на рынке с адаптацией под конкретного клиента, фокусировку на широком взаимодействии с партнерами, клиентами и даже конкурентами, а также масштабирование решений на все стадии жизненного цикла, что позволяет игрокам занимать прочные позиции на рынке и совмещать технологические инновации в смежных отраслях и сегментах.

Примеры сделок по слиянию и поглощению компаний, сотрудничеству и кооперации, инвестиционным и исследовательским проектам

Важным направлением, как было отмечено выше, является заключение соглашений между компаниями в целях сотрудничества и кооперации, проведение сделок по слиянию или поглощению компаний, осуществление инвестиций в развитие, а также реализация совместных исследовательских проектов.

Сделки по **слиянию и поглощению** компаний проводятся в целях укрепления позиций компании на рынке и расширения охвата, в том числе по смежным направлениям.

Например, в 2025 году компания *Siemens AG* завершила сделку по приобретению подразделения *ebm-papst*, занимающегося технологиями промышленных приводов, при этом обеспечена полная совместимость продуктов с контроллерами *Simatic* и программным решением для обеспечения безопасности *Safe Velocity*. В будущем решения будут продаваться под названием «*Mechatronic Systems*» в составе *Siemens*. Приобретение укрепляет позиции *Siemens* как ведущего поставщика гибких решений для автоматизации производства и открывает значительный потенциал в области интеллектуальных приводов и роботов с питанием от аккумуляторов [344].

Компания *ABB* в 2024 году совершила ряд приобретений, в частности, приобрела швейцарский стартап *Sevensense*, который специализируется на разработке автономных мобильных роботов (AMR) и решений в области навигации с применением искусственного интеллекта и 3D-зрения [345]. Данное приобретение позволяет *ABB* расширять и масштабировать платформу в целях удержания лидерских позиций в области робототехники и искусственного интеллекта, что тесно связано с реализацией технологии промышленного интернета вещей.

Также важно отметить приобретение *ABB* в 2024 году инжиниринговой компании *Meshmind*, занимающейся исследованиями и разработками в области программной автоматизации, промышленного интернета и искусственного интеллекта, включая машинное обучение и компьютерное зрение [346]. Компания стала частью подразделения *ABB* по автоматизации производства (B&R).

Еще одно приобретение компании *ABB* в 2025 году направлено на внедрение решений, которые вносят вклад развитие концепции устойчивого развития – компания приобрела *Sensorfact*, разработчика аппаратного SaaS-решения, оснащенного возможностями искусственного интеллекта, которое позволяет отслеживать объемы промышленных расходов и потребление энергии. SaaS-решение *Sensorfact* включает в себя готовые к использованию датчики, которые измеряют потребление на уровне оборудования и подключаются к интеллектуальной программной платформе, что позволяет за счет использования алгоритмов для анализа данных выявлять возможности для экономии ресурсов и предоставлять рекомендации по оптимизации их расходования [347].

Следует также выделить приобретение *ABB* в 2024 году канадской компании *Real Tech*, специализирующейся на мониторинге и тестировании качества воды в режиме реального времени за счет разработки и внедрения оптических датчиков, контроллеров и дополнительных устройств в целях контроля потребления расхода ресурсов в сфере водоснабжения и развития «умного» водоснабжения. *Liquid AI*® – программная платформа на основе искусственного интеллекта, которая дополняет спектр услуг в области анализа данных с датчиков *Real Tech* [348].

Аналогично в 2024 году компания *ABB* инвестировала в стратегическое партнерство с *GridBeyond* для расширения портфеля консультационных услуг в области управления энергопотреблением и оптимизации с использованием интеллектуальных решений [349]; инвестировала в компанию *Ndustrial*, предоставляющую технологические решения в области устойчивого развития и оптимизации энергопотребления, что расширит возможности прогнозного управления энергопотреблением на основе искусственного интеллекта [350]. Таким образом, множество приобретений компании *ABB* направлено на совершенствование технологических решений, в том числе с использованием искусственного интеллекта, поддержание устойчивости и экологичности.

В 2024 году также компания *Cisco* приобрела компанию *Splunk*, решения которой будут использованы для усовершенствованного мониторинга, анализа данных и обеспечения надежной защиты данных [351].

В 2023 году *Rockwell Automation* завершила сделку по приобретению компании *Verve Industrial Protection*, которая специализируется на программном обеспечении и услугах в области кибербезопасности. В частности, продукты компании позволяют отслеживать уязвимости и управлять ими, что поможет повысить отказоустойчивость и безопасность операций клиентов [352].

Таким образом, сделки по слиянию и поглощению компаний в области промышленного интернета вещей носят, как правило, смежный характер и направлены на развитие технологий искусственного интеллекта, кибербезопасности, промышленной автоматизации, устойчивости.

Значимым направлением деятельности компаний на рынке промышленного интернета вещей выступают также **инвестиционные проекты**, способствующие масштабированию деятельности и укреплению лидерских позиций в профильных сегментах.

В частности, компания *ABB* регулярно реализует проекты по внедрению **передовых цифровых и производственных технологий** на свои производственные площадки. Так, с 2018 года компания внедрила ряд технологий в производство распределительных устройств в Китае, что позволило увеличить объемы производства и сократить сроки поставок для клиентов [353].

Компания ABB Xiamen Switchgear Co., Ltd является первым производителем электрооборудования, получившим в 2024 году сертификат высшего уровня CMMM® (китайская модель зрелости производства от Министерства промышленности и информационных технологий Китая (МИИТ)). Среди внедренных технологий – гибкая производственная линия с использованием роботов для автоматической сборки, автоматическая складская система для интеллектуального распределения, транспортные средства с роботизированным управлением на складе и сварочный робот.

Другое направление инвестиций относится к **строительству новых производственных площадок**. Например, в 2024 году компания *ABB* начала строительство нового предприятия по калибровке и поверке приборов в США с целью удовлетворения спроса на устройства отслеживания уровня расхода ресурсов [354]; строительство нового завода в Великобритании для расширения производственных мощностей в Европе, чтобы удовлетворить спрос на системы электрозащиты [355].

Аналогично компания *Intel* осуществляет производство микросхем по всему миру и выделяет инвестиции в строительство новых производственных площадок в США, Германии, Польше, Израиле, Малайзии, Вьетнаме и других регионах мира [356–360]. Также компания инвестирует в обучение персонала и запустила в 2024 году пилотную программу по подготовке технических специалистов [361].

В 2024 году, в свою очередь, компания *Cisco* подписала 15-летнее соглашение о приобретении солнечной энергии у испанского поставщика возобновляемой энергии IGNIS, что позволило компании IGNIS построить новую солнечную электростанцию в регионе Теруэль (Арагон) для обеспечения 100% годовых потребностей в электроэнергии европейских подразделений Cisco [362].

Microsoft также расширяет инфраструктуру и вкладывает в создание новых и модернизацию существующих центров обработки данных в Европейском регионе для обеспечения доступа к облачным сервисам Azure [363].

Компания *Rockwell Automation*, в свою очередь, в 2025 году объявила об открытии в Чехии новой лаборатории передовых технологий автоматизации. В рамках деятельности лаборатории предполагается широкое взаимодействие с местными университетами, специализирующимися в области автономных интеллектуальных систем [364]. Также в 2024 году компания объявила о планах по открытию новой производственной площадки в Индии для поддержания гибкости и надежности цепочки поставок в Азиатско-Тихоокеанском регионе [365].

Компания *Siemens* в 2025 году объявила о расширении частной инфраструктуры сети 5G в целях увеличения зоны покрытия и обеспечения доступности и безопасности сети в большем количестве стран. В 2023 году сеть 5G Siemens была доступна только в Германии, в то время как по состоянию на начало 2025 года сеть доступна в 6 европейских странах и Бразилии [366].

Еще одним значимым для инвестиций направлением выступает организация и оказание поддержки **конкурсов и инновационных программ** для развития стартапов, малых инновационных и технологических компаний. Крупные игроки рынка осуществляют инвестиции в малый бизнес в целях поддержания партнерства и развития инноваций в рамках совместных проектов.

В 2023 году компания *ABB* запустила конкурс *ABB Accelerating Circularity Challenge 2023*, в рамках которого компания ищет инновационные идеи для устойчивого производства, позволяющие сократить количество отходов, продлить срок службы продуктов и материалов и восстановить природную систему [367].

В 2024 году компания *ABB* осуществила стратегические инвестиции в технологическую компанию *Pratexo*, поставщика программных решений для перехода от периферийных вычислений к облачным [368]. В рамках этого соглашения будет создано совместное инновационное цифровое решение, которое позволит выявлять потенциальные несоответствия, предотвращать непредвиденные сбои, сокращать время простоя и продлевать срок службы критически важных активов. Инвестиции осуществляются в рамках венчурной программы, компания *Pratexo* является победителем конкурса стартапов *ABB Electrification's 2022 Startup Challenge*.

В 2024 году компания *Huawei* представила конкурс *OlympusMons Awards*, который проходит в пятый раз и предназначен для развития инноваций в области технологий обработки данных. Две основные тематики, которые должны быть раскрыты в инновационных проектах, представленных на конкурс: «Технологии хранения данных, обеспечивающие максимальную экономическую эффективность»; «Новые основы данных для эпохи искусственного интеллекта» [369].

В 2023 году венчурное подразделение *Robert Bosch GmbH*, *SAP SE*, *Hewlett Packard Enterprise* и некоторые другие технологические компании инвестировали в *Aleph Alpha GmbH*, стартап в области искусственного интеллекта [370].

Также в 2023 году *Rockwell Automation* осуществила стратегические инвестиции в фонд *Momenta Industry 5.0*, который занимается разработкой промышленных технологий, ориентированных на устойчивость и на человека. Фонд поддерживает исследования в области цифровой трансформации энергетики, производства, «умных» пространств и цепочек поставок [371].

Иллюстративным также является партнерское соглашение, действующее между *Microsoft* и *OpenAI*. Так, компании с 2019 года сотрудничают в области развития решений на основе искусственного интеллекта, в начале 2025 года компании продлили партнерство до 2030 года. В рамках соглашения *Microsoft* является крупным инвестором *OpenAI*, предоставляет финансирование и ресурсы для поддержки их разработок и, в свою очередь, получает выгоду от роста их стоимости [372]. Однако в середине 2025 года также было объявлено, что *OpenAI* заключила соглашение с *Alphabet* (материнская компания *Google*) на использование вычислительных мощностей *Google Cloud* для развития технологий искусственного интеллекта, а также с целью уменьшения зависимости от облачных технологий *Microsoft* [373]. Данное расширение партнерства объясняется потребностью в вычислительных мощностях для обучения больших языковых моделей (LLM) и обработки информации для нейросетей, в связи с чем участники рынка достигли соглашения в целях укрепления лидирующего положения на рынке.

Таким образом, основные направления инвестиций на рынке промышленного интернета вещей сфокусированы на строительстве новых площадок и расширении инфраструктуры, внедрении передовых решений в бизнес-процессы, осуществлении поддержки стартапов и инновационных компаний, в том числе в области искусственного интеллекта и устойчивости, что в полной мере соответствует трендам развития рынка.

В части **коопераций и сотрудничества** можно выделить большое количество партнерств и соглашений, заключенных между игроками рынка промышленного интернета вещей и другими технологическими компаниями. Основное направление партнерств – **совместная реализация инноваций и развитие технологий**, в том числе в рамках разработки интегрированных решений.

В качестве примера эффективной кооперации на рынке промышленного интернета вещей можно привести реализацию инициативы по созданию открытого стандарта для обеспечения совместимости экосистем промышленного интернета вещей Margo, организованной Linux Foundation в 2024 году и открытой для заинтересованных сторон. Инициатива реализуется при поддержке разработчиков программных решений и систем промышленной автоматизации, в числе которых *ABB Process Automation* и *ABB Machine Automation (B&R)*, Capgemini, *Microsoft*, *Rockwell Automation*, *Schneider Electric* и *Siemens*. Инициатива Margo направлена на обеспечение совместимости на периферии, где данные о производстве преобразуются в аналитическую информацию с применением технологий искусственного интеллекта, без привязки к архитектуре аппаратного обеспечения [374].

Другим примером взаимодействия выступает сотрудничество компаний *ABB* и *Microsoft*, направленное на реализацию совместного проекта, в рамках которого будут интегрированы возможности сервиса Microsoft Azure OpenAI в пакет ABB Ability™ Genix для промышленной аналитики и искусственного интеллекта. Интеграция решений позволит повысить полезность генерируемых операционных данных, обеспечить улучшенную обработку данных и тем самым достичь более высоких параметров эффективности и производительности, надежности, безопасности, оптимального энергопотребления и устойчивости [375].

Также можно привести сотрудничество компании *ABB* и Steel Authority of India Limited, которое направлено на цифровую оптимизацию процессов производства чугуна и стали. Завод SAIL будет обмениваться данными с компанией ABB India для подготовки моделей на основе данных для создания цифровых моделей доменных печей и кислородных конвертеров в сталеплавильном цехе. Генерация полезной информации и принятие решений на основе данных будет способствовать обеспечению оптимальных технологических процессов и эффективности производства, а также совершенствованию отраслевых решений ABB [376]. Среди вариантов использования моделей компании упоминают предиктивное техническое обслуживание, устранение неисправностей, отслеживание потребления энергии и управление выбросами [377].

Сотрудничество *Cisco* и *Rockwell Automation* также является масштабным – компании реализовали совместные проекты в области управления водными ресурсами, развертывания инновационного центра промышленных технологий в университете, настройки сетевой инфраструктуры, цифровой трансформации подключенного предприятия, объединяющего решения обеих компаний, и др. [378] Также можно выделить партнерство *Cisco* и *Schneider Electric*, направленное на развертывание «умных» зданий, экологичных и устойчивых решений для промышленности, граничных (периферийных) вычислений и т. д. [379]

Партнерство между *Cisco* и DISH Wireless направлено на повышение производительности облачной сети за счет сегментирования сети 5G в гибридной облачной среде на базе аппаратного и программного обеспечения Cisco [380]. Разделение сети на сегменты поможет DISH Wireless делить сетевой трафик по сценариям использования, а также эффективно управлять им в соответствии с требованиями к производительности.

Также можно выделить многолетнее соглашение о стратегическом сотрудничестве между *GE Vernova* и *AWS*, которое направлено на развитие системы управления эффективностью активов (APM) от *GE Vernova* и программного обеспечения для управления данными о выбросах *CERius™*, доступного в облаке *AWS*. Соглашение призвано упростить энергетическим компаниям внедрение программного обеспечения для управления активами и данными о выбросах в процессе энергетического перехода [381]. Еще одним направлением сотрудничества между компаниями является поддержка масштабирования центров обработки данных *AWS* с учетом экологической повестки [382].

Компании *Honeywell* и *Google Cloud* объявили о сотрудничестве, которое позволит связать агентов искусственного интеллекта с активами, персоналом и процессами для обеспечения безопасных и автономных операций в промышленном секторе. В рамках партнерства запланировано объединение возможностей платформы искусственного интеллекта от *Google Cloud* с массивом данных платформы промышленного интернета вещей *Honeywell Forge* для получения уникальных и практических знаний [383].

Также сотрудничество *Honeywell* и *Cisco* направлено на интеграцию технологий искусственного интеллекта с системой управления активами для зданий и производственных площадок. В рамках сотрудничества планируется объединить систему *Cisco Spaces*, которая собирает данные о состоянии окружающей среды с сетевой инфраструктуры *Cisco*, датчиков и устройств интернета вещей, с системой *Honeywell Forge Sustainability+ for Buildings*, которая использует эту информацию для повышения энергоэффективности и исследования функционирования здания [384].

Сотрудничество между *Honeywell* и *Hai Robotics*, в свою очередь, направлено на разработку решений для хранения и поиска товаров в распределительных центрах за счет объединения робототехнических технологий *Hai* с программным обеспечением *Honeywell Momentum Warehouse Execution* [385].

Можно также выделить проект, реализованный компаниями *Midea*, *AIS*, *China Unicom* и *Huawei* на предприятии *Midea* по производству техники, где компании осуществили полное подключение завода к сети 5G и организовали интеллектуальное производство с использованием платформы промышленного интернета [386].

К примерам эффективного сотрудничества можно отнести реализацию проекта *Intel*, *Amazon Web Services*, *Cisco*, *NTT DATA*, *Ericsson* и *Nokia* в области частных сетей 5G для совершенствования решений на базе искусственного интеллекта, периферийных вычислений и технологий передачи данных [387].

Еще один пример – сотрудничество *Microsoft* и *Oracle*, в рамках которого интегрированы *Microsoft Fabric* и *Oracle Database@Azure* для развития решений анализа данных на базе искусственного интеллекта [388]. Аналогично *Microsoft* и *Cognite* сотрудничают для создания промышленной платформы операций с данными на базе *Microsoft Fabric* и *Azure OpenAI Service* [389].

Vodafone и *Microsoft*, в свою очередь, подписали 10-летнее соглашение о стратегическом партнерстве, направленное на развитие технологий генеративного искусственного интеллекта, интернета вещей, облачных технологий и других инструментов обработки данных [390].

Также *Rockwell Automation* и *AWS* объявили о сотрудничестве в области оптимизации решений для цифровой трансформации промышленности, в частности, запланирована интеграция операционных технологий и возможностей решений *Rockwell Automation*, предоставляемых в формате «программное обеспечение как услуга» (SaaS), с облачными сервисами и инфраструктурой *AWS* для беспрепятственной передачи промышленных данных в облако, расширенной аналитики, применения интеллектуальных сервисов, граничных (периферийных) вычислений и программных решений [391].

Схожая концепция раскрыта в сотрудничестве *Rockwell Automation* и *Microsoft*, которые планируют предоставить облачные решения и решения на базе искусственного интеллекта для улучшения процессов анализа данных и оптимизации операционной деятельности. В частности, *Microsoft* предлагает решение *Azure IoT Operations*, которое интегрировано с сервисами и продуктами *Rockwell*, включая *FactoryTalk® Optix™*. Также *Rockwell* расширила программное обеспечение *FactoryTalk Design Studio*, интегрировав с решением на основе технологий искусственного интеллекта, разработанным в партнерстве с *Microsoft* и реализованным в *Microsoft Azure OpenAI Service* [392].

Также можно привести пример сотрудничества между *Rockwell Automation* и *Aquatic Life*, в рамках которого разрабатывается совместное решение по рациональному использованию водных ресурсов и автоматизации водоснабжения [393].

Компания *Schneider Electric*, в свою очередь, поддерживает партнерские отношения с *NVIDIA* в целях развертывания инфраструктуры, готовой к использованию искусственного интеллекта, контроля деятельности центров обработки данных и поддержания устойчивости [394]. Аналогично можно выделить сотрудничество *ETAP*, *NVIDIA* и *Schneider Electric*, в рамках которого планируется создание цифровой модели инфраструктуры ИИ-фабрики, дополненной аналитикой и интеллектуальными алгоритмами в части потребления и распределения электроэнергии [395].

Еще один пример взаимодействия в области обеспечения устойчивости направлен на развитие решения *Energy Command Center*, которое разработано *Carpegimini* на базе решений *Schneider Electric* в рамках сотрудничества компаний. Новый продукт представляет собой платформу для мониторинга, управления и оптимизации всех активов здания, включая центры обработки данных, которые потребляют электроэнергию.

На платформе объединены возможности искусственного интеллекта, алгоритмы машинного обучения, технологии интернета вещей для измерения и прогнозирования различных показателей, таких как энергоемкость, состояние критически важных активов, производительность всех энерго-ресурсов и т. п. [396]

Также можно выделить партнерство *Siemens* и *Microsoft* – компании обеспечили полную совместимость решений *Siemens Industrial Edge* для граничных (периферийных) вычислений и платформы интернета вещей *Microsoft Azure IoT Operations*, обеспечивая бесперебойную передачу данных между производственными объектами, периферийными устройствами и облачными сервисами, дополненную решениями на основе искусственного интеллекта [397].

Другой пример сотрудничества между *Siemens* и *AWS* направлен на масштабирование решений по анализу данных промышленного интернета вещей за счет включения *AWS IoT SiteWise Edge* в портфель продуктов, реализуемых на платформе *Siemens Industrial Edge*, что обеспечит интеграцию периферийных и облачных технологий [398].

Отдельное направление коопераций на рынке промышленного интернета вещей сфокусировано на развитии **сетевой инфраструктуры** и обеспечении доступности данных. В частности, компания *Huawei* в рамках партнерства с африканской компанией *MTN* проводит развертывание сетевых технологий для распространения передовых цифровых решений в африканском регионе среди потребительского и промышленного сектора, включая облачные технологии, платформенные решения, искусственный интеллект, интернет вещей и т. п. [399–403] Аналогично компания *Huawei* подписала соглашение с компанией *Zain KSA* для развития сети 5,5G в Саудовской Аравии [404], с компанией *Turkcell* для развития сети 5,5G, «зеленых» технологий и искусственного интеллекта в Турции [405], с компанией *Kuwait Telecommunications Company* для создания интеллектуальных беспроводных сетей на базе 5,5G в Кувейте [406], с компанией «du» для развития национального проекта 5G Advanced в ОАЭ [407], с компанией АО «Астана Innovations» для демонстрационного запуска и тестирования сети 10G в Казахстане [408].

Таким образом, среди примеров сотрудничества, кооперации и партнерства на рынке промышленного интернета вещей преобладают проекты по внедрению и интеграции технологических продуктов лидеров рынка, в том числе за счет добавления сервисов искусственного интеллекта и инструментов поддержания устойчивости, а также развития сетевых технологий и облачной инфраструктуры.

Значимым направлением сотрудничества также является реализация совместных **научно-исследовательских проектов**, направленных на решение фронтальных прикладных задач.

Среди таких проектов можно выделить, например, сотрудничество компаний *ABB*, *Unleash* и Имперского колледжа Лондона, которое является частью реализуемого проекта по разработке экспериментальной установки, направленной на снижение воздействия углеродных выбросов. Проект сфокусирован на развитии видеоаналитики на основе искусственного интеллекта для внедрения в отдел промышленного контроля. В проекте используются система *ABB Ability™ System 800xA®* для распределенного управления технологическими процессами и более 250 устройств *ABB* для измерения температуры, давления, содержания углекислого газа и расхода ресурсов, что позволяет обучать инженеров и ученых [409]. Видеоаналитика на основе искусственного интеллекта позволяет отправлять видеопотоки с камер в рабочее пространство оператора и получать полезную информацию в режиме реального времени.

Другим примером проекта в области интернета вещей выступает реализуемый с 2021 года проект *SDM4FZI* (Программно-определяемое производство для автомобильной промышленности и поставщиков), в реализацию которого вовлечено несколько подразделений *Bosch*. Целью исследования является развертывание управляемого производства путем отделения программных систем от оборудования и инфраструктуры с учетом специфики отрасли автомобилестроения, переноса управления оборудованием от производственных объектов на сервер, а также благодаря модульности производственных единиц и программных приложений [410].

Схожая тематика исследуется в рамках совместного проекта *Bosch Rexroth* и *Qualcomm Technologies*, направленного на развитие разработок в области 5G и промышленного интернета вещей. Промышленная демонстрация результатов проекта проводится на заводе Bosch в Германии. Проект сфокусирован на создании гибкого производства с использованием сетевых технологий для позиционирования автоматизированных управляемых транспортных средств (AGV) и автономных мобильных роботов (AMR), которые могут взаимодействовать между собой, перемещаться по цеху и отбирать качественные единицы продукции за счет применения технологий оптического контроля, сетевых технологий и промышленного интернета [411].

Также важно выделить проект *Data4Industry-X*, реализация которого началась в 2024 году в рамках соглашения между *Schneider Electric*, *Dawex*, *Valeo*, *CEA* и *Prosyst*. Проект направлен на создание среды межфирменного обмена данными для промышленного сектора, при этом предъявляются высокие требования к надежности, безопасности, суверенности и соответствию отраслевым стандартам энергетической и автомобильной отраслей. Решение позволит внедрять инновации и предоставлять услуги на основе распределенных данных, генерируемых различными организациями, а также сократить углеродный след. Проект реализуется при поддержке французской правительственной инициативы *France 2030* и европейской программы *Next Generation 1*, а также при одобрении ассоциации *AIF* (*Alliance pour l'industrie du futur*) [412].

Таким образом, приведенные примеры сотрудничества и партнерских отношений, а также совместной реализации научно-исследовательских проектов демонстрируют высокую зависимость от развития смежных технологий, в связи с этим предоставление продукции и услуг в сфере промышленного интернета вещей, как правило, является лишь частью деятельности технологических лидеров рынка. Компании развивают как собственные, так и совместные решения в сфере промышленного интернета вещей при тесной взаимосвязи с развитием технологий искусственного интеллекта, сетевых и облачных технологий, систем промышленной автоматизации, а также технологий поддержания устойчивости решений.

Не менее значимым при анализе деятельности основных игроков рынка промышленного интернета вещей выступает обзор основных **причин закрытия проектов** на рынке.

Наиболее показательным является *трансформация деятельности* компании *GE Digital* (сейчас является частью *GE Vernova*), которая среди основных направлений деятельности также вела разработку платформы интернета вещей *Predix*. Функциональная задача платформы заключалась в накоплении и аккумуляции данных, генерируемых промышленными компаниями и подразделениями *GE*, на основе которых руководство и операторы могло бы принимать решения, а разработчики могли бы создавать приложения для анализа данных и других специализированных задач. Однако, как отмечает новое руководство компании *GE Digital*, бизнес-модель создания горизонтальной платформы для множества отраслей была недостаточно проработана и готова для рынка, возникли большие сложности по сбору полезных данных и их правильной обработке, что также требовало вложения множества ресурсов, в том числе в строительство центров обработки данных и налаживание работы с облачными технологиями.

Косвенными причинами также могут выступать ошибки руководства, проблемы с точностью разработанных алгоритмов, сложности интеграции платформы в экосистему заказчика, поскольку команда Predix была сильно вовлечена в процессы GE и не могла уделять первостепенное внимание вопросам заказчиков, в связи с чем в 2022 году принято решение закрыть проект по разработке платформы и сменить направление на создание устойчивых решений в соответствии с потребностями рынка. Таким образом, новое направление сфокусировано на вертикальных решениях, адаптированных под решение конкретной задачи, как правило, в области энергетики и сетевых технологий, что находит высокий спрос среди клиентов GE [413–415].

Еще одной значимой причиной закрытия проектов является *снижение актуальности направлений деятельности* в соответствии с тенденциями рынка, выявление непрофильных активов и инвестиции в наиболее перспективные области в рамках реорганизации бизнеса. В частности, компания *Honeywell* в 2025 году продала бизнес по производству средств индивидуальной защиты в целях оптимизации и упрощения продуктового портфеля [416; 417]. Это соответствует принятому в компании решению разделить бизнес на три технологических направления в целях формирования возможностей реализации индивидуальных стратегий развития, соответствующих выделенным компанией «мегатенденциям» – автоматизация производства (*Honeywell Automation*), авиация (*Honeywell Aerospace*) и передовые материалы (*Solstice Advanced Materials*) [418–420]. При этом *Honeywell Automation* продолжит специализацию на развитии инфраструктуры будущего, программных и автономных решений на базе искусственного интеллекта. Разделение планируют завершить к концу 2026 года. Такое же разделение осуществила *General Electric*, выделив три профильных технологических сегмента в отдельные компании – *GE Aerospace*, специализирующуюся на решениях для аэрокосмической промышленности; *GE Vernova*, специализирующуюся на электрификации и цифровых решениях; *GE HealthCare*, специализирующуюся на решениях для здравоохранения.

Схожим примером служит деятельность *Intel* по реорганизации структуры бизнеса в рамках *внедрения новой операционной модели* (разделения бизнеса по разработке и производству микросхем), в том числе по причине смены руководства [421]. Так, в 2025 году компания продала 51% бизнеса *Altera*, специализирующегося на полупроводниковых решениях на базе программируемых логических интегральных схем (ПЛИС), компании *Silver Lake*. Тем самым компания планирует укрепить свое положение на рынке, сфокусировавшись на ключевых направлениях [422; 423]. Одна из причин такой реструктуризации может заключаться в финансовых трудностях, которые испытывает компания и вследствие которых продает непрофильные активы (в частности, автомобильное направление) [424], что вынудило руководство принять решение о сокращении штата в 2024 и 2025 годах для сокращения высоких расходов [424–426]. По этой же причине в 2024 году компания приостановила на два года строительство заводов в Польше и Германии [427]. Как отмечают некоторые специалисты, компания совершила ряд стратегических ошибок, которые привели к финансовым проблемам и некоторой потере лидирующих позиций на рынке [428].

Другой пример относится к компании *Microsoft*, которая в 2024 году закрыла проект *Project Natick* по строительству подводных центров обработки данных (ЦОД), начатый в 2018 году, без объяснения причин. Результаты проекта компания называет успешными, полученные знания о технических особенностях функционирования серверов под водой компания планирует применять в других направлениях, а также использовать в качестве исследовательской платформы для изучения,

тестирования и проверки новых концепций, связанных с надежностью и экологичностью центров обработки данных [429–431]. При этом в 2023 году китайская компания Highlander запустила первый коммерческий ЦОД под водой, в 2024 году он успешно функционировал при тестовых запусках [432].

Таким образом, причины закрытия проектов на рынке промышленного интернета вещей относятся в первую очередь к решениям руководства о необходимости реструктурировать предприятие и переориентироваться на более профильные и перспективные направления. Также к причинам можно отнести неудачи компании (например, GE Digital) по разработке решений в связи с высокой сложностью как самих решений, так и интеграции с существующими ИТ-ландшафтами. Тем не менее внедрение технологий искусственного интеллекта способствует развитию компаний и поддержанию позиций в рамках сферы деятельности, и реализация проектов по совершенствованию технологий промышленного интернета вещей продолжает быть значимым направлением деятельности технологических лидеров рынка.

Обзор отечественных компаний, специализирующихся на технологиях промышленного интернета вещей, включая компании НТИ, вовлеченные в реализацию направления НТИ

На основе обзора ключевых компаний, представленных на рынке интернета вещей, включая промышленный интернет (обзор приведен в рейтинге ТОП-500 компаний в области интернета вещей в мире 2024 года согласно Всемирному конвенту интернета вещей (WIOTC, World Internet of Things Convention)) [109], а также на основе результатов анализа рынка [433; 434], можно выделить следующих отечественных игроков.

Таблица 3. Перечень отечественных игроков рынка интернета вещей, в том числе промышленного интернета

№ п/п	Название компании	Описание основной деятельности компании, основные разработки
1	ПАО «Ростелеком»	Крупнейший в России провайдер цифровых решений и услуг связи, предоставляет широкий спектр продуктов, включая интернет, мобильную и спутниковую связь, цифровые государственные сервисы, информационные платформы, облачные технологии, аппаратные телекоммуникационные решения, доступ к центрам обработки данных и инфраструктуре и др. [435] Ростелеком – один из ведущих участников реализации проектов на российском рынке промышленного интернета вещей. Создание платформы IIoT для развертывания приложений крупнейших отраслевых предприятий, а также формирование дорожных карт развития интернета вещей – приоритетная задача компании [436] и реализуемое с 2015 года стратегическое направление развития ПАО «Ростелеком» [437].
2	ПАО «Вымпел-Ком»	Компания является одним из ведущих поставщиков телекоммуникационных услуг в России под брендом «билайн». Среди решений для бизнеса – связь и интернет, облачные и информационные технологии, решения для безопасности, технологии обработки данных и искусственный интеллект, а также интернет вещей. В части интернета вещей компания предлагает следующие решения [438]: • Центр управления межмашинным взаимодействием; • Телематика для передачи данных между устройствами интернета вещей и подключенными машинами; • Системы мониторинга транспорта и грузов; • Системы мониторинга перемещения сотрудников; • Трекеры для отслеживания объектов и машин на карте; • Внутренний мониторинг помещений.

№ п/п	Название компании	Описание основной деятельности компании, основные разработки
3	АО «Нэк-сайд» («Nexign»)	Компания – разработчик высокотехнологичных решений для предприятий из различных отраслей экономики. Продукция компании обеспечивают цифровую трансформацию клиентов, оптимизацию бизнес-процессов, обработку и управление данными и другие процессы. Также в компании уделяют внимание развитию интернета вещей, в том числе промышленного интернета [439]. Так, в области интернета вещей компания предлагает платформу Nexign IoT Connectivity Platform, обеспечивающую автоматизацию бизнес-процессов операторов связи на рынке интернета вещей и межмашинных коммуникаций [440]. Платформа позволяет эффективно разрабатывать приложения для сбора, передачи и обработки данных с подключенных устройств, управлять жизненным циклом решений интернета вещей и подключениями, осуществлять тарификацию услуг и сервисов. В частности, решения компании внедрены в деятельность «Ростелеком» и Т2 (ранее – «Tele2 Россия»), крупнейшего оператора связи [441].
4	ПАО «МегаФон»	Ведущий оператор связи и телекоммуникационных сервисов, в число направлений входят также цифровые сервисы, интернет вещей, большие данные, кибербезопасность, облачные и конвергентные технологии и др. [442] В области интернета вещей МегаФон предлагает внедрение сети NB-IoT, решений по безопасности, сервисы для контроля транспорта, мониторинга сотрудников, управления ресурсами, разработку платформы интернета вещей, мониторинг межмашинного взаимодействия и др. [443; 444]
5	ПАО «МТС» («Мобильные ТелеСистемы»)	Ведущая компания по предоставлению услуг связи, передачи данных и доступа в интернет, ТВ-вещания, провайдер цифровых сервисов, мобильных приложений, ИТ-решений в области коммуникационных платформ, интернета вещей, автоматизации, мониторинга, обработки данных, облачных вычислений, информационной безопасности и др. Сервисы МТС позволяют в автоматическом режиме собирать и анализировать данные с различного оборудования, включая счетчики и промышленные станки, подбирать оптимальные режимы работы техники, отслеживать технологический процесс, организовывать работу сотрудников, осуществлять анализ больших данных и видеоаналитику, обеспечивать информационную безопасность и удаленные рабочие места [445]. МТС запустила крупнейшую в стране федеральную сеть NB-IoT, которая работает в 83 регионах, внедрила технологию eSIM (встроенной SIM-карты) для устройств межмашинного взаимодействия, разработала платформу для создания цифровых решений MTS IoT HUB и набор для разработки энергоэффективных устройств Development Kit [445–447]. МТС сотрудничает с разработчиками отечественного оборудования для сети NB-IoT. На базе компании запущен центр компетенций интернета вещей, который совместно с другими игроками рынка осуществляет экспертизу IoT-проектов, претендующих на государственную поддержку.
6	АО «Дизайн центр «Кристал»	Разработчик программно-аппаратных решений на основе технологий радиочастотной идентификации (RFID). Компания выступает интегратором, разработчиком архитектуры микроэлектронной продукции, что позволяет производить широкий спектр высокотехнологичных изделий. Среди направлений специализации можно выделить: • Системы технического зрения и мониторинга; • Система акустического мониторинга; • Автоматизация производственной логистики; • Системы автоматизации учета и логистики товарно-материальных ценностей; • Система контроля и прослеживаемости. Обозначенные решения реализованы на унифицированной программно-аппаратной платформе и обеспечивают инструментальную реализацию технологий интернета вещей [448].
7	ООО «ДекСтрим»	Компания создана в 2018 году и специализируется на разработке и внедрении многофункциональных решений в области межмашинного взаимодействия, автоматизированного мониторинга и управления некритичными технологическими процессами. Информационные системы и решения компании предназначены для сбора и обработки показаний приборов учета, контроля расхода ресурсов и выбросов, мониторинга защищенности объектов инфраструктуры и предотвращения чрезвычайных ситуаций, контроля и управления сельскохозяйственными процессами, мониторинга сетей и помещений и проч. [449–451] Деятельность компании поддерживается Фондом «Сколково».

№ п/п	Название компании	Описание основной деятельности компании, основные разработки
8	GS Group (ООО «Концерн «Инновационные технологии»)	Многоотраслевой инвестиционно-промышленный холдинг, специализирующийся в области телекоммуникаций, электроники, микроэлектроники и программных решений. В частности, GS Group реализует полный цикл производства электронных устройств, начиная от резки кристаллов и корпусирования до массового производства готовых изделий; полный цикл производства энергоэффективных светодиодных систем и обслуживания светотехнического оборудования; разработку ИТ-решений на базе цифровой платформы и др. [452] Среди продукции компании также можно выделить устройства и решения для хранения данных, в частности, твердотельные накопители SSD [453], телекоммуникационное оборудование для потребителей [454], программно-аппаратный комплекс для организации сервиса «Умный дом» [455], а также многофункциональную платформу «Умный город» [456]. В 2017 году GS Group вступил в «Ассоциацию участников рынка интернета вещей» [457].
9	ООО «Вега-Абсолют»	Компания специализируется на полном производственном цикле решений в области радиоэлектронной продукции, включая решения видеомониторинга, решения мониторинга и контроля транспорта с использованием системы позиционирования, решения телеметрии, решения для системы «Умный дом», «Умный город» и др. [458] Среди услуг компании также можно выделить контрактное производство электроники [459]. В области телеметрии компания предлагает множество сенсоров, датчиков и приборов с возможностью обеспечения связи, включая радиомодемы LoRaWAN, оборудование NB-IoT, базовые станции, приборы учета LoRaWAN и дополнительное оборудование, а также различное программное обеспечение [460]. В компании функционирует подразделение IOT VEGA, специализирующееся в области интернета вещей. Среди отраслевых промышленных решений можно выделить нефтяную, химическую и металлургическую промышленность, мониторинг ресурсов, сельское хозяйство и др. [461] Кроме того, компания регулярно проводит обучение партнеров в области интернета вещей [462].
10	ООО «СПУТНИКС» («Спутниковые инновационные космические системы»)	Компания является частным производителем нано- и микроспутников, космических компонентов и технологий, разработчиком программного обеспечения для встраиваемых систем и бортового оборудования, наземных комплексов управления космическими аппаратами, комплексов для численного моделирования, аппаратно-программных комплексов для стенда полунатурного моделирования, учебного оборудования и проч. [463] Один из проектов, реализуемых компанией, – разработка технологии спутникового интернета вещей. Система может применяться для мониторинга состояния удаленных объектов, автоматической настройки технологических процессов, предотвращения аварийных и нештатных ситуаций [464]. Деятельность компании поддерживается Фондом «Сколково».

Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам открытых источников, 2025

Дополнительно можно выделить такие компании, как Госкорпорация «Роскосмос» и АО «Российские космические системы», деятельность которых направлена на создание инфраструктурной основы для обеспечения глобальной связности и получения данных, необходимых для развертывания решений интернета вещей, в том числе промышленного интернета, включая навигацию и позиционирование, глобальную связь, передачу данных, дистанционное зондирование земли и проч.

В области интернета вещей, в том числе промышленного интернета, отечественные игроки рынка также реализуют ряд совместных инновационных проектов.

В частности, ПАО «МТС» и «Чайна Телеком», ведущая телекоммуникационная компания Китая, в 2025 году объявили о стратегическом партнерстве в рамках мероприятия «Цифровая индустрия промышленной России» (ЦИПР-2025). Стороны договорились о совместном продвижении и развитии Internet of Vehicles-решений (IoV, интернет вещей в транспорте) в автомобильной промышленности России.

Компании планируют сфокусироваться на создании цифровых решений на базе двух концепций: «связь как услуга» (Connectivity-as-a-Service, CaaS) и «связь, готовая к интернету вещей в транс-порте» (IoV-ready connectivity). Кроме того, компании планируют расширить партнерство в области технологий межмашинного взаимодействия [465].

В рамках конференции «ЦИПР-2025» соглашение о сотрудничестве также подписали компании *Nexign* и *ПАО «Ростелеком»*. Партнерство направлено на взаимодействие в области информационных технологий, развитие цифровых сервисов, а также разработку программных компонентов, обеспечивающих устойчивость критических элементов цифровой инфраструктуры связи [466].

Кроме того, в 2024 году *Nexign* и ГК Softline (ПАО «Софтлайн»), ведущий поставщик решений и сервисов в области цифровой трансформации и информационной безопасности, подписали соглашение о сотрудничестве в странах Ближнего Востока и Юго-Восточной Азии. Усиление присутствия компаний на международном рынке будет обеспечено за счет продвижения телекоммуникационных решений *Nexign* и расширения портфеля ПАО «Софтлайн» [467].

В 2024 году *Nexign* запустила версию платформы *Nexign Nord* (системы управления базами данных) в формате «платформа как услуга» (Platform-as-a-Service, PaaS) на базе облачной инфраструктуры *ПАО «МегаФон»* [468].

В 2023 году можно выделить сотрудничество между *ПАО «ВымпелКом»* и АО «ГЛОНАСС», многопрофильной ИТ-компанией, поставщиком навигационных и телекоммуникационных решений. Сотрудничество сфокусировано на развитии элементов «умного» города, разработке решений на основе анализа больших данных, искусственного интеллекта, интернета вещей, связи для межмашинного взаимодействия, облачных и других технологий за счет интеграции с государственной информационной системой «ЭРА-ГЛОНАСС» [469].

Также стоит отметить, что в 2022 году компания *ПАО «МТС»* объявила о переходе разработанной платформы интернета вещей *МТС IoT Hub* на собственное программное обеспечение, которое полностью заменяет зарубежные решения при разработке продуктов двусторонней сотовой связи для передачи небольших объемов данных с различных устройств (Narrow Band-Internet of Things, NB-IoT), что обеспечивает независимость от зарубежных компаний, гарантирует стабильность и безопасность работы [470].

В 2024 году компания *Nexign* также объявила о полной импортнезависимости решения *Nexign BSS*, биллинговой платформы для операторов связи [471], и решения *Nexign IoT Connectivity Platform* для автоматизации основных бизнес-процессов операторов связи на рынке интернета вещей. Все компоненты платформы *Nexign IoT Connectivity Platform* включены в Единый реестр отечественного программного обеспечения [472].

Кроме того, в области интернета вещей можно выделить деятельность Центра компетенций Национальной технологической инициативы по направлению «Сенсорика», действующего на базе Национального исследовательского университета «Московский институт электронной техники» (НИУ МИЭТ). Центр компетенций специализируется на развитии технических средств и систем восприятия, распознавания, взаимодействия с реальным миром, разработке интеллектуальных сенсоров, производстве нано- и микроэлектронных компонентов, микросистем, интегрированных и распределенных цифровых сенсорных систем и проч. [473–475]

Также важно отметить деятельность Ассоциации участников рынка интернета вещей (Ассоциация интернета вещей, *iotas*, Internet of Things Association), созданной в 2016 году по инициативе Фонда развития интернет-инициатив (ФРИИ) и Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э.Баумана) [476]. Ассоциация является экспертным органом, объединяющим компании, разрабатывающие решения в области интернета вещей, и участников рынка, внедряющих данные решения. Кроме того, Ассоциация интернета вещей является участником технического комитета 194 «Киберфизические системы», деятельность которого будет рассмотрена далее. В состав Ассоциации входит 53 отечественные компании [477].

В ходе анализа отечественного рынка промышленного интернета вещей были рассмотрены в том числе компании «Технет» НТИ, специализирующиеся на разработке решений в рассматриваемой области. В обзоре представлена деятельность 20 компаний, которые оказывают услуги или разрабатывают оборудование для промышленного интернета вещей (заявляющие об этом в открытых источниках информации и на собственных сайтах). В финансовый обзор не вошли некоторые крупные компании (представленные на сайте Единой витрины поиска компаний, экспертов, инвестиций и мер поддержки, объединяющей сервисы НТИ «RADAR», далее – Единая витрина НТИ «RADAR» [478]), которые входят в более широкий сектор телекоммуникации и «интернет вещей» и отчасти ведут деятельность в области промышленного интернета, например ПАО «Ростелеком», ПАО «МегаФон» и другие, так как данные по их выручке могут существенно исказить картину рынка и его динамику.

Рисунок 32. Технологический ландшафт компаний в области промышленного интернета вещей

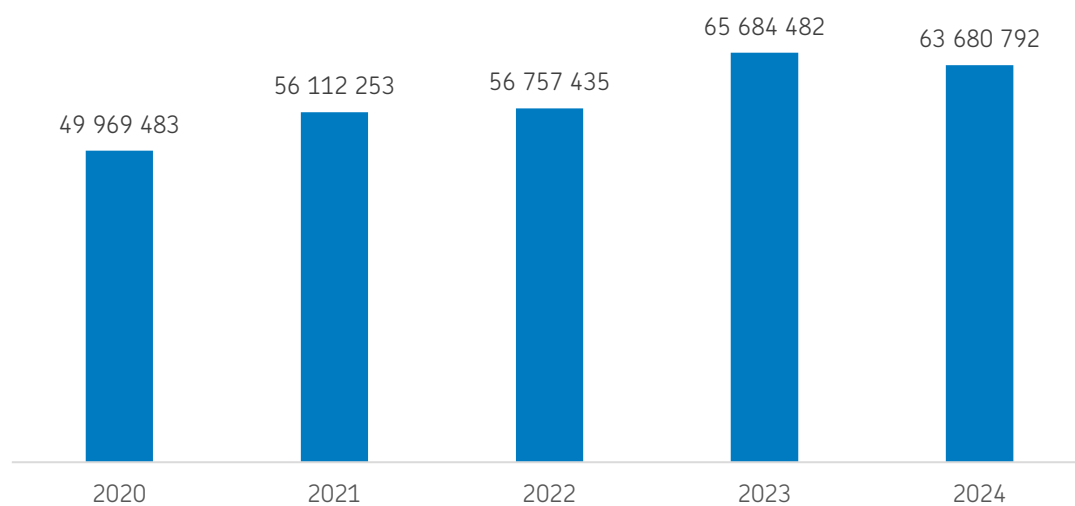


Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам Единой витрины поиска компаний, экспертов, инвестиций и мер поддержки, объединяющей сервисы НТИ «RADAR», сайтов компаний, 2025

В ходе поиска финансовых данных компаний НТИ по объемам выручки от продажи продуктов и услуг были проанализированы сведения, опубликованные на государственном информационном ресурсе бухгалтерской отчетности (ресурс БФО, формируемый ФНС России [479]) и Единой витрине НТИ «RADAR». За пятилетний период деятельности (2020–2024 гг.) были найдены данные по 18 организациям.

Однако по 2 из них (по ООО «АРТИ-ЭЛЕКТРОНИКС» и ООО «РДТИ») данные не представлены, а по другим 2 компаниям информация представлена частично (по ООО «Интелвижен» и ООО «Топ Смарт» отсутствуют показатели за 2024 г.). В открытых источниках информации, а также в материалах Единой витрины НТИ «RADAR», отсутствует информация об экспортной выручке рассматриваемых компаний НТИ, осуществляющих деятельность в области промышленного интернета вещей.

Рисунок 33. Общая выручка компаний НТИ, специализирующихся на разработке решений в области промышленного интернета вещей, 2020–2024 гг., тыс. руб.



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам Единой витрины поиска компаний, экспертов, инвестиций и мер поддержки, объединяющей сервисы НТИ «RADAR», ресурса БФО, 2025

Общая выручка рассматриваемых компаний по состоянию на 2024 год составила более 63 млрд руб. Существенный объем выручки демонстрирует компания, осуществляющая широкий спектр услуг в области связи, интернета, в том числе промышленного интернета вещей, и цифрового телевидения – АО «ЭР-ТЕЛЕКОМ ХОЛДИНГ» [480]. Это ведущая российская телекоммуникационная и инфраструктурная компания, предоставляющая услуги широкополосного доступа в интернет, услуги телефонии, цифрового ТВ, доступа к сетям Wi-Fi, VPN, LoRaWAN, видеонаблюдения и комплексных решений на базе технологий промышленного интернета вещей. Компания запустила первую в России сеть федерального охвата на базе IoT-технологии LoRaWAN во всех городах России (с населением более 300 тыс. человек) и вне городов на промышленных площадках крупных компаний [481].

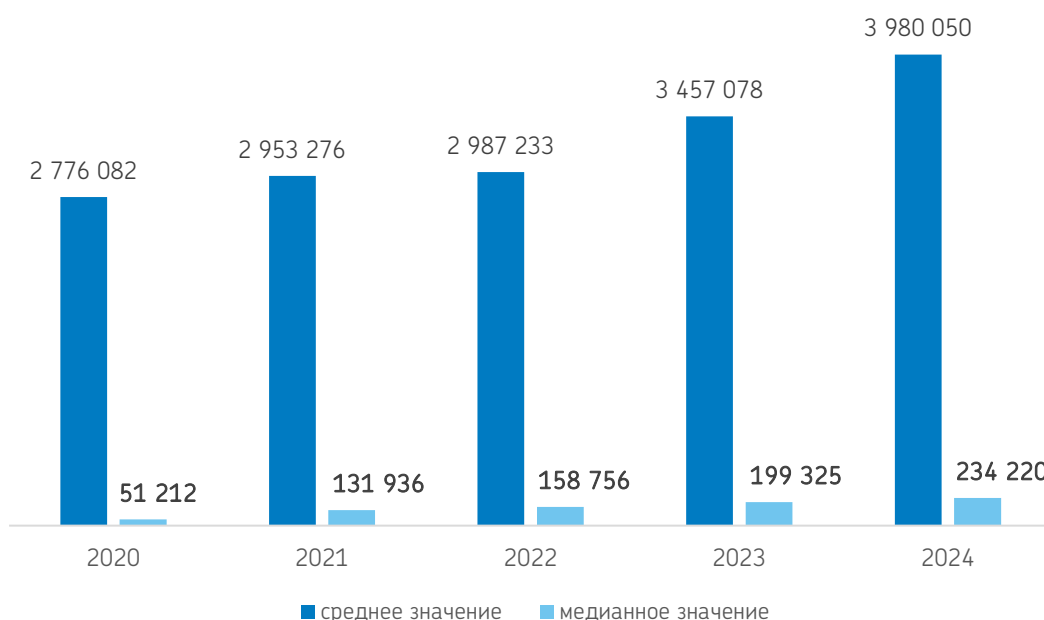
Также высокие показатели ежегодной выручки демонстрируют Группа компаний «Цифра» (ООО «Цифра») и ООО «Телематические Решения» (торговая марка WAVIoT). ООО «Цифра» осуществляет разработку индустриального программного обеспечения для цифровизации промышленности. Компания создаёт прикладные цифровые решения для управления горной, нефтегазовой, металлообрабатывающей, энергетической и другими отраслями промышленности, а также инвестирует в развитие рынка беспилотного карьерного транспорта, экосистемы промышленного искусственного интеллекта и интернета вещей. Компанией ведется разработка кросс-индустриальной платформы управления производством для сбора, хранения и управления данными [482].

В августе 2025 года компанией анонсирован выпуск компактного программно-аппаратного решения (промышленный шлюз), которое помогает справиться с проблемой унификации протоколов и структуры передачи данных для различных типов оборудования [483]. Данный промышленный шлюз входит в программный комплекс «Диспетчер», предназначенный для мониторинга работы оборудования на предприятии, контроля внутрицехового производства, планирования технического обслуживания и ремонта [484].

Компания ООО «Телематические Решения» (торговая марка WAVIoT) [485] поставляет беспроводные решения на базе энергоэффективных датчиков и устройств класса LPWAN (Low-Power Wide-Area Network) для интернета вещей в России и СНГ [486]. Компанией разработана платформа WAVIoT для интернета вещей и промышленного интернета вещей, которая обеспечивает сбор и обработку первичной информации (от счетчиков, датчиков и сенсоров), также предоставление инструментов для визуализации данных и аналитики. Платформа интернета вещей WAVIoT, посредством гибких возможностей API, позволяет получать данные и из других ИТ-систем, расширяя спектр возможных применений сервиса [487].

Ежегодная выручка других компаний НТИ в области промышленного интернета вещей существенно меньше. Наибольший показатель общей выручки наблюдался в 2023 году – 65,6 млрд руб. При анализе значений средней выручки и медианных значений выручки за указанный период также прослеживается тенденция к росту. Существенный рост значений наблюдался в 2024 году – 3,9 млрд руб. и 234 млн руб. соответственно.

Рисунок 34. Средняя выручка компаний НТИ, специализирующихся на разработке решений в области промышленного интернета вещей, 2020–2024 гг., тыс. руб.



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам Единой витрины поиска компаний, экспертов, инвестиций и мер поддержки, объединяющей сервисы НТИ «RADAR», ресурса БФО, 2025

Среди ключевых игроков рынка промышленного интернета вещей также можно выделить несколько компаний, например, компанию ООО «КОНЦЕРН ГУДВИН (ГУДВИН ЕВРОПА)» [488], которая является разработчиком и производителем промышленных систем радиосвязи стандарта DECT различных классов, систем и аппаратуры спецсвязи. Компания производит систему микросотовой связи и систему, объединяющую возможности радиосвязи и технологий промышленного интернета вещей (система «Гудвин-Нева» [489]). Также компанией выпускается серийное базовое и абонентское оборудование на основе радиотехнологий DECT, GSM/UMTS/LTE, Bluetooth, LoRaWAN [490].

ООО «Объединение Агрегейт» (Tibbo Systems) [491] разрабатывает программные решения для интернета вещей, управления ИТ-инфраструктурами, автоматизации производственных и технологических процессов, удалённого мониторинга и обслуживания, контроля физического доступа и комплексной автоматизации центров обработки данных [492]. Компания ведёт разработку единой платформы цифрового предприятия AggreGate, которая представляет собой low-code⁶ платформу для быстрого создания решений в области интернета вещей, облачных сервисов и приложений на основе данных с «умных» устройств. Платформа позволяет подключать, контролировать и анализировать данные с разнородных устройств, включая датчики, станки и промышленные контроллеры [493]. Компания нацелена на развитие сотрудничества с организациями в сфере информационных технологий для совместного предоставления услуг компаниям промышленного сектора. Например, в апреле 2025 года было заключено соглашение с компанией «ДАР» по использованию платформы интернета вещей AggreGate для работы с данными в проектах по цифровизации промышленных предприятий [494]. В июне 2025 года было заключено соглашение с компанией «Т1 Интеграция» для совместной реализации решений по автоматизации промышленных предприятий, управлению распределёнными системами, генерации цифровых двойников производственных процессов [495].

Компания ООО «Инспарк» разрабатывает программное обеспечение в области интернета вещей, а также устройства промышленной автоматизации (контроллеры, модули, сетевые устройства, датчики). Кроме того, компанией создана платформа интернета вещей для решения любых задач обработки данных – Inspark IoT Platform [496]. Платформа Inspark Platform IoT [497] обеспечивает удалённый мониторинг, управление и диспетчеризацию территориально распределённого комплекса инженерного, производственного, климатического, электросилового, информационного и другого оборудования с помощью собственных контроллеров [498].

ООО «Хэд Пойнт» (HeadPoint) – российский разработчик интеграционной платформы интернета вещей InOne, предназначенной для создания территориально распределённых систем мониторинга и ситуационного реагирования для «умных» городов, промышленных предприятий, торговых сетей и финансовых организаций [499].

⁶ Платформа low-code (низкий коддинг; с низким уровнем кода) – платформы, предназначенные для упрощения (использование готовых компонентов, визуальные интерфейсы, автоматизация) процесса разработки приложений (без обширных знаний в области программирования), что делает их доступными для более широкого круга пользователей.

Платформа предиктивного управления позволяет объединять разнородные цифровые данные, в том числе фото- и видеоданные, для комплексного анализа, обеспечивает формирование общего пространства событий и автоматизированное реагирование на выявленные нарушения. Целью развития является создание инструментов предиктивной аналитики для выявления потенциальных нарушений или отказов на ранних стадиях, и анализа действий оператора/диспетчера при работе с нарушениями [500; 501].

Рассмотренные компании НТИ в области промышленного интернета вещей ведут деятельность в таких направлениях, как: формирование инфраструктуры и оказание услуг в сфере телекоммуникаций и связи, разработка программного обеспечения и цифровых платформ интернета вещей и/или промышленного интернета, создание и производство оборудования/устройств для интернета вещей. На отечественном рынке представлены как крупные игроки, оказывающие широкий спектр услуг, так и компании, осуществляющие работу в одной или нескольких специализированных сферах. В секторе разработки программного обеспечения и платформ представлено самое большое число компаний. Согласно планам Дорожной карты нового индустриального ПО к 2030 году ожидается увеличение доли отечественных производственных платформ на базе интернета вещей с 41,5% (2021 г.) до 76,8% [502].

В ходе анализа деятельности компаний НТИ удалось выявить, что решения промышленного интернета чаще применяются производственными компаниями для оптимизации и мониторинга потребления ресурсов, автоматизации логистики, а также для управления (сбор, обработка, хранение) данными производства.

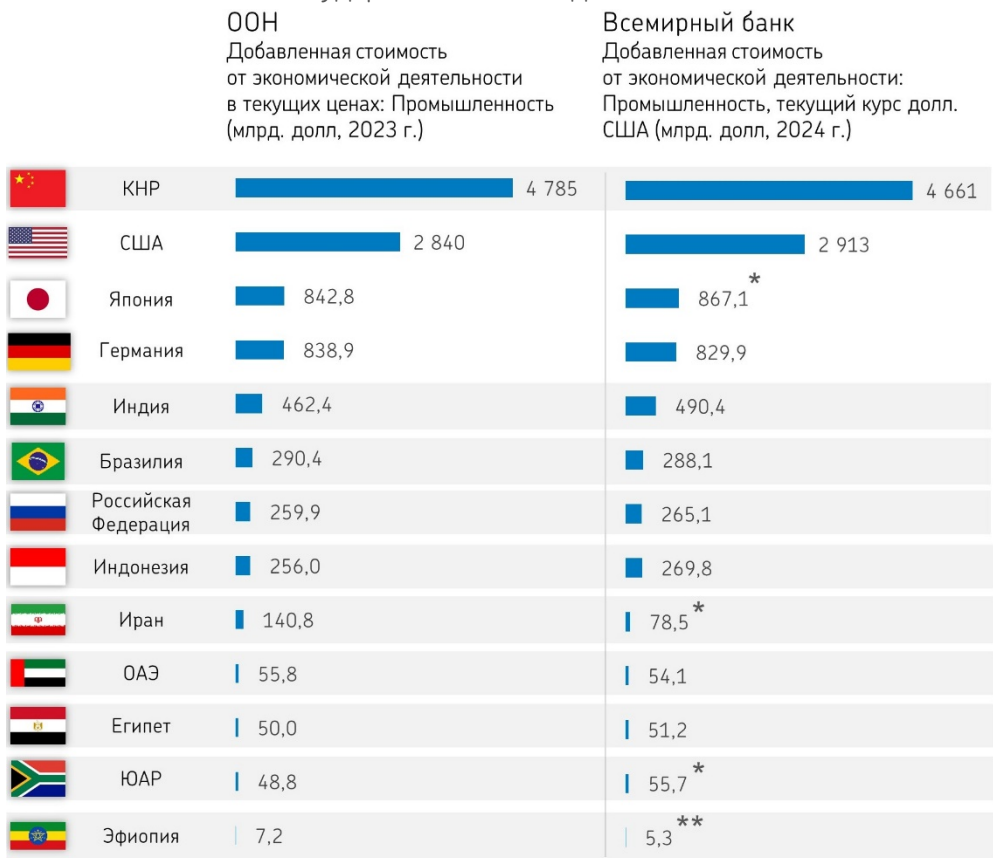
ГЛАВА 3. РЕГУЛИРОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОБЛАСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

В главе рассмотрены нормативно-правовые аспекты регулирования деятельности в области промышленного интернета вещей. В частности, проанализированы государственные программы поддержки научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по данной тематике, рассмотрены национальные и международные организации по стандартизации в области промышленного интернета вещей. В обзоре также проанализирована нормативно-правовая и нормативно-техническая деятельность в странах, входящих в межгосударственное объединение БРИКС.

Нормативно-правовое регулирование, в том числе анализ государственных программ поддержки НИР и НИОКР в области промышленного интернета вещей

Значительную роль в развитии технологий «умного» производства, включая технологии интернета вещей и промышленного интернета, играют различные меры и механизмы поддержки, реализуемые на государственном уровне. В настоящем исследовании рассмотрены меры поддержки стран, занимающих лидирующие позиции по объему производства в мире, а также стран – участниц объединения БРИКС.

Рисунок 35. Объем промышленности в странах – лидерах промпроизводства и странах межгосударственного объединения БРИКС



* Данные представлены по состоянию на 2023 год

** Данные представлены по состоянию на 2022 год

Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам United Nations Statistics Division, World Bank Open Data [503; 504], 2025

Ведущие позиции в области развития промышленного производства в мире занимают такие страны, как: Китай, США, Германия, Япония и Индия. Эти же страны лидируют по объему рынков интернета вещей и промышленного интернета вещей, что обусловлено последовательной государственной политикой в области технологий «умного» производства, которая реализуется на протяжении длительного времени. Для других стран, рассматриваемых в данном исследовании, характерны менее существенные позиции на глобальном рынке промышленного интернета вещей, но вместе с тем отмечается высокая скорость совокупного среднегодового темпа роста объема данного рынка в перспективе до 2029 года.

Рисунок 36. Объем рынка интернета вещей и промышленного интернета вещей в странах – лидерах производства и странах межгосударственного объединения БРИКС

		ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ (IoT): прогнозируемый объем рынка (млрд долл.)		ПРОМЫШЛЕННЫЙ ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ (IIoT): прогнозируемый объем рынка (млрд долл.)	
		к концу 2025 г.	к концу 2030 г.	к концу 2025 г.	к концу 2030 г.
	США	379,91	589,21	99,75	176,65
	КНР	261,11	417,31	68,58	125,31
	Германия	35,93	52,16	8,8	13,59
	Япония	30,26	41,49	7,7	11,78
	Индия	26,93	57,34	7,1	18,19
	Бразилия	17,51	28,55	4,6	8,4
	Российская Федерация	12,21	16,51	3,02	4,1
	Индонезия	9,81	19,77	2,71	6,81
	ЮАР	3,27	4,19	0,83	1,13
	ОАЭ	2,77	4,12	0,69	1,09
	Иран	2,65	3,58	0,66	0,92
	Египет	1,83	4,03	0,27	0,96
	Эфиопия	1,6	3,13	0,42	0,9

Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам Statista [505], 2025

Рассматриваемые страны оказывают поддержку как в рамках имеющихся мер стимулирования научных исследований и разработок, охватывающих широкий спектр технологических направлений, так и в рамках профильных программ, инициатив и национальных проектов. Например, в **Китае** с 2015 года реализуется Стратегический план развития производственного сектора «Сделано в Китае 2025» (Made in China 2025), а также 14-й пятилетний план социально-экономического развития и долгосрочных целей развития до 2035 года Китайской Народной Республики (14th Five-Year Plan (2021–2025) for National Economic and Social Development and Vision

2035 of the People's Republic of China) [506], которые предусматривают в том числе поддержку развития «умного» производства и таких технологий как промышленный интернет вещей, и стимулируют запуск профильных национальных и региональных программ / стратегических документов, например: Руководство по развитию «Интернет + передовое производство» (Guiding Opinions on Deepening the «Internet + Advanced Manufacturing Industry» to Develop the Industrial Internet, 2017) [507], План действий по развитию промышленного интернета (Industrial Internet Development Action Plan, 2018–2020) [508], Руководство по созданию, продвижению и методам оценки платформ промышленного интернета (Promotion Work, and Evaluation Methods for Industrial Internet Platforms, 2018) [509].

На протяжении 10 лет в Китае принимаются новые и актуализируются ранее принятые профильные стратегии и программы. Например, в 2021 году были приняты следующие два документа: трехлетний план действий по развитию инноваций в области индустриального интернета (Industrial Internet Innovation and Development Action Plan 2021–2023) [304; 510] и актуализированный пятилетний план «5G плюс промышленный интернет» («5G Plus Industrial Internet», 2021–2025) [511], которые направлены на развитие новых моделей и форматов промышленного интернета, таких как «умное» производство, сетевое сотрудничество, персонализированная настройка и цифровое управление [512], реализация НИОКР в области цифровых технологий [513], а также на комплексное развитие и распространение 5G связи и промышленного интернета в различных производственных секторах.

В рамках плана «5G Plus Industrial Internet» по состоянию на февраль 2025 года реализуется 15 000 проектов и построено 700 высокопроизводительных заводов с поддержкой 5G связи. Ожидается, что к 2027 году за счет строительства 10 000 заводов будут всесторонне расширены технологические возможности в таких областях, как сетевая инфраструктура, технологические продукты, интегрированные приложения, промышленная экосистема и государственные услуги. Также в 20 пилотных городах предполагается внедрение и комплексное применение 5G и промышленного интернета [514]. Среди ведущих разработчиков платформ и поставщиков услуг промышленного интернета вещей есть компании, которые занимают устойчивую позицию на международном рынке, например, Huawei, Alibaba.

Несмотря на высокие темпы развития Китая в области интернета вещей и промышленного интернета, безусловным лидером мирового рынка являются **США**, что обусловлено длительной технологической политикой, направленной на поддержку передового производства и промышленного интернета, в частности. С формирования в 2011 году Партнерства в области передового производства (Advanced Manufacturing Partnership, Advanced Manufacturing Partnership 2.0, 2013 г.) [515] началось активное вовлечение представителей бизнеса, научного и образовательного сообществ в подготовку стратегических документов, сфокусированных на развитии наиболее значимых для промышленности технологических направлений, например, регулярно актуализируемый национальный стратегический план развития передового производства (National Strategic Plan for Advanced Manufacturing) [516] и закон о возрождении американского производства и инноваций (Revitalize American Manufacturing and Innovation Act, RAMI Act) [517]. Последний документ послужил основой формирования в 2014 году программы «Manufacturing USA» [518; 519], направленной на координацию государственных и частных инвестиций в передовые производственные технологии.

В рамках программы «Manufacturing USA» создана сеть из 18 национальных институтов в сфере производственных технологий [520]. Каждый институт создан в рамках частно-государственного партнерства. Поддержка проектов в области «умного» производства, включая интернет вещей, осуществляется в рамках деятельности Инновационного института экосистем развития умного производства (Collaborative Ecosystems for Smart Manufacturing Innovation Institute, CESMII; до 2025 года аббревиатура расшифровывалась иначе – Clean Energy Smart Manufacturing Institute [521]) [522] и Института цифрового производства (Manufacturing times Digital, MxD; до переименования в 2019 году было следующее название института – Digital Manufacturing and Design Innovation Institute, DMDII [523]) [524].

Также поддержка НИОКР по тематике интернета вещей осуществляется в рамках Программы исследований и разработок в сфере информационных и сетевых технологий (Networking and Information Technology Research and Development, NITRD) [525]. Программа фокусируется на исследованиях в области вычислений, сетей и программного обеспечения для решения мультитехнологических и межотраслевых задач, включая кибербезопасность. В рамках направления «Сетевые физические системы с поддержкой вычислений» (Computing-Enabled Networked Physical Systems, CNPS) в 2025 году выделено 230 млн долл. на проведение исследований в области устройств/инфраструктуры интернета вещей (киберфизических систем, IoT CPS): внедрение инженерных систем IoT CPS и решений для измерений и тестирования, разработка стандартов и практик реализации для масштабируемых, совместимых и надежных решений IoT CPS [526].

Помимо финансовой поддержки разработок в области интернета вещей государство сфокусировало усилия на развитии нормативно-правовой сферы в данной технологической области. Так, в соответствии с указом президента США об обеспечении национальной кибербезопасности (Executive Order 14028 – «Improving the Nation's Cybersecurity»), Национальным институтом стандартов и технологий (National Institute of Standards and Technology) в 2022 году был разработан ряд руководств по обеспечению безопасности программного обеспечения и маркировке устройств интернета вещей [527]. Позднее перечень руководств был расширен в рамках реализации программы «Знак кибердоверия» («U.S. Cyber Trust Mark»), которая устанавливает нормы и правила маркировки/сертификации безопасности IoT-устройств [528–530].

Третьим лидером в области промышленного производства является **Германия**, где параллельно с США формировалась новая промышленная политика «Индустрия 4.0» (Industrie 4.0), направленная на продвижение цифрового производства с целью повышения производительности, эффективности и гибкости производственных процессов и, следовательно, экономического роста. Данная инициатива фокусируется на разработке и внедрении технологий, соединяющих виртуальный и физический миры – на киберфизических системах [531]. В развитие концепции «Индустрия 4.0» в 2016 году сроком на 10 лет была принята программа «Цифровая стратегия 2025» (Digital Strategy 2025 programme) [532], в которой зафиксированы приоритетные направления страны в области развития цифровых технологий: инфраструктура, продвижение стартапов и стимулирование инноваций, безопасность, цифровое образование, нормативно-правовая база и другие.

В 2016 году в соответствии с концепцией «Индустрия 4.0» была запущена технологическая программа (Platforms/Additive Manufacturing/Imaging/Communication/Engineering technology programme, PAiCE) [533], направленная на реализацию 17 проектов в области инжиниринга, аддитивного производства, коммуникаций, логистики и робототехники.

В выполнении проектов участвовали представители 100 компаний и научных организаций. Общий объем финансирования программы составил 110,6 млн долл.⁷ (в том числе 50% финансирования со стороны государства). В рамках программы один из проектов, а именно проект «Промышленные коммуникации для предприятий» (Industrial Communication for Factories, IC4F), был посвящен разработке эталонной архитектуры для обеспечения безопасной, надежной и работающей в режиме реального времени связи на производстве. В проекте были использованы такие технологии, как: 5G, многодоступные периферийные вычисления (MEC), облачные вычисления, виртуализация, промышленный мониторинг и аналитика данных. К концу проекта в 2020 году участникам (15 партнеров проекта) удалось создать перечень технологических решений для обеспечения надежной и совместимой инфраструктуры [534]. Результаты проекта легли в основу «Руководства по кампусным (локальным) сетям 5G» (Guidelines for 5G Campus Networks) [535], в котором описаны области и особенности применения «кампусных сетей 5G» и рекомендации по выбору технологий в соответствии с требованиями концепции «Индустрия 4.0», для использования при внедрении коммуникационной инфраструктуры в малых и средних компаниях в обрабатывающей промышленности, а также в логистике.

Также в рамках концепции «Индустрия 4.0» была запущена инициатива «Manufacturing-X» [536], направленная на повышение конкурентоспособности, устойчивости и стабильности немецкой, европейской и мировой обрабатывающей промышленности посредством цифровизации [537]. Это межотраслевая инициатива предполагает реализацию проектов для разных промышленных секторов. В инициативе также есть несколько проектов, результаты реализации которых планируется применить в разных отраслях. Например, проект «Factory-X» [538], который предполагает создание единой открытой цифровой экосистемы для всех промышленных отраслей с целью оптимизации процессов и внедрения новых цифровых бизнес-моделей [539].

Федеральное министерство по делам экономики и климата (German Federal Ministry of Economics and Climate Protection, BMWK) финансирует инициативу «Manufacturing-X», направляя поддержку на межотраслевые совместные проекты, находящиеся на стадии НИОКР (до начала коммерческой эксплуатации). Общий объем финансирования составляет 176,4 млн долл.⁸ Первые проекты в рамках инициативы стартовали в начале 2024 года и продлятся до 2026 года [540].

Помимо инициатив, направленных на поддержку практического применения технологий Индустрии 4.0, в Германии ведется работа по совершенствованию нормативно-правового поля в области цифровых технологий. 10 лет назад принята дорожная карта стандартизации Индустрии 4.0 на перспективу до 2030 года (German Standardization Roadmap Industrie 4.0) [33], которая регулярно актуализируется. Документ сфокусирован на анализе текущего состояния и существующих нормативных барьерах в области Индустрии 4.0, а также содержит рекомендации по совершенствованию стандартизации в данной области [542]. В выпущенной в 2023 году дорожной карте среди прочего было отмечено, что ведется существенная работа по стандартизации эталонной архитектуры и сетевого взаимодействия, лежащих в основе интернета вещей.

⁷ Перевод евро в доллары осуществляется по среднегодовому курсу за 2016 год:
1 евро = 1,1069 долл. США.

⁸ Перевод евро в доллары осуществляется по среднегодовому курсу за 2024 год:
1 евро = 1,17625 долл. США.

В области промышленного интернета вещей Германия также участвует в программах кооперации с другими странами. Между Германией (Plattform Industrie 4.0 of the Federal Republic of Germany) и Японией (Robot Revolution & Industrial IoT Initiative of Japan) в 2016 году было заключено соглашение о сотрудничестве в области интернета вещей / Индустрии 4.0 [543; 544]. Партнерство фокусируется на кибербезопасности, международной стандартизации и взаимном обмене бизнес-моделями в области цифровизации, а также на механизмах поддержки малых и средних предприятий [545]. В рамках совместной деятельности проводятся деловые мероприятия и созданы экспертные группы, формирующие предложения и рекомендации по развитию технологий Индустрии 4.0. Странами поддержаны два совместных проекта в области промышленного интернета вещей и искусственного интеллекта (проект «Artificial Intelligence for Robotics and Networked PRoducTion» (AIRPoRT), 2019–2023 гг. [546]) и в области мобильной связи для ключевых отраслей промышленности (проект «Developing modern communications technologies for Industrie 4.0» (EmKol4.0), 2022–2025 гг. [547]) [548].

Помимо участия в международных проектах и программах совместно со странами ЕС, АСЕАН и Африки [549] в **Японии** приняты собственные инициативы в рассматриваемой области. В 2016 году Японией была принята стратегия «Общество 5.0» (Society 5.0) [550], предполагающая формирование общества, ориентированного на человека, в котором экономическое развитие и решение социальных проблем совместимы друг с другом посредством высокоинтегрированной системы кибер- и физического пространств. Существенную роль в формировании «Общества 5.0» играют отрасли промышленности и технологические инновации в том числе в таких направлениях, как интернет вещей, искусственный интеллект и большие данные. Учитывая это в 2017 году была разработана и принята инициатива «Подключенные отрасли» (Connected Industries) [551], в рамках которой предполагается увеличение добавленной стоимости отраслей промышленности, которые в свою очередь будут способствовать решению различных проблем общества путем объединения данных, технологий, людей (рассматриваются роли как потребителей и поставщиков), систем и компаний в условиях глобального развития интернета вещей (IoT) и искусственного интеллекта (ИИ) [551].

Финансирование исследований и разработок в области «умного» производства и в том числе промышленного интернета вещей осуществляется в рамках текущих мер поддержки и программ Агентства по науке и технологиям (Japan Science and Technology Agency — JST) [549], например, программы «Передовые исследования и разработки в области информационных наук» (Cutting-edge Research and Development on Information & Communication Sciences, CRONOS). Данная программа поддерживает разработки инновационных технологий в области информационных коммуникаций, которые отвечают ключевым приоритетам («Grand Challenges»)[552], применяя гибкую схему, которая позволяет интегрировать фундаментальные и прикладные исследования [553].

Также поддержка НИОКР осуществляется в рамках Межведомственной стратегической программы продвижения инноваций (Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program, SIP) [554], которая способствует сотрудничеству между промышленностью, научными кругами и правительством в целях проведения исследований, имеющих потенциал практического применения и коммерциализации. Программа охватывает ряд целевых направлений [555], например, создание платформы интеллектуальной / «умной» мобильности или экосистемы инновационных материалов для промышленности.

В 2023 году была запущена третья фаза программы, в рамках которой в том числе были выбраны целевые направления: «Разработка устойчивой интеллектуальной сетевой системы защиты от стихийных бедствий» («Development of a Resilient Smart Network System against Natural Disasters») и развитие ресурсов океана («Ocean Issue»). Последнее направление предполагает содействие сохранению и использованию важных морских ресурсов в интересах национальной безопасности и создание «Платформы морской безопасности» за счет разработки новых технологий, таких как новая система мониторинга морской среды с использованием морской робототехники, содействие использованию морских минеральных ресурсов и проведение фундаментальных исследований новых крупномасштабных технологий улавливания и хранения углекислого газа [556].

Курирует реализацию данной программы Национальное агентство исследований и разработок (National research and development agency, NEDO) [557], которое также координирует работу других программ и проектов в области энергетических и промышленных технологий, включая киберфизические системы, искусственный интеллект, робототехнику и интернет вещей. За развитие проектов в области интернета вещей отвечает профильный департамент (Internet of things promotion department), чья деятельность сфокусирована на поддержке проектов (сроком от 2 до 10 лет) по интеграции киберфизических систем и укреплению цепи поставок в области разработки полупроводников [558].

Замыкает пятерку мировых лидеров промышленного производства – **Индия**. В стране принят ряд инициатив и программ, направленных на цифровую трансформацию промышленности и подготовку квалифицированных специалистов в области передовых технологий: Make in India Initiative (2014 г.), Digital India Program (2015 г.), Skill India Mission (2015 г.) [559; 560]. В соответствии с принятыми инициативами в 2020 году была запущена Схема стимулирования производства (Production Linked Incentive, PLI), которая нацелена на превращение страны в мировой производственный центр и создание инноваций, формирование 14 эффективных и конкурентоспособных отраслей, таких как электроника, текстиль, фармацевтика, автомобилестроение и другие. Разработанная инициатива ориентирована на производительность и привлечение инвестиций от внутренних и глобальных игроков, а также побуждение бизнеса к внедрению передовых технологий и достижению эффекта масштаба [561]. Финансирование инициативы составило 24 млрд долл.

Принятые инициативы также стали основой для разработки профильных стратегических программ и мер поддержки. Например, с 2018 года реализуется Национальная миссия по киберфизическим системам (National Mission on Interdisciplinary Cyber Physical System, NM-ICPS), направленная на вовлечение представителей научного сообщества, промышленности, государственных органов власти и международных организаций в разработку технологических инновационных решений и технологических платформ для проведения НИОКР, в развитие инструментов поддержки коммерциализации стартапов [562]. Для этого было создано 25 технологических инновационных хабов (Technology Innovation Hubs, TIH), каждый из которых сфокусирован на определенной технологии. Один из таких Хабов ведет междисциплинарные исследования в области интернета вещей (Technologies for Internet of Things & Internet of Everything, TIH Foundation for IOT and IOE at Indian Institute of Technology Bombay) [563].

Также в 2021 году в рамках программы «Повышение конкурентоспособности в секторе индийских товаров промышленного назначения» (Scheme for «Enhancement of Competitiveness in the Indian Capital Goods Sector»), которая предоставляет техническую поддержку и финансирование компаниям, желающим инвестировать в технологии интеллектуального производства, были созданы четыре центра «умного» передового производства и быстрой трансформации (Smart Advanced Manufacturing and Rapid Transformation Hub, SAMARTH Udyog Bharat 4.0) [564]. Центры являются экспериментальными и демонстрационными площадками в области технологий Индустрии 4.0. Ожидается, что услуги и разработанные центрами решения будут способствовать внедрению цифровых технологий, в том числе интернета вещей, в компаниях обрабатывающей промышленности к 2025 году [565].

Бразилия, как и Индия ведет активную политику по развитию и трансформации промышленного сектора страны. В 2018 году правительство страны запустило Стратегию цифровой трансформации (Brazilian Digital Transformation Strategy, E-Digital), основными целями которой является продвижение цифровой доступности, усиление кибербезопасности, расширение доступа в интернет и стимулирование технологического предпринимательства. Также стратегия направлена на внедрение цифровых технологий в области государственных услуг, продвижение дисциплин по формированию цифровых навыков и знаний в сфере образования и стимулирование инноваций в ключевых секторах экономики. В рамках данной стратегии в 2019 году был разработан Национальный план по развитию интернета вещей (National Plan for the Internet of Things) [566], который направлен на внедрение и развитие интернета вещей в стране на основе свободной конкуренции и свободного потока данных, с учетом принципов, ориентированных на информационную безопасность и защиту персональных данных. План фокусируется на четырех областях: городская инфраструктура, здравоохранение, агросектор и промышленность. В рамках реализации плана Агентством исследований и промышленных инноваций (Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial, Embrapii) [567] был поддержан 591 проект НИОКР в области цифровой трансформации (завершено 364 проекта), включая проекты по подключенным устройствам, системной интеграции, интернету вещей, автоматизации и робототехнике, финансирование которых составило более 200,5 млн долл.⁹ [566] В 2022 году стратегия E-Digital была актуализирована на период до 2026 года.

В 2023 году в Бразилии была запущена федеральная программа «Более производительная Бразилия» (Brasil Mais Produtivo), направленная на поддержку формирования эффективной промышленности в стране, снижение затрат и повышение конкурентоспособности компаний [568]. В рамках программы осуществляется поддержка проектов от 6-го до 9-го уровня технологической готовности (УГТ, TRL), которые могут быть выведены на рынок в качестве новых продуктов, процессов или услуг, отвечающих требованиям промышленности. Частью программы является конкурс развития технологий Индустрии 4.0 «Умная фабрика» (Smart Factory), реализуемый Национальным агентством по финансированию образования и исследований (Financiadora de Estudos e Projetos, FINEP) [569] и Национальной службой производственного обучения (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, SENAI) [570], который направлен на оказание технической и финансовой

⁹ Перевод реалов в доллары осуществляется по среднегодовому курсу за 2019 год:

1 реал = 0,2540 долл. США.

поддержки проектам в области исследований, разработок и инноваций с использованием технологий, повышающих производительность микро-, малых и средних предприятий [571]. В рамках конкурса было поддержано 33 проекта на общую сумму 3,2 млн долл.¹⁰, 8 из которых посвящены интернету вещей [572]. По состоянию на 2024 год с целью цифровизации малых и средних предприятий (МСП) в рамках инициативы было выделено 104,3 млн долл.¹¹ [573].

В 2024 году в Бразилии была принята программа по укреплению высокотехнологичного производства «Новая индустрия Бразилии» (Nova Indústria Brasil, NIB) [574], которая продолжает поддерживать развитие технологий в таких направлениях, как: сельское хозяйство, здравоохранение, городская инфраструктура, цифровая трансформация промышленности, биоэнергетика и декарбонизация, технологии оборонно-промышленного комплекса [575]. Общее финансирование программы составляет 55,8 млрд долл.¹² до 2026 года. В рамках программы запланирована поддержка в виде льготных кредитов, налоговых льгот и грантов (2000 грантов). Объем финансирования гранта в среднем составляет 1,8 млн долл. [576]. В рамках направления по цифровой трансформации промышленности деятельность будет сфокусирована на укреплении производственных цепочек страны в таких ключевых областях, как полупроводники, промышленная робототехника и передовые технологии, такие как искусственный интеллект и интернет вещей [573]. Согласно программе к 2026 году 25% бразильских промышленных компаний осуществят цифровизацию, а к 2033 году этого достигнут 50% компаний [577]. Для достижения этой цели выделено финансирование 34,7 млрд долл., из которых 15,9 млрд долл. будут инвестированы частным сектором на развитие инфраструктуры, приобретение оборудования, научные исследования и строительство новых заводов [573].

В **Объединенных Арабских Эмиратах (ОАЭ)** на государственном уровне также приняты стратегические документы в области цифровой трансформации и «умного» производства: Стратегия четвертой промышленной революции (UAE's Fourth Industrial Revolution (4IR) Strategy) [578], Стратегия Operation 300bn [579]. Эти инициативы фокусируются на повышении эффективности промышленного производства и содействии технологическим инновациям. Вместе с тем основное внимание в сфере интернета вещей, в том числе промышленного интернета, уделяется регулированию нормативно-правового поля. В 2023 году государство приняло Национальную политику в области интернета вещей (National Policy for Internet of Things), которая направлена на поддержку облачных вычислений, интернета вещей и формирование системы кибербезопасности ОАЭ. Политика фокусируется на принципах, которыми руководствуются потребители и поставщики услуг интернета вещей в процессе взаимодействия: поставщики услуг соответствуют требованиям безопасности; гарантируется уровень защиты для всех пользователей интернета вещей при покупке или использовании услуг.

¹⁰ Перевод реалов в доллары осуществляется по среднегодовому курсу за 2023 год:

1 реал = 0,2004 долл. США.

¹¹ Перевод реалов в доллары осуществляется по среднегодовому курсу за 2024 год:

1 реал = 0,1863 долл. США.

¹² Перевод реалов в доллары осуществляется по среднегодовому курсу за 2024 год:

1 реал = 0,1863 долл. США.

В других странах БРИКС, которые присоединились к межгосударственному объединению в 2024 и 2025 годах, поддержка развития технологий интернета вещей осуществляется в рамках стратегических инициатив в области цифровой трансформации государства, например, в **Египте** – стратегия «Egypt Vision 2030» [580], в **Индонезии** – дорожная карта «Making Indonesia 4.0» [581]. Но несмотря на то, что специальные программы поддержки исследований и разработок в области интернета вещей не нашли освещения в открытых источниках, можно полагать, что общие стратегии цифровой трансформации будут способствовать развитию данной технологической области.

Несколько схожая ситуация наблюдается в **Российской Федерации**, где существуют сложности с выстраиванием единого подхода к развитию технологий интернета вещей, включая промышленный интернет, и формированием комплексной программы по данному технологическому направлению. Но вместе с тем в стране есть задел для развития в области нормативно-правового регулирования и поддержки технологических решений.

С 2016 года в России велась работа по подготовке дорожной карты в области интернета вещей, которая была актуализирована в 2019 году госкорпорацией «Ростех» и принята в 2020 году в рамках соглашения с Правительством Российской Федерации на период до 2024 года [582; 583]. Почти одновременно в 2019 году в целях реализации национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» была утверждена Концепция построения и развития узкополосных беспроводных сетей связи «Интернета вещей» на территории Российской Федерации до 2030 года (Приказ № 113 от 29 марта 2019 года Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации) [583; 584]. Концепция фокусируется на описании условий для создания и развития рынка услуг в области интернета вещей.

С 2025 года поддержка интернета вещей, включая промышленный интернет, осуществляется в рамках национального проекта «Экономика данных и цифровая трансформация государства» [585], который стал продолжением завершившегося в 2024 году национального проекта «Цифровая экономика» [586]. На период 2025–2030 годов государственное финансирование национального проекта составит 1,013 трлн руб., а 420 млрд руб. будет привлечено из внебюджетных источников [587]. Национальный проект фокусируется на развитии решений, которые работают на базе накопленных данных, и создании инструментов, позволяющих повышать эффективность выполнения любых задач, таких как искусственный интеллект, роботы, интернет вещей и другие. Параллельно запущен национальный проект «Средства производства и автоматизации», в рамках которого реализуется федеральный проект «Развитие промышленной робототехники и автоматизации производства» [588]. Вероятно внедрение робототехнических систем на промышленных предприятиях будет сопровождаться интеграцией технологий промышленного интернета вещей, позволяющих объединять промышленные роботы и иное оборудование в интеллектуальную сеть для сбора и анализа данных с целью повышения эффективности производства, оптимизации процессов и снижения затрат.

В основном поддержка исследований и разработок в области интернета вещей и промышленного интернета осуществляется в рамках грантов на развитие и внедрение ИТ-решений, предоставляемых Российским фондом развития информационных технологий, Фондом «Сколково» и Фондом содействия инновациям [589]. Профильных (тематических) программ, проектов и мер поддержки в настоящий момент не предусмотрено.

Также ведется работа в области нормативно-технического регулирования интернета вещей.

В структуре Росстандарта действует Технический комитет № 194 «Киберфизические системы» (ТК 194), в рамках деятельности которого разработаны стандарты по «умному» производству, терминологии, рамочной архитектуре интернета вещей и индустриальному интернету [590].

Кроме того, осуществляется разработка стандартов в смежной области – области кибербезопасности. Так, в 2025 году был принят ГОСТ Р 72118–2025 «Защита информации. Системы с конструктивной информационной безопасностью. Методология разработки» (ТК 362). Данный стандарт обязывает разработчиков решений интернета вещей и промышленного интернета учитывать требования обеспечения безопасности в своих разработках [591]. В свою очередь пользователи, опираясь на положения данного стандарта, могут не допускать к внедрению «небезопасные» решения.

Таким образом, область интернета вещей и промышленного интернета входит в перечень технологических приоритетов государства, но не выделена в отдельное направление и рассматривается в рамках комплексных инициатив и проектов по разработке ИТ-решений.

В рамках анализа государственной поддержки НИР и НИОКР в области развития технологий «умного» производства и в том числе интернета вещей и промышленного интернета были рассмотрены примеры инициатив стран, занимающих лидирующие позиции по объему производства в мире, а также стран-участниц объединения БРИКС. Результаты анализа свидетельствуют о растущем понимании важности развития этих технологий для повышения конкурентоспособности государств, что выражается в инвестировании в исследования и разработки, стимулировании внедрения технологий на предприятиях и создании актуальной нормативно-правовой системы.

Государства осуществляют поддержку развития интернета вещей и промышленного интернета не только в рамках стратегий экономического развития (Египет, Индонезия) и цифровой трансформации (например, США, Германия, Индия, Российская Федерация), но и дополнительно иницируют профильные программы (например, Китай, Япония, Бразилия, ОАЭ).

К характерным направлениям государственной поддержки в рамках рассмотренных программ относятся:

- Развитие цифровой инфраструктуры, включая обеспечение доступности высокоскоростного интернета, развитие цифровых платформ;
- Содействие внедрению цифровых технологий на промышленных предприятиях за счет предоставления грантов, льготных кредитов и консультационных услуг;
- Подготовка квалифицированных кадров, способных разрабатывать, внедрять и использовать цифровые технологии;
- Развитие нормативно-правового поля для регулирования взаимодействия поставщиков и потребителей технологических решений и услуг, а также для обеспечения кибербезопасности промышленных систем;
- Финансирование исследований и разработок, поддержка создания исследовательских центров в области ключевых технологий «умного» производства. В некоторых странах рассматриваемые технологии поддерживаются государством в рамках текущих мер, в том числе направленных на развитие ИТ-решений.

Национальный и международный нормативно-технический ландшафт в области промышленного интернета вещей

В ходе анализа нормативно-технического ландшафта рассмотрены международные и национальные организации по стандартизации в области интернета вещей, в том числе промышленного интернета, а также некоторых смежных технологий промышленной автоматизации. Международный нормативно-технический ландшафт в области промышленного интернета вещей преимущественно регулируется:

- международными и региональными организациями, в числе которых
 - o Международная организация по стандартизации (International Organization for Standardization, ISO, ИСО);
 - o Международная электротехническая комиссия (International Electrotechnical Commission, IEC, МЭК);
 - o Европейский комитет по стандартизации (Comité Européen de Normalisation / European Committee for Standardization, CEN) и Европейский комитет по стандартизации в области электротехники и электроники (Comité Européen de Normalisation Électrotechnique / European Committee for Electrotechnical Standardization, CENELEC);
 - o Европейский институт по стандартизации в области телекоммуникаций (European Telecommunications Standards Institute, ETSI);
 - o Международный союз электросвязи (International Telecommunication Union, ITU) и сектор стандартизации электросвязи Международного союза электросвязи (International Telecommunication Union – Telecommunication sector, ITU-T);
 - o Международное общество автоматизации (International Society of Automation, ISA);
- национальными организациями по стандартизации, включая
 - o Институт инженеров по электротехнике и радиоэлектронике (Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE);
 - o Немецкий институт по стандартизации (Deutsches Institut für Normung e.V. / German Institute for Standardization, DIN) и Немецкая комиссия по электротехнике, электронике и информационным технологиям при Немецком институте по стандартизации и Немецком союзе электротехники (Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE / German Commission for Electrical, Electronic & Information Technologies of DIN and VDE; DKE);
 - o Управление по стандартизации Китая (Guobiao Standards / Standardization Administration of China, GB, SAC);
 - o Японский комитет по промышленной стандартизации (Japanese Industrial Standards Committee, JISC).

Так, среди зарубежных национальных организаций рассмотрены организации по стандартизации США, Германии, Японии, а также особое внимание уделено странам, формирующим межгосударственное объединение БРИКС, в число которых входит Китай.

Российский нормативно-технический ландшафт представлен результатами деятельности Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт).

Международная организация по стандартизации (ИСО) проводит деятельность по стандартизации совместно с *Международной электротехнической комиссией (МЭК)*, при этом активное участие принимают национальные организации по стандартизации практически всех стран мира. В области интернета вещей и сопутствующих технологий функционирует технический комитет ISO/IEC JTC 1 «Информационные технологии» (Information technology), который по состоянию на сентябрь 2025 года насчитывает 3635 опубликованных стандартов и 536 стандартов, находящихся в разработке [592].

Одно из направлений деятельности ИСО и МЭК в рамках деятельности комитета ISO/IEC JTC 1 – интернет вещей, который обеспечивает совместимость устройств, безопасность данных, конфиденциальность, а также поддерживает интеграцию интеллектуальных технологий в повседневные и промышленные процессы [593]. По данному направлению основную деятельность ведет подкомитет ISO/IEC JTC 1/SC 41 «Интернет вещей и цифровые двойники» (Internet of things and digital twin), созданный в 2017 году. Комитет насчитывает 52 опубликованных стандарта и 24 стандарта, находящихся в разработке (по состоянию на сентябрь 2025 года). В структуре подкомитета можно выделить следующие рабочие группы [594]:

1. ISO/IEC JTC 1/SC 41/WG 3 «Архитектура интернета вещей» (IoT Architecture);
2. ISO/IEC JTC 1/SC 41/WG 4 «Интероперабельность интернета вещей» (IoT Interoperability);
3. ISO/IEC JTC 1/SC 41/WG 5 «Применение интернета вещей» (IoT Applications);
4. ISO/IEC JTC 1/SC 41/WG 6 «Цифровые двойники» (Digital twin);
5. ISO/IEC JTC 1/SC 41/WG 7 «Применение морских, подводных систем интернета вещей и цифровых двойников» (Maritime, underwater IoT and digital twin applications).

Стандарты ИСО и МЭК в области интернета вещей направлены на такие аспекты, как эталонная архитектура, среда тестирования, сервисы обработки информации и обмена данными, терминология, взаимодействие систем интернета вещей, сценарии применения, интерфейс, подводная сеть, методы оценки надежности, технические и системные требования, особенности реализации граничных (периферийных) вычислений, требования к системам мониторинга окружающей среды и др.

Отдельно можно выделить стандарт ISO/IEC TR 30166:2020 «Интернет вещей – промышленный интернет вещей» (Internet of things (IoT) – Industrial IoT), в котором рассмотрены характеристики, технические аспекты, элементы структуры промышленного интернета вещей, а также представлен перечень организаций, обеспечивающих развитие интернета вещей, и некоторые тенденции развития стандартизации в данной области [595].

Еще одним стандартом, который следует рассмотреть отдельно, является ISO/IEC 30180:2025 «Интернет вещей (IoT) – Функциональные требования для определения статуса «самокарантина» с помощью интерфейсов передачи данных интернета вещей» (Internet of Things (IoT) – Functional requirements to determine the status of self-quarantine through Internet of Things data interfaces) [596]. В данном документе рассмотрены функциональные требования, которые относятся к

объекту мониторинга, управляющему субъекту и конфиденциальности информации, позволяющие присвоить статус «самокарантина» через системы интернета вещей.

Введение данного статуса направлено на выявление элемента системы интернета вещей, демонстрирующего нештатное поведение или потенциальную угрозу, что позволит своевременно исключить данный элемент из сети, запустить сканирование, диагностику и восстановление.

Европейский комитет по стандартизации (CEN) и Европейский комитет по стандартизации в области электротехники и электроники (CENELEC) также работают в тесной связке и регулируют направление интернета вещей, а также некоторых смежных технологий [597].

Технический комитет CEN/CLC/WS SEP2 «Лучшие отраслевые практики и отраслевой кодекс для лицензирования патентов, существенных для стандартов, в области 5G и интернета вещей» (Industry Best Practices and an Industry Code of Conduct for Licensing of Standard Essential Patents in the field of 5G and Internet of Things) опубликовал стандарт, способствующий координации работ в области лицензирования, инвестирования в новые технологии интернета вещей, их внедрения и распространения [598]. Аналогично можно выделить деятельность CEN/CLC/WS SEP-IoT «Семинар по передовым практикам и кодексу поведения при лицензировании патентов, существенных для стандартов, в области 5G и интернета вещей, включая промышленный интернет» (Workshop on Best Practices and a Code of Conduct for Licensing Industry Standard Essential Patents in 5G and the Internet of Things (IoT), including the Industrial Internet), в рамках деятельности которого сформирован аналогичный документ с рекомендациями в области лицензирования технологий интернета вещей, в том числе промышленного интернета [599]. Деятельность обоих технических комитетов можно описать как временную рабочую группу, направленную на проведение семинаров с целью выявления лучших практик лицензирования, основы которых легли в оба технических документа в 2019 году.

Среди смежных направлений можно выделить деятельности технического комитета CEN/CLC/JTC 25 «Управление данными, пространства данных, облачные и граничные (периферийные) вычисления» (Data management, Dataspaces, Cloud and Edge), в работе которого находится 10 стандартов в области управления данными и их обработки [600]; технического комитета CEN/TC 225 «Технологии автоматической идентификации и сбора данных» (Automatic Identification and Data Capture (AIDC) technologies), специализирующегося на стандартизации устройств в области автоматизированной идентификации и сбора данных, который насчитывает 29 стандартов и 1 стандарт, находящийся в разработке [601]; технического комитета CLC/TC 65X «Измерение, контроль и автоматизация промышленных процессов» (Industrial-process measurement, control and automation), принимающего участие в деятельности одноименного международного технического комитета IEC TC65 и специализирующегося на стандартизации систем и элементов, используемых для измерения, контроля и автоматизации промышленных процессов, на уровне CENELEC, который насчитывает 514 опубликованных стандартов и 89 стандартов, находящихся в разработке или на стадии утверждения [602].

Европейский институт по стандартизации в области телекоммуникаций (ETSI) также регулирует деятельность в области интернета вещей и некоторых смежных технологий. В частности, технический комитет SmartM2M (Smart Machine-to-Machine Communications) направлен на регулирование аспектов «умного» межмашинного взаимодействия и некоторых аспектов интернета вещей.

Стандарты комитета направлены на создание и совершенствование платформ для подключения устройств и сервисов, осуществления обмена информацией [603]. По состоянию на сентябрь 2025 года у комитета SmartM2M насчитывается 134 опубликованных стандарта.

Отдельное направление ETSI – реализация глобальной инициативы oneM2M, направленной на эффективное внедрение систем межмашинного взаимодействия и интернета вещей, в области которой опубликовано 104 стандарта [604].

Дополнительными вопросами в области интернета вещей являются вопросы применения технологий интернета вещей (преимущественно потребительского), вопросы обеспечения безопасности и конфиденциальности [605; 606], в том числе в рамках разработки интерфейсов, процедур и спецификаций протоколов безопасности [607], технические особенности развития технологий мобильной сотовой связи [608], управление контекстной информацией в разрезе пространства и времени [609], интеллектуальное применение технологий интернета вещей и др.

В части интеллектуального применения технологий интернета вещей техническим комитетом SmartM2M подготовлены онтологии SAREF для различных отраслей применения [610]. В области промышленного интернета вещей выделена онтология SAREF4INMA, в которой раскрыты ключевые термины интернета вещей в данной области и уровни их взаимодействия, что позволит обеспечить семантическую совместимость между решениями от разных поставщиков и в различных сферах применения [611].

Также можно выделить технический комитет в области данных (DATA), направленный на регулирование трех аспектов распределенной обработки данных – передача данных, хранение данных и вычисления. По состоянию на сентябрь 2025 года техническим комитетом опубликован 1 стандарт по тематике требований закона о данных, направленного на совместимость данных, механизмы и сервисы обмена данными в информационном пространстве Европейских государств [612].

Еще одной международной организацией по стандартизации в области интернета вещей выступает *Международный союз электросвязи (ITU)* и *сектор стандартизации электросвязи Международного союза электросвязи (ITU-T)*. В деятельности ITU-T функционируют исследовательские группы (Study Groups, SG), избранные на период 2025–2028 гг., которые готовят рекомендации для повсеместного распространения и эффективного применения телекоммуникационных и информационных технологий [613].

Например, в части смежных технологий функционирует исследовательская группа SG11 «Требования к передаче сигналов, протоколы, спецификации испытаний и борьба с контрафактными устройствами электросвязи / ИКТ» (Signalling requirements, protocols, test specifications and combating counterfeit telecommunication/ICT devices), которая регулирует вопросы передачи сигналов и предоставления телекоммуникационных услуг в сети, тестирования функциональной совместимости и др. [614] Исследовательская группа SG13 «Будущие сети и новые сетевые технологии» (Future networks and emerging network technologies), в свою очередь, специализируется на вопросах требований, архитектур, интерфейсов для программирования, разработки программного обеспечения, технологий искусственного интеллекта, включая машинное обучение сетей, облачных вычислений, обработки данных и проч. [615] Исследовательская группа SG15 «Сети, технологии и инфраструктура для транспорта, сети доступа и дома» (Networks, technologies and infrastructures for transport, access and home) сфокусирована на подготовке технических спецификаций для

коммуникационной инфраструктуры, в том числе интеллектуальных транспортных сетей [616]. Исследовательская группа SG17 «Безопасность» (Security) сфокусирована на вопросах обеспечения безопасности, защиты данных и доверия [617].

В области интернета вещей функционирует исследовательская группа SG20 «Интернет вещей, цифровые двойники, «умные» устойчивые города и населенные пункты» (Internet of Things, digital twins and smart sustainable cities and communities), которая отвечает за разработку инновационных стандартов (рекомендаций), руководств, отчетов, методологий и передовых практик по данному направлению. Область исследований SG20 укрупненно сфокусирована на: технологических направлениях, включая интернет вещей, граничные (периферийные) вычисления, искусственный интеллект и машинное обучение, большие данные, технологии обработки и управления данными, расширенная аналитика и проч.; политических и руководящих аспектах, включая требования к системам и инфраструктуре, совместимости, безопасности, доступности, экологичности решений; процедурах и концепциях оценки воздействия, измерения эффективности и анализа; прикладных аспектах, включая применение в муниципальных службах, здравоохранении, энергетике, транспорте и проч.; решениях с открытым исходным кодом, включая повышение прозрачности, сотрудничества, внедрение инноваций и т.п. [618]

Рекомендации исследовательской группы SG20 связаны с вопросами предоставления телекоммуникационных сервисов (16 рекомендаций), аудиовизуальных и мультимедийных систем (6 рекомендаций), вопросами экологичности, энергоэффективности и строительства инфраструктуры для «умных» устойчивых городов (3 рекомендации), совместимости и передачи сигналов, в том числе межмашинного взаимодействия, тестирования и прочего (3 рекомендации). Наибольший объем рекомендаций представлен в области глобальной информационной инфраструктуры, интернет-протоколов, сетей нового поколения и интернета вещей:

- 18 рекомендаций в области моделей функциональной архитектуры сетей нового поколения;
- 4 рекомендации в области архитектуры сервисов;
- 2 рекомендации в области функциональной совместимости сервисов и сетей нового поколения;
- 5 рекомендаций в области общих направлений интернета вещей и «умных» городов;
- 3 рекомендации в области терминологии;
- 62 рекомендации в области требований и примеров использования;
- 3 рекомендации в области инфраструктуры и подключения;
- 117 рекомендаций в области архитектур и протоколов;
- 22 рекомендации в области вычислений и обработки данных;
- 8 рекомендаций в области управления и контроля;
- 16 рекомендаций в области безопасности;
- 12 рекомендаций в области оценки показателей;
- 16 дополнений к рекомендациям [619].

Суммарно исследовательская группа SG20 ITU-T насчитывает 316 рекомендаций в области интернета вещей и «умных» устойчивых городов. В процессе разработки находится 124 рекомендации по состоянию на сентябрь 2025 года [620].

Также можно привести ряд опубликованных технических документов и отчетов, например, документ YSTR-IADIoT, в котором освещены характеристики интеллектуальных систем для обнаружения аномалий при использовании технологий интернета вещей [621].

Также можно выделить деятельность *Международного общества автоматизации (ISA)*, которое осуществляет разработку добровольных стандартов в сфере автоматизации для различных отраслей промышленности. ISA разрабатывает стандарты комплексными сериями, каждая из которых соответствует определенной тематике в области автоматизации [622] и регулируется соответствующими техническими комитетами [623]:

- Управление аварийными сигналами в обрабатывающей промышленности (серия ISA-18);
- Управление процессами производства партиями (серия ISA-88);
- Кибербезопасность для систем промышленной автоматизации и управления (серия ISA-99 / 62443);
- Интеграция систем управления предприятием (серия ISA-95);
- Спецификация интерфейса инструментов полевых устройств (серия ISA-103 / 62453);
- Функциональная безопасность – системы, оснащенные приборами безопасности (серия ISA-84 / 61511);
- Человеко-машинные интерфейсы (серия ISA-101);
- Обозначения и документация по приборам (серии ISA-5 и ISA-20);
- Интеллектуальное управление устройствами (серия ISA-108);
- Проверка контуров, калибровка, пуско-наладочные работы и заводские / приемочные испытания (серия ISA-105);
- Электростанции, работающие на ископаемом топливе и атомной энергии (серии ISA-67 и ISA-77);
- Автоматизация процедур для непрерывных технологических операций (серия ISA-106);
- Клапаны / приводы клапанов (серии ISA-75 и ISA-96);
- Беспроводные системы для промышленной автоматизации (серия ISA-100);
- Дополнительные тематики (серии ISA-7, ISA-12, ISA-60, ISA-71, ISA-76, ISA-82, ISA-92).

Суммарно насчитывается 189 стандартов, разработанных и опубликованных ISA, в том числе совместно с Американским национальным институтом стандартов (American National Standards Institute, ANSI) и МЭК.

Применительно к системам интернета вещей можно отнести стандарты в области сигнализации (серия ISA-18), кибербезопасности (серия ISA-99 / 62443), функциональной безопасности (серия ISA-84 / 61511), человеко-машинных интерфейсов (серия ISA-101), интеллектуального управления устройствами (серия ISA-108, состоящая из стандарта ISA-TR63082-1 (TR108.1)–2020, посвященного терминологии в данной области [624]), беспроводных систем (серия ISA-100). Суммарно по тематикам, применимым к области интернета вещей, насчитывается 49 опубликованных стандартов.

В рамках *Института инженеров по электротехнике и радиоэлектронике (IEEE)* функционирует ассоциация по стандартизации IEEE SA (IEEE Standards Association), которая сфокусирована на

обеспечении участия IEEE в международной и национальной деятельности по стандартизации. IEEE SA регулируется деятельностью 110 технических комитетов по стандартизации, которые составляют 35 объединений (обществ) и советов [625].

В частности, объединение по направлению коммуникаций IEEE Communications Society (COM) ведет деятельность по стандартизации в области интернета вещей, беспроводных одноранговых (децентрализованных) и сенсорных сетей [626]. Среди тематик деятельности комитета – системные и алгоритмические аспекты сенсорных и одноранговых сетей, сетевые протоколы, архитектура, встраиваемые системы, программные системы для управления информацией, алгоритмы управления потоками данных и доступом, сетевая безопасность и проч. [627]

Аналогично совет в области датчиков IEEE Sensors Council проводит стандартизацию по направлению интернета вещей: по состоянию на сентябрь 2025 года опубликовано 3 стандарта, посвященных производительности устройств и систем для анализа и мониторинга запахов, гармонизации и интероперабельности устройств и систем интернета вещей [628].

Еще одно объединение, специализирующееся на смежных технологиях интернета вещей, – объединение по промышленной электронике IEEE Industrial Electronics Society (IES), ведущее деятельность по стандартизации в разрезе четырех кластеров, объединяющих 24 технических комитета: кластер энергетики, кластер датчиков и систем управления, кластер информационно-коммуникационных технологий, междисциплинарный кластер [629].

Также можно выделить деятельность объединения в области робототехники и автоматизации IEEE Robotics and Automation Society (RAS), в котором функционирует 47 технических комитетов в области робототехники, беспилотных летательных аппаратов, автоматизации, компьютерного зрения и др. [630]

Отдельным направлением выступает стандартизация в области «умных» фабрик, в частности, IEEE опубликовал стандарты, посвященные общим принципам оценки «умного» производства, вопросам логистических процессов на «умном» производстве, системной архитектуре и требованиям к цифровому представлению физических объектов в производственной среде [631].

Немецкий институт по стандартизации (DIN) и Немецкая комиссия по электротехнике, электронике и информационным технологиям при Немецком институте по стандартизации и Немецком союзе электротехники (DKE) также регулируют деятельность в области интернета вещей в рамках функционирования двух технических комитетов:

1. NA 022 Немецкая комиссия по электротехнике, электронике и информационным технологиям (DKE German Commission for Electrical, Electronic & Information Technologies of DIN and VDE);
2. NA 043 Комитет по стандартизации в области информационных технологий и их применения (DIN Standards Committee Information Technology and IT Applications).

Деятельность Немецкой комиссии DKE направлена на обеспечение безопасного рационального производства, распределения и использования электроэнергии. Комиссия разработала и опубликовала 9 957 стандартов, еще 989 стандартов находятся в разработке. Стандарты в области интернета вещей посвящены таким тематикам, как технические параметры интерфейсов, методы

тестирования различных функций, описание модели, коммуникационной структуры и архитектуры интернета вещей, особенности интеграции, кибербезопасность и др. [632]

Деятельность комитета в области информационных технологий NA 043 направлена на повышение безопасности и качества информационных систем, поддержание совместимости, разработку эргономичных интерфейсов и проч. Комитет разработал 3 226 стандартов, а также 40 стандартов, находятся в разработке по состоянию на сентябрь 2025 года [633]. Среди тематик опубликованных стандартов в области интернета вещей можно выделить обеспечение качества данных для обучения моделей, требования к безопасности, вопросы применения в различных отраслях, обеспечение автономного взаимодействия и совместимости систем, параметры эталонных архитектур систем интернета вещей, терминология, параметры платформы для обмена данными между системами интернета вещей, методы автоматической идентификации и сбора данных, требования к системе интернета вещей, форматам и структуре данных, вопросы обеспечения надежности и проч.

Важно отметить, что бóльшая часть стандартов, опубликованных DIN, является совместной разработкой с техническими комитетами ИСО и МЭК, а также европейским комитетом по стандартизации CEN.

Управление по стандартизации Китая (SAC) также ведет деятельность по стандартизации в области интернета вещей начиная с 2015 года. Основные направления национальных и отраслевых стандартов Китая в данной области с фокусировкой на применении в промышленности и смежных областях включают:

- терминология и стандартизация в области интернета вещей [634; 635];
- эталонная архитектура интернета вещей [636–644];
- требования к совместимости [645–651];
- требования к техническим параметрам сети [652–660];
- требования к техническим параметрам устройств и систем интернета вещей [661–689], их обслуживанию и эксплуатации [690–697];
- требования к безопасности [698–717], экологичности [718];
- требования к управлению данными и обмену информацией [719–732];
- параметры программных систем идентификации [733–745];
- требования к интеллектуальным системам управления, в том числе промышленными объектами [746; 747];
- протоколы технологий интернета вещей на основе технологического решения *oneM2M* для межмашинного взаимодействия [748–753];
- требования к процедурам тестирования сети и сервисов [754–761];
- требования к процессам оценки качества данных и систем [762–764], квалификации специалистов [765] и проч.

Суммарно в разрезе выделенных тематик, прямо связанных с интернетом вещей, в том числе промышленным интернетом, насчитывается 132 стандарта, разработанных Управлением по стандартизации Китая. Как отмечают эксперты, Китай активно включился в формирование международной системы стандартизации в области интернета вещей, что было вызвано трудностями гармонизации национальных стандартов, соответствующих международным, в том числе в части протоколов и совместимости решений, что также сказывалось на рынке интернета вещей в Китае и конкурентоспособности китайских разработчиков и производителей систем интернета вещей [766].

Японский комитет по промышленной стандартизации (JISC) утверждает стандарты, разработанные Японской ассоциацией стандартов (Japanese Standards Association, JSA) в тесном взаимодействии с экспертным сообществом, по множеству тематик. В области интернета вещей принят один стандарт, посвященный вопросам терминологии интернета вещей, основой для которого послужил стандарт совместного технического комитета ИСО и МЭК [767; 768]. В то же время тематику интернета вещей в JISC называют приоритетной для развития интеллектуального производства [769].

Другие рассмотренные национальные организации по стандартизации, в частности, Британский институт стандартов (British Standards Institution, BSI), принимают активное участие в деятельности совместного технического комитета ISO/IEC JTC 1/SC 41 в области интернета вещей и адаптируют разработанные стандарты под специфику государства, однако собственные разработки стандартов не проводят.

Также можно особо выделить деятельность различных консорциумов и объединений в области интернета вещей [2], в частности, Консорциум промышленного интернета вещей (Industry IoT Consortium, IIC), который в 2024 году был интегрирован в Консорциум по цифровым двойникам (Digital Twin Consortium, DTC), также публикует технические документы с рекомендациями по эффективному развертыванию сети или систем интернета вещей [770–773].

Таким образом, основные зарубежные публикации по стандартизации в области интернета вещей, в том числе промышленного интернета, являются совместной разработкой ИСО, МЭК, CEN, а также ETSI и ITU-T, в деятельности которых принимают активное участие национальные организации по стандартизации из разных стран. Среди национальных организаций по стандартизации следует выделить деятельность IEEE, специализирующейся на вопросах электро- и радиотехники, информационных технологиях, в том числе технологиях интернета вещей, и деятельность SAC, активно вовлеченной в процесс формирования стандартизации по тематике интернета вещей, в том числе на международном уровне.

На нормативно-техническое регулирование оказывает влияние расширение нормативно-правового поля в смежных технологиях, в частности, в полупроводниковой промышленности [774–776], облачных технологиях [314] и проч.

Национальный ландшафт представлен деятельностью *Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт)*, в частности, функционирует **технический комитет по стандартизации 194 «Киберфизические системы» (ТК 194)** [777]. Направления работы комитета включают:

- интернет вещей и цифровые двойники;
- «умные» города и «умные» дома;
- «умное» производство;
- «умная» энергетика;
- квантовые технологии;
- большие данные и машинное обучение;
- цифровое сельское хозяйство, цифровая медицина (персональные медицинские помощники) и др.

Технический комитет разрабатывает стандарты в части «умного» производства и цифровых двойников производства, технологий интернета вещей, межмашинного взаимодействия и проч.

В частности, в национальных стандартах раскрыты такие технологии и протоколы, как NB-IoT, LoRaWAN RU, NB-Fi (Narrow Band Fidelity), OpenUNB (Open Ultra-Narrowband), экосистема OpenRAN (Open Radio Access Network), содержащая множество интерфейсов интернета вещей, и другие [778].

Суммарно ТК 194 подготовил более 30 национальных стандартов (включая предварительные национальные стандарты) в области интернета вещей, в том числе промышленного интернета, преимущественно входящих в серию стандартов «Информационные технологии. Интернет вещей». Среди них:

- ГОСТ Р ИСО/МЭК 29161–2019 Информационные технологии. Структура данных. Уникальная идентификация для интернета вещей;
- ГОСТ Р 59487–2021 Слаботочные системы. Кабельные системы. Кабельные системы для распределенных беспроводных сетей в системах автоматизации зданий и интернета вещей. Основные положения;
- ГОСТ Р 58603–2019 Информационные технологии. Интернет вещей. Протокол организации очередей доставки телеметрических сообщений MQTT. Версия 3.1.1;
- ГОСТ Р 70036–2022 Информационные технологии. Интернет вещей. Протокол беспроводной передачи данных на основе узкополосной модуляции радиосигнала (NB-Fi);
- ГОСТ Р 70924–2023 Информационные технологии. Интернет вещей. Типовая архитектура;
- ГОСТ Р 71118–2023 Информационные технологии. Интернет вещей. Совместимость систем интернета вещей. Часть 2. Совместимость на транспортном уровне;
- ГОСТ Р 71168–2023 Информационные технологии. Интернет вещей. Спецификация LoRaWAN RU;
- ГОСТ Р 71777–2024 Информационные технологии. Интернет вещей. Термины и определения;
- ГОСТ Р 71840–2024 Информационные технологии. Интернет вещей. Требования к платформе обмена данными для различных служб интернета вещей. Часть 1. Общие требования;
- ГОСТ Р 59026–2024 Информационные технологии. Интернет вещей. Протокол беспроводной передачи данных NB-IoT. Основные параметры;
- ПНСТ 418–2020 Информационные технологии. Интернет вещей. Структура системы интернета вещей реального времени;
- ПНСТ 419–2020 Информационные технологии. Интернет вещей. Общие положения;
- ПНСТ 433–2020 Информационные технологии. Интернет вещей. Требования к платформе обмена данными для различных служб интернета вещей;
- ПНСТ 644–2022 Информационные технологии. Интернет вещей. Совместимость систем интернета вещей. Часть 1. Структура;
- ПНСТ 794–2022 Информационные технологии. Интернет вещей. Периферийные вычисления;
- ПНСТ 818–2023 Информационные технологии. Интернет вещей. Системы с разделением доменов. Базовые компоненты;

- ПНСТ 819–2023 Информационные технологии. Интернет вещей. Системы с разделением доменов. Термины и определения;
- ПНСТ 820–2023 Информационные технологии. Интернет вещей. Протокол передачи данных для высокочастотных сетей на основе сверхширокополосной модуляции радиосигнала (OpenUNB);
- ПНСТ 877–2023 Информационные технологии. Интернет вещей. Методология обеспечения доверенности;
- ПНСТ 921–2024 Информационные технологии. Интернет вещей. Сети связи интернета вещей. Протокол низкоскоростного обмена данными по спутниковым каналам связи. Часть 1. Обмен данными по абонентским линиям низкоорбитальных систем;
- ПНСТ 930–2024 Информационные технологии. Интернет вещей. Совместимость систем интернета вещей. Часть 3. Семантическая совместимость;
- ПНСТ 976–2024 Информационные технологии. Интернет вещей. Протокол передачи данных для информационного обмена между компонентами системы комплексного учета энергоресурсов МИРТ;
- ПНСТ 996–2024 Информационные технологии. Интернет вещей. Сети связи интернета вещей. Протокол низкоскоростного обмена данными по спутниковым каналам связи. Часть 2. Протокол низкоскоростного обмена данными для систем интернета вещей реального времени на основе протокола LoRaWAN;
- ПНСТ 420–2020 Информационные технологии. Интернет вещей промышленный. Типовая архитектура;
- ПНСТ 642–2022 Информационные технологии. Интернет вещей промышленный. Общие положения;
- ПНСТ 643–2022 Информационные технологии. Интернет вещей промышленный. Термины и определения;
- ПНСТ 831–2023 Квантовый интернет вещей. Общие положения;
- ПНСТ 832–2023 Квантовый интернет вещей. Термины и определения;
- ПНСТ 906–2023 Квантовый интернет вещей. Типовой программно-аппаратный комплекс распределения ключей, выработанных сетью квантового распределения ключей. Архитектура;
- ПНСТ 907–2023 Квантовый интернет вещей. Типовой программно-аппаратный комплекс распределения ключей, выработанных сетью квантового распределения ключей. Интерфейсы подключения.

Часть приведенных стандартов идентична или разработана на основе международных стандартов ИСО и МЭК, другая часть является отечественной разработкой [779].

Следует особо выделить серию предварительных национальных стандартов «Информационные технологии. Интернет вещей промышленный», в рамках которой разработаны: ПНСТ 420–2020, посвященный вопросам типовой архитектуры систем промышленного интернета вещей (срок действия – до 01.01.2024 г.); ПНСТ 642–2022, посвященный общим положениям и принципам в области промышленного интернета вещей и стандартизации по данной тематике (срок действия – до 31.03.2025 г.); ПНСТ 643–2022, посвященный вопросам терминологии в области промышленного интернета вещей и смежных информационных технологий (срок действия – до 31.03.2025 г.).

Согласно определению, закреплённому в ПНСТ 643–2022, **промышленный интернет** – это система объединённых компьютерных сетей и подключённых промышленных (производственных) объектов со встроенными датчиками и программным обеспечением для сбора и обмена данными, с возможностью удалённого контроля и управления в автоматизированном режиме, без участия человека [780].

Для формирования более комплексной картины можно отметить также определение промышленного интернета вещей в соответствии с ГОСТ Р 71842–2024 (IEC/TR 63283–1:2022) «Цифровая промышленность. Умное производство. Часть 1. Термины и определения», согласно которому **промышленный интернет вещей** – это промышленная экосистема, ориентированная на предоставление услуг, основанная на сетевом взаимодействии, совместимости данных и системных взаимодействиях промышленных ресурсов, с возможностью реализации гибкой конфигурации производства материалов, выполнения производственного процесса по требованию, рациональной оптимизации производственного процесса, быстрой адаптации производственной среды, а также для достижения эффективного использования ресурсов [781].

Также можно отметить серию стандартов «Квантовый интернет вещей», состоящую из ПНСТ 831–2023, ПНСТ 832–2023, ПНСТ 906–2023 и ПНСТ 907–2023, в которых закреплены основные термины, положения, архитектура и интерфейсы подключения в области квантового интернета вещей. Квантовый интернет вещей является специальным видом (подмножеством) интернета вещей, сфокусированным на применении квантовых технологий.

ТК 194 также принимает активное участие в международной стандартизации и гармонизации международных стандартов на национальный уровень. В частности, в 2024 году принят первый международный стандарт ИСО/МЭК ТС 30149:2024 «Интернет вещей. Принципы доверия и благонадежности», разработанный ИСО и МЭК при активной экспертной поддержке ТК 194, в области регулирования принципов доверия к системам интернета вещей на уровне надёжности, функциональной и информационной безопасности [782].

Кроме того, можно выделить стандарты в области «умного» производства и в области сенсорных сетей, которые являются смежными технологиями интернета вещей.

Дополнительно следует отметить утверждённый в 2025 году «Перспективный план стандартизации в области передовых производственных технологий на 2025–2030 годы», согласно которому в ближайшие пять лет будет разработано 32 стандарта в области интернета вещей и промышленного интернета (часть национальных стандартов будет разработана на основе предварительных национальных стандартов) [783].

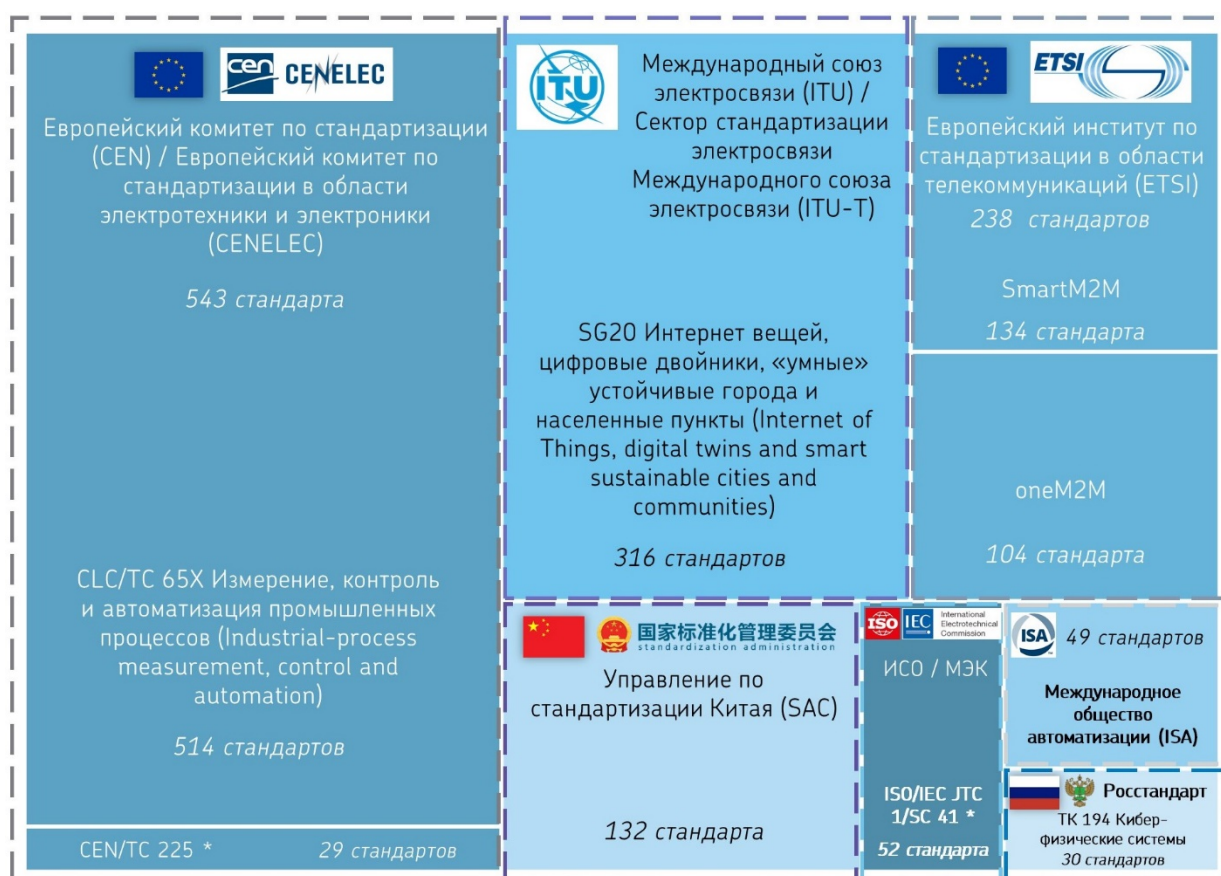
Немаловажно упомянуть разработанные в рамках федерального проекта «Цифровые технологии» дорожные карты сквозных цифровых технологий «Новые производственные технологии», «Робототехника и сенсорика», «Беспроводные технологии связи». Значимой также является деятельность в рамках реализации дорожной карты развития высокотехнологичного направления «Интернет вещей», мероприятия которой были рассчитаны до 2024 года [85; 784; 785].

Таким образом, представленные национальные стандарты в области интернета вещей, в том числе промышленного интернета, демонстрируют национальный нормативно-технический ландшафт, соответствующий уровню развития рынка интернета вещей в стране.

Целенаправленные системные усилия страны в части совершенствования стандартизации по данной тематике формируют уверенные позиции России в укреплении международного нормативно-технического ландшафта и обеспечивают высокий уровень экспертности в развитии технологий интернета вещей на глобальном уровне.

Представим наглядное распределение числа опубликованных стандартов в области интернета вещей в соответствии с организациями по стандартизации, которые формируют нормативно-технический ландшафт по рассматриваемой тематике. На схеме не представлены следующие организации по стандартизации: IEEE по причине отсутствия данных о количестве стандартов; DIN по причине преобладания стандартов, разработанных совместно с ИСО, МЭК и европейскими организациями; JISC по причине наличия 1 стандарта, прямо относящегося к тематике интернета вещей.

Рисунок 37. Международный и национальный нормативно-технический ландшафт по направлению интернета вещей, в том числе промышленного интернета



* Наименования технических комитетов приведены ниже:

Европейский комитет по стандартизации (CEN) / Европейский комитет по стандартизации в области электротехники и электроники (CENELEC)

- CEN/TC 225 Технологии автоматической идентификации и сбора данных (Automatic Identification and Data Capture (AIDC) technologies)

Международная организация по стандартизации (ИСО) / Международная электротехническая комиссия (МЭК)

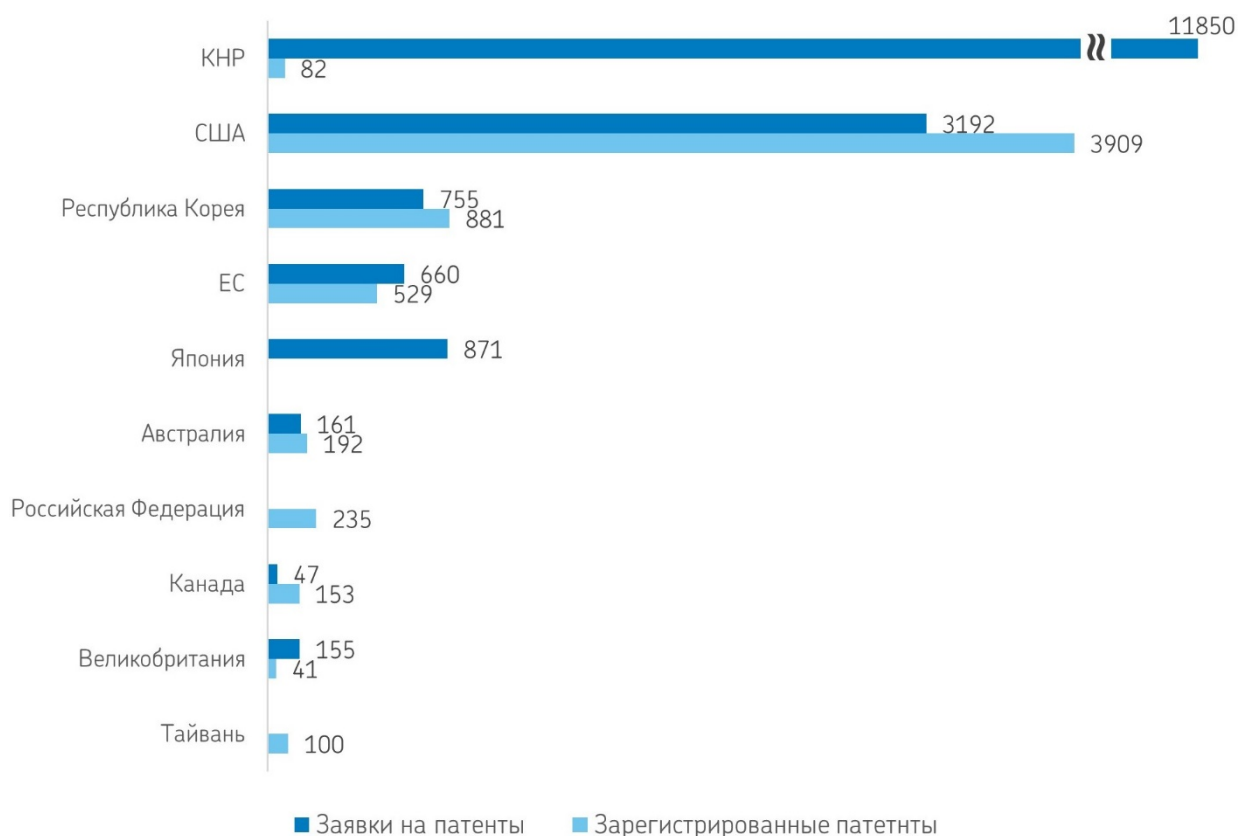
- ISO/IEC JTC 1/SC 41 Интернет вещей и цифровые двойники (Internet of things and digital twin)

Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ, 2025

Таким образом, разработка международных и национальных стандартов, в том числе отраслевого применения, а также активное взаимодействие участников рынка и правительственных органов, реализующих меры поддержки, нормативно-правовое и нормативно-техническое регулирование рынка, не только способствует ускорению развития рынка интернета вещей, но и формирует условия для обеспечения функциональной совместимости решений и развертывания «умных» фабрик [1].

Существенно больший объем патентных заявок по сравнению с выданными патентами свидетельствует о перспективности данного направления и активной разработке новых решений в области интернета вещей и промышленного интернета.

Рисунок 39. Количество действующих патентных документов по странам, 2015–2024 гг., ед.



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ на основе данных платформы The Lens, 2025

Топ-10 стран по количеству действующих патентных документов возглавляет Китай – 11 932 патента, существенную часть которых составляют заявки на выдачу патентов – 11 850 документов. Среди топ-5 стран, где зарегистрировано (выдано) наибольшее количество патентов можно выделить: США (3 909 патентов), Республика Корея (881 патент), ЕС (529 патентов), Российская Федерация (235 патентов) и Австралия (192 патента).

К компаниям, которые активно разрабатывают и патентуют новые решения, можно отнести: Samsung Electronics (140 патентов), IBM (73 патента), FANUC (70 патентов) и другие. Они обладают наибольшим инновационным потенциалом в области интернета вещей. Samsung Electronics является самым крупным патентообладателем, основная часть патентов компании зарегистрирована в США (128 патентов), как и у других крупных игроков рынка. Также патенты зарегистрированы и в других странах, что может говорить о заинтересованности компаний в своем присутствии на рынках других государств, привлекательных для коммерциализации своих технологий.

Таблица 4. Количество патентных документов в области интернета вещей и промышленного интернета, принадлежащих крупным патентообладателям в различных странах, 2015–2024 гг., ед.

Компании	Всего	США	ЕС	Канада	Тайвань	Малайзия	Южная Африка	Мексика	Польша	Великобритания	Австралия	КНР	Португалия	Россия
Samsung Electronics	140	128	11	1										
IBM	73	73												
FANUC	70	59	7		4									
Strong Force lot Portfolio 2016	70 ¹⁴	69	2											
Ericsson	58	37	19	1		1	1							
AT&T Intellectual Property	56	56												
Symbol Technologies	55	35	6	4				1	1	8				
Komatsu	51	26	10								16			
Huawei	49	35	12								1	3	1	1
Intel	49	40	7					2		1				1

Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ на основе данных платформы The Lens, 2025

В ходе анализа зарегистрированных патентов выделено 10 наиболее часто встречающихся областей технологий, к которым относятся патентуемые разработки компаний. Большинство патентов (код H04W4/70 – 898 патента) относятся к решениям, обеспечивающим связь машинного типа (MTC) и между машинами (M2M) для автоматизации, мониторинга и управления производством. К этой области относится существенное количество патентов Samsung Electronics (70 патентов), Ericsson (50 патентов), Huawei (46 патентов). Также разработки компаний патентуются в таких областях, как сетевые устройства и протоколы для поддержания сетевых сервисов и специализированных приложений (например, в транспортных средствах или на производствах для обмена данными между устройствами и др.), чипы, портативные и беспроводные устройства для считывания штрих-кодов и других машиночитаемых символов, решения с применением датчиков для управления производственными процессами с целью снижения воздействия на климат и другие.

¹⁴ Общее количество патентов компании может отличаться от числа патентов, зарегистрированных в разных странах (зачастую оно несколько больше), что связано со способом подсчета патентов. Один и тот же патент компании может быть зарегистрирован в разных странах, вследствие чего каждая национальная регистрация этого патента учитывается отдельно, образуя патентное семейство, тогда как общая статистика может учитывать только факт существования патента, независимо от числа стран, в которых он зарегистрирован.

Рисунок 40. Наиболее часто встречающиеся коды международной патентной классификации в области интернета вещей и промышленного интернета, (зарегистрированные патенты, 2015–2024 гг., ед.)

898 H04W 4/70 Сети беспроводной связи: сервисы для связи машина-с-машиной [M2M] или связи машинного типа [MTC]	439 G06K 19/0723 Носители информации с кристаллами интегральных схем, используемые с вычислительными устройствами, по меньшей мере частично предназначенные для переноса цифровой информации (например, карточки или метки)		324 G06K 7/10366 Способы или устройства для распознавания носителей записи с помощью электромагнитного излучения, например, оптическое считывание; с помощью корпускулярного излучения
	318 Y02P 90/02 Технологии для мониторинга и полного контроля/управления производственными процессами с применением датчиков (например, «умные фабрики»), способствующие снижению воздействия на климат	268 G06N 20/00 Компьютерные устройства, основанные на специфических вычислительных моделях: Машинное обучение	244 G05B 23/0283 Прогностическое обслуживание систем, например, мониторинг и принятие решений по графику тех. обслуживания контролируемой системы на основе его результатов
452 H04L 67/12 Сетевые устройства или протоколы для поддержания сетевых сервисов или приложений, специально приспособленные для собственных или специализированных сетевых сред, например сенсорные сети, сети в транспортных средствах или сети удаленных измерений	269 H04W 4/80 Сети беспроводной связи: сервисы, использующие связь короткого диапазона, например, связь ближней области [NFC], радиочастотная идентификация [RFID] или связь с низким потреблением электроэнергии	244 G06Q 10/087 Информационные и коммуникационные технологии [ICT], специально предназначенные для инвентаризации или управления запасами, например, выполнение заказа, закупка или распределение заказов	187 Y02D 30/70 ИКТ технологии, направленные на снижение собственного энергопотребления в беспроводных сетях связи

Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ на основе данных платформы The Lens, 2025

На основе анализа кодов МПК также было определено, в каких странах из рассмотренных выше, наиболее развиты выделенные технологические области. США и ЕС лидируют по количеству патентов в большинстве представленных областей. Республика Корея демонстрирует относительно высокую активность в области технологий управления производственными процессами, способствующих снижению воздействий на климат (код МПК – Y02P90/02). В других странах количество патентов, относящихся к наиболее часто встречающимся кодам МПК, существенно ниже.

Таблица 5. Распределение патентной активности по наиболее часто встречающимся кодам международной патентной классификации и странам (зарегистрированные патенты, 2015–2024 гг., ед.).

КОД МПК	США	Республика Корея	ЕС	Россия	Австралия	Канада	Тайвань	Великобритания	КНР	Малайзия
H04W4/70	624	67	131	8	5	8	14	14	6	3
H04L67/12	353	40	22	4	5					
G06K19/0723	331	20	31	9	14	7	3		1	2
G06K7/10366	271		12	5	13	6				
H04W4/80	222	12	10	5		6				
G06Q10/087	213		8		6					
G06N20/00	203	34	11		9					
Y02P90/02	176	103	8				6			
G05B23/0283	157		13		9		5			
Y02D30/70	124		17				6	10		

Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ на основе данных платформы The Lens, 2025

Если рассматривать *заявки* на патенты, то можно отметить, что существенная часть заявок относится к наиболее часто встречающимся кодам международной патентной классификации (МПК), указанным на рисунке 40. При этом перечень кодов МПК перераспределяется, увеличивается количество заявок, относящихся к решениям для управления производственными процессами, которые способствуют снижению воздействия на климат (Y02P 90/02 – 874 заявки на патенты, Y02P 70/10 – 644 заявки, Y02P 90/30 – 465 заявок, Y02D 30/70 – 409 заявок)¹⁵.

Наиболее цитируемые патенты разработаны компанией в сфере потребительской электроники (устройства мобильной связи, персональные компьютеры) и профильными компаниями в области интернета вещей (в том числе межмашинное взаимодействие):

- US 9396369 B1 «Electronic tag transmissions corresponding to physical disturbance of tag», Apple Inc (опубликован в 2016 г.) – 502 цитирования. Патент описывает электронную метку, автоматически передающую сигнал о повреждении метки и нарушении целостности объекта [787].
- US 9094407 B1 «Security and rights management in a machine-to-machine messaging system», Octoblu Inc (опубликован в 2015 г.) – 460 цитирований. Патент посвящен описанию методов и систем обеспечения безопасности и управления правами в системе межмашинного обмена сообщениями.

¹⁵ Y02P 70/10 – Улавливание парниковых газов [ПГ], экономия материалов, рекуперация тепла или другие энергоэффективные меры, например, управление двигателем, характеризующиеся производственными процессами, например, прокаткой металла или металлообработкой.

Y02P 90/30 – Вычислительные системы, специально адаптированные для производства, способствующие сокращению парниковых газов

Система позволяет устройствам интернета вещей (даже разных производителей) взаимодействовать, несмотря на отсутствие общих интерфейсов прикладного программирования (API) или протоколов подключения [788].

- US 10649630 B1 Graphical user interfaces for software asset management, Service-now Inc (опубликован в 2020 г.) – 137 цитирований. Патент описывает графический интерфейс пользователя (GUI), оптимизирующий управление программными активами (SAM) для ряда различных приложений в промышленности [789].

Среди патентов, зарегистрированных в 2024 году (наиболее актуальных), можно выделить следующие:

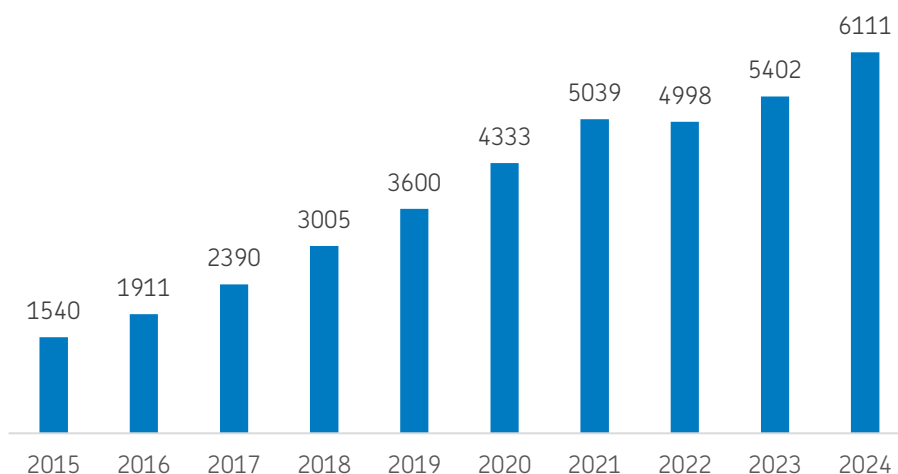
- US 12182603 B2 «Automated analysis and dynamic resource configuration for hard provisioned virtual machines», Dell Products (декабрь 2024 г.) [790]. Патент описывает систему и методы управления предоставлением ресурсов виртуальным машинам путем автоматического анализа потребления ресурсов виртуальной машиной и динамического изменения ее конфигурации в соответствии с реальными потребностями.
- KR 102721562 B1 «Method for Operating an Instrumentation Control System that Supports Scada Programs and Automatically Recovers the Failure of the Field Control Module», Ajin CO LTD (октябрь 2024 г.). Патент описывает систему управления приборами, которая поддерживает программы SCADA и автоматически восстанавливается после сбоя модуля управления [791].
- KR 102714385 B1 «Industrial cyber security test bed», Opclia Corp (октябрь 2024 г.). Патент посвящен испытательному стенду промышленной кибербезопасности, в основе которого контролируемая среда для тестирования и разработки решений для защиты промышленных систем (инфраструктуры) от киберугроз [792].

Анализ патентной активности свидетельствует об актуальности рассматриваемой тематики и заинтересованности компаний в развитии технологий интернета вещей и промышленного интернета, что подтверждается как ростом регистрируемых патентов, так и более существенным ростом патентных заявок. Наиболее интенсивные усилия предпринимаются в Китае, США, Республике Корея, что отчасти связано с расположением производственных мощностей компаний в этих странах, а также с заинтересованностью в своем присутствии на рынках других государств.

Библиометрический анализ был также проведен на основе данных платформы поиска патентной и научной литературы The Lens (lens.org) и аналогичного запроса, но с исключением ряда исследовательских областей: медицина (в т.ч. фармацевтика) и здравоохранение, биология, химия, психология и образование.

За рассматриваемый период (2015–2024 гг.) в области интернета вещей и промышленного интернета было опубликовано 38 329 статей в различных журналах. Наибольшее количество статей опубликовано: в 2023 году – 5 402 и в 2024 году – 6 111 статей.

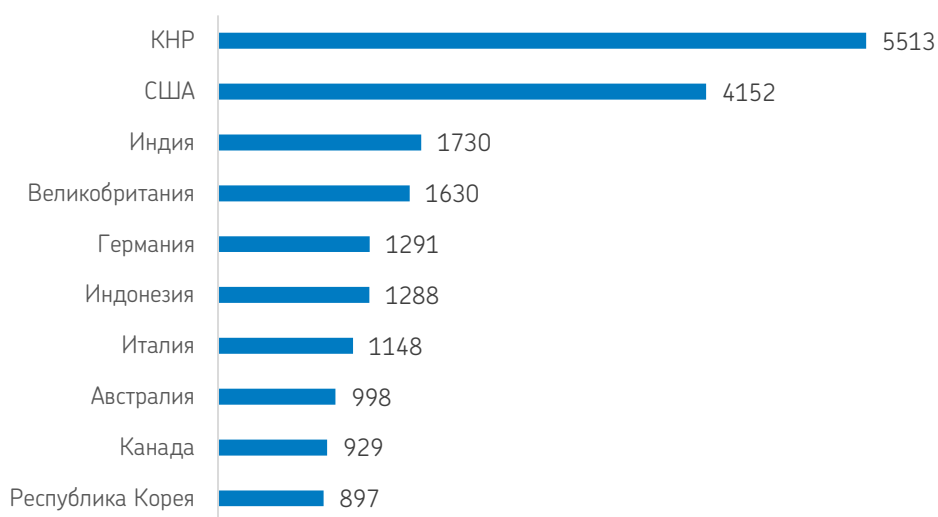
Рисунок 41. Динамика изменения количества научных публикаций в области интернета вещей и промышленного интернета, 2015–2024 гг., ед.



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ на основе данных платформы The Lens, 2025

Среди стран по количеству научных публикаций в области интернета вещей и промышленного интернета за период с 2015 по 2024 год лидирует Китай (5 513 статей), значительно опережая США (4 152 статей). Индия, Великобритания, Германия и Индонезия также занимают значимые позиции в этом рейтинге. Остальные страны, представленные на графике, имеют существенно меньшее количество публикаций.

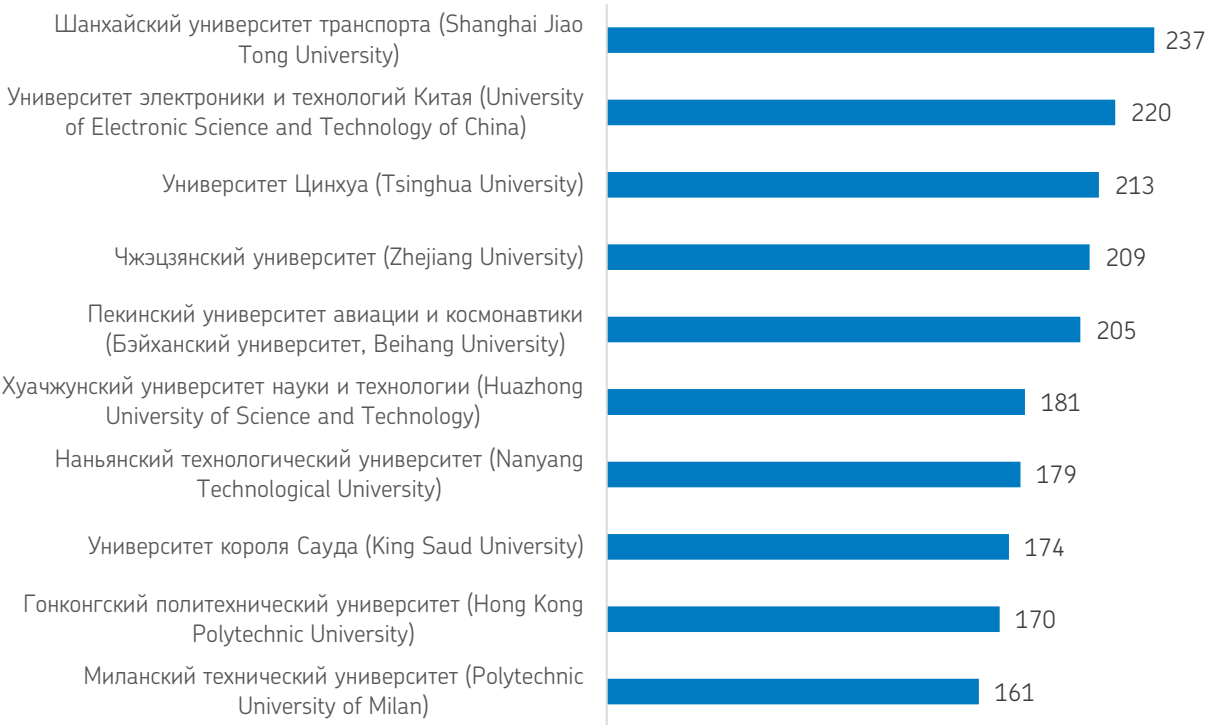
Рисунок 42. Количество научных публикаций в области интернета вещей и промышленного интернета по странам (ТОП-10), 2015–2024 гг., ед.



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ на основе данных платформы The Lens, 2025

В ТОП-10 организаций с наибольшим количеством публикаций, несмотря на преобладающее большинство китайских университетов, входит университет, расположенный в Саудовской Аравии – Университет короля Сауда (King Saud University, 174 статьи) и итальянский университет – Миланский технический университет (161 статья).

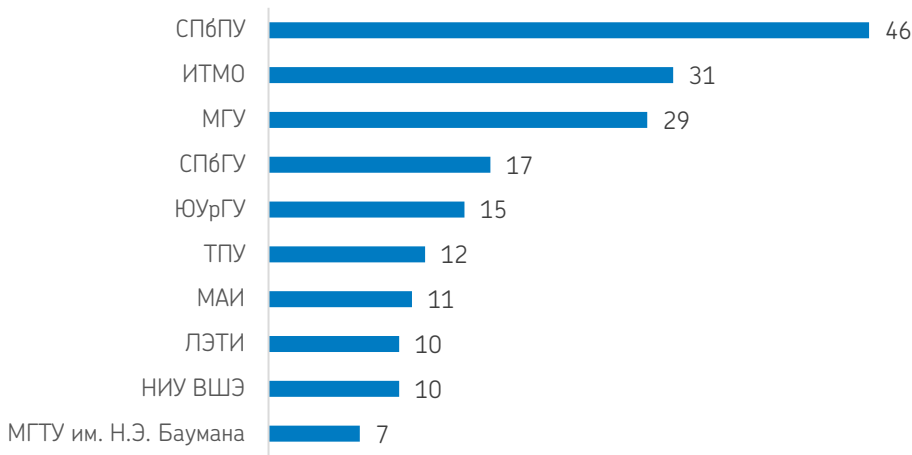
Рисунок 43. Количество научных публикаций в области интернета вещей и промышленного интернета по аффилиации в мире (ТОП-10 организаций), 2015–2024 гг., ед.



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ на основе данных платформы The Lens, 2025

Несмотря на то, что Россия не входит в ТОП-10 стран по публикационной активности в области интернета вещей, все же данная тематика находится в поле научных интересов исследователей, и, за десятилетний период опубликовано 358 статей. Наибольшее количество статей опубликовано СПбПУ (46 статей), ИТМО (31 статья) и МГУ (29 статей).

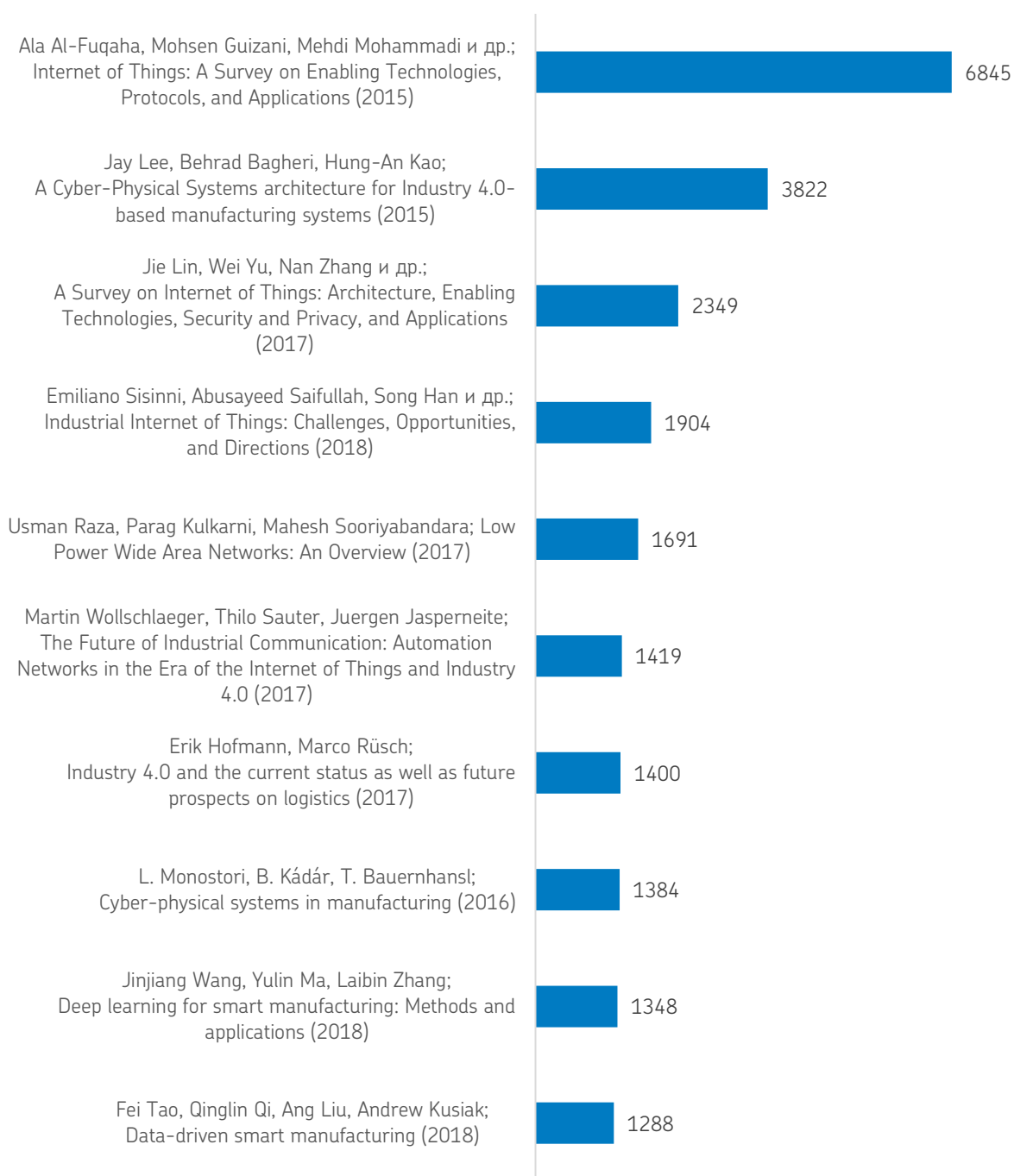
Рисунок 44. Количество научных публикаций в области интернета вещей и промышленного интернета по аффилиации в России (ТОП-10 организаций), 2015–2024 гг., ед.



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ на основе данных платформы The Lens, 2025

В рамках анализа публикаций в области интернета вещей и промышленного интернета были выделены наиболее цитируемые статьи, по большей части это обзоры технологий интернета вещей и промышленного интернета, также представлены статьи, рассматривающие развитие и применение данных технологий в рамках Индустрии 4.0 и «умного» производства и статьи по применению передовых методов анализа данных, включая глубокое обучение, для оптимизации и улучшения производственных процессов.

Рисунок 45. Наиболее цитируемые научные публикации в области интернета вещей и промышленного интернета, 2015–2024 гг., ед.



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ на основе данных платформы The Lens, 2025

В рамках библиометрического и патентного анализа можно отметить значительный рост числа научных публикаций и патентов в сфере интернета вещей и промышленного интернета в Китае и США, где сосредоточены ведущие компании и исследовательские центры в этой области. Также наблюдается высокая степень совпадения (на две трети) между странами-лидерами по количеству публикаций и патентной активности, что свидетельствует о наиболее активном развитии рассматриваемых технологий в этих странах (включая Республику Корея, Австралию, Канаду и Великобританию).

Среди наиболее динамично развивающихся технологических направлений можно выделить решения, обеспечивающие связь между машинами (Machine-to-Machine, M2M) и машинного типа (Machine Type Communication, MTC) для автоматизации, мониторинга и управления производством. Также среди наиболее популярных тематик патентов и статей в области промышленного интернета вещей можно выделить следующие: применение технологий радиочастотной идентификации, системы управления ресурсами, системы предиктивного обслуживания оборудования, системы управления промышленными процессами в определённых отраслях, подходы к созданию и управлению «умной» фабрикой, систем обнаружения несанкционированного проникновения (Intrusion Detection Systems, IDS) для защиты промышленных сетей и устройств интернета вещей от кибератак. Постепенно растёт интерес к технологиям управления производством, которые способствуют сокращению энергопотребления и снижению негативного воздействия на климат.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. План мероприятий («дорожная карта») «Технет 4.0» (передовые производственные технологии) Национальной технологической инициативы. – Инжиниринговый центр «Центр компьютерного инжиниринга» (CompMechLab®) СПбПУ, 2020. – URL: https://assets.fea.ru/uploads/fea/news/2021/06/24/2021_0624_DK_Technet.pdf (дата обращения: 12.08.2025)
2. IoT Signals – Manufacturing Spotlight, 2022. – URL: <https://marketingassets.microsoft.com/gdc/gdcmAYP6m/original> (дата обращения: 08.07.2025)
3. Dark factories, bright future – Capgemini. – URL: <https://www.capgemini.com/insights/expert-perspectives/dark-factories-bright-future/> (дата обращения: 10.07.2025)
4. China's Dark Factory Revolution: The Rise of Fully Automated Manufacturing Without Workers or Lights – Foreign Affairs Forum. – URL: <https://www.faf.ae/home/2025/3/19/chinas-dark-factory-revolution-the-rise-of-fully-automated-manufacturing-without-workers-or-lights> (дата обращения: 10.07.2025)
5. Dark Factories Market Size & Share – Industry Report, 2030. – URL: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/dark-factories-market-report> (дата обращения: 20.08.2025)
6. Что такое темные фабрики и какими будут заводы будущего: интересные факты. – URL: <https://www.techinsider.ru/popmem/1680425-interesnyi-fakt-chto-takoe-temnye-fabriki-i-pochemu-eto-budushchee-proizvodstva/> (дата обращения: 10.07.2025)
7. Dark Factories and Lights-Out Manufacturing: The Future of Production: Business & Management Book Chapter – IGI Global Scientific Publishing. – URL: <https://www.igi-global.com/chapter/dark-factories-and-lights-out-manufacturing/368102> (дата обращения: 10.07.2025)
8. Dark Manufacturing and Its Relationship With IIoT – Technical Articles. – URL: <https://control.com/technical-articles/dark-manufacturing-and-its-relationship-with-iiot/> (дата обращения: 10.07.2025)
9. Темные фабрики – больше, чем укрощение машин. – URL: <https://habr.com/ru/amp/publications/668918/> (дата обращения: 12.07.2025)
10. What Is a Dark Factory? Inside the Factories That Never Sleep. – URL: <https://your-story.com/2025/02/dark-factories-future-automation-manufacturing-trends> (дата обращения: 12.07.2025)
11. Производство 2050: 3D-печать, цифровые двойники и фабрики-призраки. – URL: <https://science.mail.ru/articles/5727-kakim-budet-proizvodstvo-v-2050-godu/> (дата обращения: 12.07.2025)
12. 2025 Technology and Innovation Report Inclusive Artificial Intelligence for Development. – URL: https://unctad.org/system/files/official-document/tir2025_en.pdf (дата обращения: 12.07.2025)
13. Business guide to Industrial IoT (Industrial Internet of Things). – URL: <https://www.i-scoop.eu/internet-of-things-iiot/industrial-internet-things-iiot-saving-costs-innovation/> (дата обращения: 14.07.2025) The Industrial Internet and the Industrial Internet of Things. – URL: <https://www.i-scoop.eu/internet-of-things-iiot/industrial-internet-things-iiot-saving-costs-innovation/industrial-internet/> (дата обращения: 14.07.2025)
14. The Ultimate Industrial Internet of Things (IIoT) Guide. – URL: <https://www.solisplc.com/industrial-internet-of-things-iiot> (дата обращения: 14.07.2025)

15. Ultimate Guide to Industrial IoT Platforms in 2024. – URL: <https://www.toobler.com/blog/guide-to-industrial-iot-platforms> (дата обращения: 14.07.2025)
16. Internet of Things (IoT) Advisory Board (IoTAB) Report, 2024. – URL: https://www.nist.gov/system/files/documents/2024/10/21/The%20IoT%20of%20Things%20Oct%202024%20508%20FINAL_1.pdf (дата обращения: 15.07.2025)
17. Economic Research and Analysis of the National Need for Technology Infrastructure to Support the Internet of Things (IoT), 2025. – URL: <https://nvl-pubs.nist.gov/nistpubs/gcr/2025/NIST.GCR.25-059.pdf> (дата обращения: 15.07.2025)
18. Visualizing your IT and OT environment with PRTG. – URL: <https://blog.paessler.com/visualizing-your-it-and-ot-environment-with-prtg> (дата обращения: 15.07.2025)
19. 4 Ways PRTG helps with monitoring convergent IT and OT. – URL: <https://blog.paessler.com/4-ways-prtg-helps-with-monitoring-convergent-it-and-ot> (дата обращения: 15.07.2025)
20. What Is Industrial IoT (IIoT) – Cisco. – URL: <https://www.cisco.com/site/us/en/learn/topics/industrial-iot/what-is-industrial-iot.html#~role-of-it> (дата обращения: 15.07.2025)
21. Цифровые двойники в высокотехнологичной промышленности: монография / А. И. Боровков, Ю. А. Рябов, Л. А. Щербина, Е. Р. Мартынец, А. А. Корчевская, А. Т. Хуторцова, К. В. Кукушкин, А. А. Гамзикова; ред. А. И. Боровков. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2022. – 492 с. – URL: https://assets.fea.ru/uploads/fea/news/2024/01/29/2023_1129_Монография_ЦД_в_высокотехнологичной_промышленности_Small.pdf (дата обращения: 22.07.2025)
22. What Is IoT (Internet of Things) – Cisco. – URL: <https://www.cisco.com/site/us/en/learn/topics/industrial-iot/what-is-iiot.html#~iiot-future> (дата обращения: 15.07.2025)
23. Перспективы и сценарии развития промышленной робототехники в рамках направления «Технет» НТИ в 2024 году. Экспертно-аналитический доклад: монография / А. И. Боровков, Л. А. Щербина, Е. Р. Мартынец, Ю. А. Рябов, К. В. Кукушкин, А. М. Трапезникова, Л. А. Нездоймышапко; ред. А. И. Боровков. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024. – 122 с. – URL: https://assets.fea.ru/uploads/fea/news/2025/03/11/2025_0310_Robototekhnika_monografiya.pdf (дата обращения: 17.07.2025)
24. Industrial Robotics Market Size, Trends & Forecast 2025-2035. – URL: <https://www.futuremarketinsights.com/reports/industrial-robotics-market> (дата обращения: 20.08.2025)
25. Industrial Robotics Market Size, Share, Report 2025-2033. – URL: <https://www.imarcgroup.com/industrial-robotics-market> (дата обращения: 20.08.2025)
26. Industrial Robotics Market Size to Hit USD 84.36 Billion by 2034. – URL: <https://www.precedenceresearch.com/industrial-robotics-market> (дата обращения: 20.08.2025)
27. Industrial Robotics Market Size, Share – Industry Growth, 2034. – URL: <https://www.gminsights.com/industry-analysis/industrial-robotics-market> (дата обращения: 20.08.2025)
28. Industrial Robotics Market Size, Share – CAGR of 11.5%. – URL: <https://market.us/report/industrial-robotics-market/> (дата обращения: 20.08.2025)
29. Industrial Robotics Market Size, Growth, Trends and Forecast. – URL: <https://www.globalinsightservices.com/reports/industrial-robotics-market/> (дата обращения: 20.08.2025)

30. Industrial Robotics Market Size, Growth, Landscape & Forecast 2033. – URL: <https://www.verifiedmarketreports.com/product/industrial-robotics-market/> (дата обращения: 20.08.2025)
31. Global Industrial Robots Market Size, Share, and Trends Analysis 2032. – URL: <https://www.databridgemarketresearch.com/reports/global-industrial-robots-market> (дата обращения: 20.08.2025)
32. Industrial Robotics Market Size, Share, Growth Report, 2034. – URL: <https://www.zionmarket-research.com/report/industrial-robotics-market> (дата обращения: 20.08.2025)
33. World Robotics 2025 – Presentation. – URL: https://ifr.org/downloads/press_docs/PressConference2025_presentation.pdf (дата обращения: 30.09.2025)
34. Executive Summary – World Robotics 2025 Industrial Robots. – URL: https://ifr.org/img/worldrobotics/Executive_Summary_WR_2025_Industrial_Robots.pdf (дата обращения: 30.09.2025)
35. Минпромторг заявил о росте в 4,5 раза производства промышленной робототехники за 2024 год. – URL: <https://www.interfax.ru/russia/1028313> (дата обращения: 22.08.2025)
36. Алиханов: объем рынка промышленных роботов за 2024 год составил 7,6 млрд рублей. – URL: <https://www.vesti.ru/article/4561610> (дата обращения: 22.08.2025)
37. Росстат – Наука, инновации и технологии. – URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/science> (дата обращения: 25.08.2025)
38. Исследование рынка промышленной робототехники. – URL: <https://assets.kept.ru/upload/pdf/2025/03/ru-industrial-robotics-market-kept-research.pdf> (дата обращения: 22.08.2025)
39. Исследование международного и российского рынка аддитивных технологий в рамках направления "Технет" НТИ в 2023 году. Экспертно-аналитический доклад. – URL: https://assets.fea.ru/uploads/fea/news/2024/12/31/2024_1228_Additivnye_tekhnologii_ITOG_3.pdf (дата обращения: 15.08.2025)
40. Wohlers Report 2025. 3D Printing and Additive Manufacturing. Global State of the Industry. – URL: <https://wohlersassociates.com/product/wr2025/> (дата обращения: 26.08.2025)
41. AMPOWER Report 2025. Additive Manufacturing Report. – URL: <https://additive-manufacturing-report.com/> (дата обращения: 26.08.2025)
42. Additive Manufacturing Market Size, Competitive Dynamics & Forecast 2033. – URL: <https://www.verifiedmarketreports.com/product/additive-manufacturing-market/> (дата обращения: 26.08.2025)
43. Additive Manufacturing Market Size and Forecast, 2025-2032. – URL: <https://www.coherent-marketinsights.com/industry-reports/additive-manufacturing-market> (дата обращения: 26.08.2025)
44. Additive Manufacturing and Material Market Size & Sales 2025 to 2035. – URL: <https://www.futuremarketinsights.com/reports/additive-manufacturing-material-market> (дата обращения: 26.08.2025)
45. Additive Manufacturing Market. – URL: <https://www.precedenceresearch.com/press-release/additive-manufacturing-market> (дата обращения: 26.08.2025)
46. Additive Manufacturing Market – Global Market Size, Share, and Trends Analysis Report – Industry Overview and Forecast to 2032 – Data Bridge Market Research. – URL: <https://www.databridgemarketresearch.com/reports/global-additive-manufacturing-market> (дата обращения: 26.08.2025)

47. Additive Manufacturing Market Size & Growing Trends By 2034. – URL: <https://www.factmr.com/report/additive-manufacturing-market> (дата обращения: 26.08.2025)
48. Additive Manufacturing Market Report 2025 – Research and Markets. – URL: <https://www.researchandmarkets.com/reports/5807051/additive-manufacturing-market-report> (дата обращения: 26.08.2025)
49. Additive Manufacturing Market Overview 2024–2030. – URL: <https://www.nextmsc.com/report/additive-manufacturing-market> (дата обращения: 26.08.2025)
50. Клуб Аддитивных Технологий. – URL: <https://www.k-at.ru/> (дата обращения: 28.08.2025)
51. Перспективы развития аддитивного производства в 2025 году. – URL: <https://aatd.ru/news/tendentsii-razvitiya-additivnogo-proizvodstva-v-2025-godu/> (дата обращения: 28.08.2025)
52. Industrial IoT Market Size, Share & Industry Forecast 2035. – URL: <https://www.researchnester.com/reports/industrial-internet-of-things-market/2145> (дата обращения: 01.08.2025)
53. Industrial Internet Of Things (IIoT) Market Size, Share & Industry Forecast 2032. – URL: <https://www.skyquestt.com/report/industrial-internet-of-things-iiot-market> (дата обращения: 01.08.2025)
54. Industrial Internet of Things Market Growth Forecast, Global Industry Outlook to 2032. – URL: <https://www.intellectualmarketinsights.com/report/industrial-internet-of-things-market-size-and-share-analysis/imi-007960> (дата обращения: 01.08.2025)
55. Industrial Internet Of Things (IIoT) Market CAGR of 13.6%. – URL: <https://market.us/report/industrial-internet-of-things-market/> (дата обращения: 01.08.2025)
56. Industrial IoT Market Size, Growth, Share & Analysis, 2033. – URL: <https://www.marketdataforecast.com/market-reports/industrial-iiot-market> (дата обращения: 01.08.2025)
57. Industrial Internet of Things (IIoT) Platform Market – Global Market – Industry Trends and Forecast to 2030 – Data Bridge Market Research. – URL: <https://www.databridgemarketresearch.com/reports/global-industrial-iiot-platform-market> (дата обращения: 01.08.2025)
58. Industrial Internet of Things Market – Global Industry Analysis. – URL: <https://www.maximizemarketresearch.com/market-report/global-industrial-iiot-market/11373/> (дата обращения: 01.08.2025)
59. Industrial Internet Of Things Market Size, Growth, Trends and Forecast. – URL: <https://www.globalinsightservices.com/reports/industrial-internet-of-things-market/> (дата обращения: 01.08.2025)
60. Global Industrial IoT Market Size, Share & Trends Report by 2033. – URL: <https://stratisticsresearch.com/report/industrial-iiot-market> (дата обращения: 01.08.2025)
61. Industrial IoT Market Size, Share & Industry Report, 2024–2029. – URL: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/industrial-internet-of-things-market-129733727.html> (дата обращения: 01.08.2025)
62. Industrial IoT Market Size to Hit USD 2146.07 Billion by 2034. – URL: <https://www.precedenceresearch.com/industrial-iiot-market> (дата обращения: 01.08.2025)
63. Industrial Internet of Things Market Latest Published Report 2025–2034. – URL: <https://www.insightaceanalytic.com/report/industrial-internet-of-things-market/2370> (дата обращения: 01.08.2025)

64. Industrial Internet of Things Market – Global Forecast 2025-2030. – URL: <https://www.researchandmarkets.com/reports/5470794/industrial-internet-of-things-market-by> (дата обращения: 01.08.2025)
65. Industrial IoT Market Size, Share, Trends, & Growth 2024. – URL: <https://www.meticulousresearch.com/product/industrial-iiot-market-5102> (дата обращения: 01.08.2025)
66. Industrial IoT (IIoT): Global Markets – Research and Markets. – URL: <https://www.researchandmarkets.com/reports/5954852/industrial-iiot-global-markets> (дата обращения: 01.08.2025)
67. Industrial IoT Market Outlook, 2029 – Research and Markets. – URL: <https://www.researchandmarkets.com/reports/5990884/industrial-iiot-market-outlook#rela2-5954852> (дата обращения: 01.08.2025)
68. Industrial IoT – Worldwide Statista Market Forecast. – URL: <https://www.statista.com/outlook/tmo/internet-of-things/industrial-iiot/worldwide?currency=USD> (дата обращения: 01.08.2025)
69. Industrial internet of things market. – URL: <https://cognizancemarketresearch.com/report/industrial-internet-of-things-market/> (дата обращения: 01.08.2025)
70. What is IIoT? The Industrial Internet of Things. – URL: <https://www.cyngn.com/blog/what-is-iiot-the-industrial-internet-of-things> (дата обращения: 03.08.2025)
71. IoT connected devices by vertical 2034 Statista. – URL: <https://www.statista.com/statistics/1194682/iiot-connected-devices-vertically/> (дата обращения: 03.08.2025)
72. IoT connected devices by region 2034 Statista. – URL: <https://www.statista.com/statistics/1194677/iiot-connected-devices-regionally/> (дата обращения: 03.08.2025)
73. Импортозамещение IIoT: как российские компании развивают решения для интернета вещей. – URL: <https://www.kommersant.ru/doc/7365074> (дата обращения: 03.08.2025)
74. Industrial IoT Market & Use Cases Statistics for 2025. – URL: <https://www.itransition.com/iiot/industrial> (дата обращения: 05.08.2025)
75. Рынок промышленного интернета вещей в России начал расти. – URL: <https://www.kommersant.ru/doc/6455358> (дата обращения: 05.08.2025)
76. Подсчитан объем рынка интернета вещей в РФ. – URL: <https://rspectr.com/infographics/eksperty-podschitali-obem-rynka-interneta-veshhej-v-rf> (дата обращения: 05.08.2025)
77. 172 млрд рублей составит объем российского рынка Интернета вещей по итогам 2024 года. – URL: <https://ru-bezh.ru/kompanii-i-ryinki/news/24/11/23/172-mlrd-rublej-sostavit-obem-rossiyskogo-rynka-interneta-veshch> (дата обращения: 05.08.2025)
78. Аналитики Росатома оценили рынок интернета вещей в России. – URL: <https://lenta.ru/news/2024/04/18/otsenili/> (дата обращения: 05.08.2025)
79. Рынок IIoT-платформ. – URL: <https://ict.moscow/analytics/rynok-iiot-platform/?amp&&> (дата обращения: 05.08.2025)
80. Итоги Экспертной встречи по рынку Интернета вещей. – URL: <https://onside.ru/tpost/iahx0tzv71-itogi-ekspertnoi-vstrechi-po-rynku-inter> (дата обращения: 05.08.2025)
81. Исследование T1: электроэнергетика, розница и металлургия – лидеры в области цифровизации. – URL: <https://t1.ru/media/news/issledovanie-t1-elektroenergetika-roznitsa-i-metallurgiya-lidery-v-oblasti-tsifrovizatsii> (дата обращения: 05.08.2025)

82. Industrial Sensors Market – Global Industry Analysis and Forecast. – URL: <https://www.maximizemarketresearch.com/market-report/global-industrial-sensors-market/34465/> (дата обращения: 06.08.2025)
83. AMPOWER Evaluating the 3D Printing Market Size. – URL: <https://additive-manufacturing-report.com/general/3d-printing-market-size/> (дата обращения: 26.08.2025)
84. Интернет вещей 2024. Развитие технологий и оценка возможностей перехода на отечественные решения, АНО "Цифровая экономика". – URL: https://ai.gov.ru/knowledgebase/tehnologii-i-produkty-ii/2024_internet-veschey-razvitie-tehnologiy-i-ocenka-vozmoghnostey-perehoda-na-otечественные-resheniya-ano-cifrovaya-ekonomika/ (дата обращения: 06.08.2025)
85. Industrial IoT Trends in Manufacturing 2025 – Prophecy IOT. – URL: <https://prophecyiot.com/industrial-iot-trends-in-manufacturing-2025/> (дата обращения: 06.08.2025)
86. State of IoT: 10 emerging IoT trends driving market growth. – URL: <https://iot-analytics.com/state-of-iot-10-emerging-iot-trends-driving-market-growth/> (дата обращения: 06.08.2025)
87. We reveal the top trends in the Industrial IoT sector in 2024. – URL: <https://circutor.com/en/news/industrial-iot-trends-2024/> (дата обращения: 06.08.2025)
88. Тренды развития промышленного интернета вещей. – URL: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/66dac9389a79473cfa3eaa5a> (дата обращения: 06.08.2025)
89. Top Industrial IoT (IIoT) Trends for Manufacturing in 2025. – URL: <https://www.rtin-sights.com/top-industrial-iot-iiot-trends-for-manufacturing-in-2025/> (дата обращения: 06.08.2025)
90. IoT in Manufacturing: 6 Industrial IoT Trends in 2025. – URL: <https://mobidev.biz/blog/industrial-iot-internet-of-things-trends> (дата обращения: 06.08.2025)
91. IoT and Cloud Computing. – URL: <https://www.geeksforgeeks.org/iot-and-cloud-computing/> (дата обращения: 06.08.2025)
92. Инвестиции в интернет вещей и ИИ – International Wealth. – URL: <https://www.internationalwealth.info/offshore-investments-abroad/investicii-v-internet-veshhej-i-ii/> (дата обращения: 07.08.2025)
93. In-depth Analysis of IoT Trends in 2025: Top 7 Trends You Should Know. – URL: <https://www.minew.com/iot-trends/> (дата обращения: 07.08.2025)
94. AIoT Platforms Market Size, Share – Global Trends & Forecast [2032]. – URL: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/aiot-platform-market-4544896.html> (дата обращения: 07.08.2025)
95. IoT in Manufacturing: How it Revolutionizes the Industrial Landscape. – URL: <https://lemborg-solutions.com/blog/iot-manufacturing-how-it-revolutionizes-industrial-landscape> (дата обращения: 07.08.2025)
96. Тренды и сценарии развития рынка авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов, в 2023 году. Экспертно-аналитический доклад : монография / А. И. Боровков, Е. Р. Мартынец, Л. А. Щербина, Н. И. Прытков, А. А. Корчевская, А. Т. Хуторцова, Ю. А. Рябов, К. В. Кукушкин; ред. А. И. Боровков. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2023. – 204 с. – URL: https://assets.fea.ru/uploads/fea/news/2024/01/29/2023_1229_ЭАД.pdf (дата обращения: 07.08.2025)

- 21.01.2025)
97. Digitization in Research and Development. – URL: <https://modernpumpingtoday.com/the-lab-of-the-future/> (дата обращения: 07.08.2025)
 98. 7 главных факторов развития отечественного IIoT-рынка с примерами. – URL: <https://bigdataschool.ru/blog/russian-iiot-drivers.html> (дата обращения: 08.08.2025)
 99. 2025 Manufacturing Industry Outlook. – URL: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/manufacturing/manufacturing-industry-outlook.html> (дата обращения: 08.08.2025)
 100. Why industrial manufacturing needs IoT. – URL: <https://iot.telenor.com/iot-insights/how-iot-helps-in-manufacturing/> (дата обращения: 08.08.2025)
 101. Рынок платформ IoT в РФ. – URL: <https://admin.iotas.ru/assets/9ea7e330-7041-4d83-83f3-d5cc07b073c0.pdf> (дата обращения: 08.08.2025)
 102. IoT in Manufacturing: Applications and Benefits of Smart Factories. – URL: <https://www.digi.com/blog/post/iot-in-manufacturing> (дата обращения: 08.08.2025)
 103. From blue ocean to red lake: What happened to the 620+ IoT platforms, and what is ahead. – URL: <https://iot-analytics.com/what-happened-to-iot-platforms-whats-next/> (дата обращения: 18.09.2025)
 104. Интернет вещей, IoT (рынок России). – URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Интернет_вещей%2C_IoT_%28рынок_России%29 (дата обращения: 08.08.2025)
 105. Satellite IoT competitive landscape: 5 notable insights. – URL: <https://iot-analytics.com/satellite-iot-competitive-landscape/> (дата обращения: 09.08.2025)
 106. Интернет вещей в России: перспективные бизнес-модели и вызовы времени. – URL: <https://www.comnews.ru/content/231620/2024-02-19/2024-w08/1013/internet-veschey-rossii-perspektivnye-biznes-modeli-i-vyzovy-vremeni> (дата обращения: 09.08.2025)
 107. Эксперты: Российские предприятия обречены перейти на решения "интернета вещей" в ближайшие годы. – URL: <https://rg.ru/2023/07/13/eksperty-rossijskie-predpriiatiia-obrecheny-perejti-na-resheniia-interneta-veshchey-v-blizhajshie-gody.html> (дата обращения: 09.08.2025)
 108. 2024 World IoT Ranking List Top 500 Release-World Internet of Things Convention (WIOTC). – URL: <http://www.wiotc.org/en/news/399.html> (дата обращения: 08.09.2025)
 109. 2023 World IoT Ranking List Top 500 Released-World Internet of Things Convention (WIOTC). – URL: <http://wiotc.org/en/news/344.html> (дата обращения: 08.09.2025)
 110. IIoT Edge Devices. – URL: <https://www.br-automation.com/ru/produkcija/industrial-iiot/iiot-edge-devices/> (дата обращения: 08.09.2025)
 111. ABB Machine Automation. – URL: <https://new.abb.com/about/our-businesses/robotics-and-discrete-automation/machine-automation> (дата обращения: 08.08.2025)
 112. Industrial IoT solutions. – URL: <https://www.br-automation.com/ru/tehnologija/iiot/> (дата обращения: 08.09.2025)
 113. IIoT Services. – URL: <https://www.br-automation.com/ru/produkcija/industrial-iiot/iiot-services/> (дата обращения: 08.09.2025)
 114. ABB Genix™ Industrial IoT and AI Suite. – URL: <https://new.abb.com/process-automation/genix> (дата обращения: 08.09.2025)

115. ABB Genix – Unlock Digital Transformation. – URL: <https://new.abb.com/process-automation/genix/unlock-digital-transformation> (дата обращения: 08.09.2025)
116. ABB Genix™ Industrial IoT and AI Platform Suite architecture. – URL: <https://new.abb.com/process-automation/genix/genix-architecture> (дата обращения: 08.09.2025)
117. ABB leads in emissions monitoring with industry-first data acquisition system proficiency test. – URL: <https://new.abb.com/news/detail/121865/abb-leads-in-emissions-monitoring-with-industry-first-data-acquisition-system-proficiency-test> (дата обращения: 08.09.2025)
118. AI upgrade to ABB energy management system optimizes industrial energy efficiency. – URL: <https://new.abb.com/news/detail/116444/ai-upgrade-to-abb-energy-management-system-optimizes-industrial-energy-efficiency> (дата обращения: 08.09.2025)
119. ABB introduces UviTec™ optical water analyzers for critical measurement in real time. – URL: <https://new.abb.com/news/detail/120045/abb-introduces-uvitec-optical-water-analyzers-for-critical-measurement-in-real-time> (дата обращения: 08.09.2025)
120. ABB launches ABB Ability™ Field Information Manager 3.0 to help future-proof industrial operations. – URL: <https://new.abb.com/news/detail/110434/abb-launches-abb-ability-field-information-manager-30-to-help-future-proof-industrial-operations> (дата обращения: 08.09.2025)
121. Service for instrumentation, analytical and force measurement equipment. – URL: <https://new.abb.com/products/measurement-products/service> (дата обращения: 08.09.2025)
122. ABB Control Room Solutions. – URL: <https://new.abb.com/control-rooms> (дата обращения: 08.09.2025)
123. ABB introduces new high performance pressure transmitter portfolio at CIIE. – URL: <https://new.abb.com/news/detail/120968/abb-introduces-new-high-performance-pressure-transmitter-portfolio-at-ciie> (дата обращения: 08.09.2025)
124. Södra Cell repeats order for ABB advanced process control after success in multiple mills. – URL: <https://new.abb.com/news/detail/124517/sodra-cell-repeats-order-for-abb-advanced-process-control-after-success-in-multiple-mills> (дата обращения: 08.09.2025)
125. ABB Distributed Control Systems (DCS). – URL: <https://new.abb.com/control-systems> (дата обращения: 08.09.2025)
126. PLC Automation. – URL: <https://www.abb.com/global/en/areas/motion/plc> (дата обращения: 08.09.2025)
127. Optimize energy production and use. – URL: <https://global.abb/group/en/digitalization-ai/energy-production> (дата обращения: 08.09.2025)
128. Cisco Software. – URL: <https://www.cisco.com/site/us/en/products/software/index.html?filters=%2Fmarketing-portfolio%2Fproducts%2Fnetworking&search=&sort=a-z&filterby=&showMore=> (дата обращения: 10.09.2025)
129. Smart manufacturing for the modern age. – URL: <https://www.cisco.com/site/us/en/solutions/industries/manufacturing/industrial-iot/index.html> (дата обращения: 10.09.2025)
130. Build an Intelligent Network for Your Smart Factory. – URL: https://www.cisco.com/c/m/en_us/solutions/internet-of-things/intelligent_network_smart_factory.html (дата обращения: 10.09.2025)

131. How Cisco IoT is Shaping the Internet of Things: Future of Networking. – URL: <https://www.koenig-solutions.com/blog/cisco-iot> (дата обращения: 10.09.2025)
132. Cisco products. – URL: <https://www.cisco.com/site/us/en/products/index.html> (дата обращения: 10.09.2025)
133. Solutions – Cisco Industrial IoT Solutions Brochure – Cisco. – URL: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/industries/industrial-iot-solutions-for-industries.html#Smartmanufacturing> (дата обращения: 10.09.2025)
134. Cisco and Splunk Announce Integrated Full-Stack Observability Experience for the Enterprise. – URL: <https://newsroom.cisco.com/c/r/newsroom/en/us/a/y2024/m06/cisco-and-splunk-launch-integrated-full-stack-observability-experience-for-the-enterprise.html> (дата обращения: 10.09.2025)
135. IoT Control Center – Cisco. – URL: <https://www.cisco.com/site/us/en/products/networking/software/iot-control-center/index.html> (дата обращения: 10.09.2025)
136. Solutions – Cisco IoT Control Center Anomaly Detection Solution Overview – Cisco. – URL: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/nb-06-iot-anomaly-detect-so-cte-en.html> (дата обращения: 10.09.2025)
137. Cisco Networking for Service Providers – Cisco. – URL: <https://www.cisco.com/site/us/en/solutions/service-provider/index.html> (дата обращения: 15.09.2025)
138. Mobility Services Platform – Unlock 5G and IoT Revenue Streams – Cisco. – URL: <https://www.cisco.com/site/us/en/solutions/service-provider/networking/mobility-services-platform/index.html> (дата обращения: 10.09.2025)
139. Audi sets the pace for a next-level smart factory. – URL: <https://newsroom.cisco.com/c/r/newsroom/en/us/a/y2025/m03/audi-sets-the-pace-for-a-next-level-smart-factory.html> (дата обращения: 10.09.2025)
140. Cisco Professional Services – Cisco. – URL: <https://www.cisco.com/c/en/us/services/collateral/se/energy-opt-manage-service-aag.html> (дата обращения: 10.09.2025)
141. Cisco and HTX sign MOU to Pilot 5G and AI Technologies to Enhance Homeland Security. – URL: <https://newsroom.cisco.com/c/r/newsroom/en/us/a/y2024/m07/cisco-and-htx-sign-mou-to-pilot-5g-and-ai-technologies-to-enhance-homeland-security.html> (дата обращения: 10.09.2025)
142. Products – Cisco IoT as a Service Solution Overview – Cisco. – URL: <https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/iot-mobility-services/iot-mobility-network-services-so.html> (дата обращения: 10.09.2025)
143. Industrial IoT Networking – Cisco. – URL: <https://www.cisco.com/site/us/en/products/networking/industrial-iot/index.html> (дата обращения: 10.09.2025)
144. Cisco Industrial IoT Portfolio. – URL: <https://www.cisco.com/c/dam/en/us/solutions/collateral/internet-of-things/industrial-iot-portfolio-brochure.pdf> (дата обращения: 10.09.2025)
145. Cisco Redefines Data Center Architecture with New Smart Switches, Embedding Services Directly into the Network. – URL: <https://newsroom.cisco.com/c/r/newsroom/en/us/a/y2025/m02/cisco-redefines-data-center-architecture-with-new-smart-switches.html> (дата обращения: 10.09.2025)

146. How Sensor Health Monitoring Helps You Gain Confidence in Your Data and Alerts. – URL: <https://www.gevernova.com/software/blog/how-sensor-health-monitoring-helps-you-gain-confidence-your-data-alerts> (дата обращения: 11.09.2025)
147. Industrial Software – Proficy GE Vernova. – URL: <https://www.gevernova.com/software/products/proficy> (дата обращения: 11.09.2025)
148. Predictive Maintenance Software – SmartSignal GE Vernova. – URL: <https://www.gevernova.com/software/products/asset-performance-management/equipment-downtime-predictive-analytics> (дата обращения: 11.09.2025)
149. Enterprise Asset Performance Management – GE Vernova. – URL: <https://www.gevernova.com/software/resources/brochure/enterprise-asset-performance-management> (дата обращения: 11.09.2025)
150. Electrification & Digital Decarbonization Software – GE Vernova. – URL: <https://www.gevernova.com/software/> (дата обращения: 11.09.2025)
151. GridOS Data Fabric Brief – GE Vernova eBook. – URL: <https://www.gevernova.com/software/resources/ebook/gridos-fabric-data-brief> (дата обращения: 11.09.2025)
152. Communications – GE Grid Solutions. – URL: <https://www.gevernova.com/grid-solutions/automation/critical-infrastructure-communications> (дата обращения: 11.09.2025)
153. Honeywell – Manufacturing for the future. – URL: <https://www.honeywell.com/us/en/industries/manufacturing> (дата обращения: 12.09.2025)
154. Detection, Measurement & Control Solutions Honeywell. – URL: <https://automation.honeywell.com/us/en/software/detection-measurement-and-control> (дата обращения: 12.09.2025)
155. Honeywell Experion® PKS R530 Brings Automation To The Forefront Of Industrial Process Control. – URL: <https://www.honeywell.com/us/en/press/2024/02/honeywell-experion-pks-r530-brings-automation-to-the-forefront-of-industrial-process> (дата обращения: 12.09.2025)
156. Honeywell Introduces Batch Historian To Digitalize Manufacturing Operations. – URL: <https://www.honeywell.com/us/en/press/2024/06/honeywell-introduces-batch-historian-to-digitalize-manufacturing-operations> (дата обращения: 12.09.2025)
157. Honeywell Productivity Solutions Software. – URL: <https://automation.honeywell.com/us/en/software/productivity-solutions> (дата обращения: 12.09.2025)
158. Honeywell Forge Production Intelligence. – URL: <https://process.honeywell.com/us/en/products/industrial-software/operational-excellence/honeywell-forge-production-intelligence> (дата обращения: 12.09.2025)
159. Honeywell Warehouse Automation. – URL: <https://automation.honeywell.com/us/en/software/warehouse-automation> (дата обращения: 12.09.2025)
160. Honeywell To Provide Automation And Safety Controls For First Fully Integrated Rare Earths Refinery In Australia. – URL: <https://www.honeywell.com/us/en/press/2025/04/honeywell-to-provide-automation-and-safety-controls> (дата обращения: 12.09.2025)
161. Honeywell Forge. – URL: <https://www.honeywell.com/us/en/solutions/honeywell-forge> (дата обращения: 12.09.2025)
162. Honeywell Unveils Innovative AI Assistant. – URL: <https://www.honeywell.com/us/en/press/2025/02/honeywell-unveils-innovative-ai-assistant> (дата обращения: 12.09.2025)

163. Honeywell Introduces Warehouse Execution Software on the Cloud. – URL: <https://www.honeywell.com/us/en/press/2025/03/honeywell-introduces-warehouse-execution-software-on-the-cloud> (дата обращения: 12.09.2025)
164. Detection, Measurement & Control Services Honeywell. – URL: <https://automation.honeywell.com/us/en/services/detection-measurement-control> (дата обращения: 12.09.2025)
165. Honeywell Process Services. – URL: <https://process.honeywell.com/us/en/navigation/services> (дата обращения: 12.09.2025)
166. Lifecycle Support Services Honeywell. – URL: <https://automation.honeywell.com/us/en/services/warehouse-automation> (дата обращения: 12.09.2025)
167. Honeywell Sensing Solutions. – URL: <https://automation.honeywell.com/us/en/products/sensing-solutions> (дата обращения: 12.09.2025)
168. Honeywell Products. – URL: <https://www.honeywell.com/us/en/industries/products#sensing-and-safety-technologies> (дата обращения: 12.09.2025)
169. Honeywell Brings Greater Safety To The Global Hydrogen Economy With New Leak Detection Sensor. – URL: <https://www.honeywell.com/us/en/press/2025/05/honeywell-brings-greater-safety-to-the-global-hydrogen-economy> (дата обращения: 12.09.2025)
170. Honeywell Develops Innovative, Lightweight Sensor Technology For The Lilium Jet. – URL: <https://www.honeywell.com/us/en/press/2024/04/honeywell-develops-innovative-light-weight-sensor-technology-for-the-lilium-jet> (дата обращения: 12.09.2025)
171. Striding Towards the Intelligent World White Paper 2024-Data Storage – Huawei Enterprise. – URL: <https://e.huawei.com/en/material/enterprise/6640341e8b5f4b60ab2e58fbb70c0a2> (дата обращения: 15.09.2025)
172. Huawei's David Wang: Advancing 5.5G and Shaping the Mobile AI Era – Huawei. – URL: <https://www.huawei.com/en/news/2024/6/mwcs-wt-mobile-ai-era> (дата обращения: 15.09.2025)
173. 5G-Advanced and AI Combine Their Strengths to Take Mobile AI to New Heights – Huawei. – URL: <https://www.huawei.com/en/news/2025/3/mwc-mobile-ai> (дата обращения: 15.09.2025)
174. China Unicom Beijing and Huawei Announce World's First Large-Scale Integrated 5G-Advanced Intelligent Network – Huawei. – URL: <https://www.huawei.com/en/news/2024/11/5ga-5gcapital> (дата обращения: 15.09.2025)
175. 5G-Advanced Unleashes Mobile AI Potential with Quality Connections – Huawei. – URL: <https://www.huawei.com/en/news/2025/3/mwc-5ga-industry-summit> (дата обращения: 15.09.2025)
176. Huawei Announces Plan to Bring AI to Networks to Elevate Network Productivity – Huawei. – URL: <https://www.huawei.com/en/news/2024/6/mwcs-intelligenttran-5g-a-ai-networks> (дата обращения: 15.09.2025)
177. Huawei Unveils the AI WAN Solution, Accelerating Transition to the Net5.5G Intelligent Network Era – Huawei. – URL: <https://www.huawei.com/en/news/2025/3/mwc-ip-intelligent-network> (дата обращения: 15.09.2025)
178. Huawei Launches AI-Centric 5.5G Solutions to Ignite the Mobile AI Era – Huawei. – URL: <https://www.huawei.com/en/news/2025/3/ai-centric-mobile> (дата обращения: 15.09.2025)

179. Huawei Launches 5G-AA Solutions for the Mobile AI Era – Huawei. – URL: <https://www.huawei.com/en/news/2024/10/mbbf-5gaa-solution-product> (дата обращения: 15.09.2025)
180. Huawei's Yang Chaobin: 5.5G Unleashes the Potential of Mobile AI – Huawei. – URL: <https://www.huawei.com/en/news/2024/10/mbbf-5ga-potential-mobile-ai> (дата обращения: 15.09.2025)
181. Huawei Presents Two Key Tech Innovation Directions to Lead Intelligent Transformation – Huawei. – URL: <https://www.huawei.com/en/news/2024/11/mbbf-mobile-ai-network> (дата обращения: 15.09.2025)
182. Fixed Network – Huawei. – URL: <https://carrier.huawei.com/en/products/fixed-network> (дата обращения: 15.09.2025)
183. Network Energy – Huawei. – URL: <https://carrier.huawei.com/en/products/digital-power> (дата обращения: 15.09.2025)
184. Huawei Proposes to Build an AI-centric F5.5G All-Optical Network to Help Carriers Achieve New Growth – Huawei. – URL: <https://www.huawei.com/en/news/2024/10/ubbf-f5g-a-all-optical> (дата обращения: 15.09.2025)
185. iMaster NCE – Huawei Enterprise. – URL: <https://e.huawei.com/en/products/network-analysis> (дата обращения: 15.09.2025)
186. 5G Services – Huawei. – URL: <https://carrier.huawei.com/en/products/service-and-software/5G-Services> (дата обращения: 15.09.2025)
187. OceanStor Data Storage – Huawei Enterprise. – URL: <https://e.huawei.com/en/products/storage> (дата обращения: 15.09.2025)
188. Huawei Enterprise Networking – Huawei Enterprise. – URL: <https://e.huawei.com/en/solutions/enterprise-network> (дата обращения: 15.09.2025)
189. Intelligent OptiX Network – Huawei Enterprise. – URL: <https://e.huawei.com/en/solutions/enterprise-optical-network> (дата обращения: 15.09.2025)
190. Industry Wireless – Huawei Enterprise. – URL: <https://e.huawei.com/en/solutions/enterprise-wireless/industry-wireless> (дата обращения: 15.09.2025)
191. Edge Computing. – URL: <https://www.intel.com/content/www/us/en/internet-of-things/overview.html> (дата обращения: 15.09.2025)
192. Using AI for Quality Control During Production is a Cost-Saver. – URL: <https://newsroom.intel.com/artificial-intelligence/ai-quality-control-during-production-cost-saver> (дата обращения: 15.09.2025)
193. Intel Announces New Edge Platform for Scaling AI Applications. – URL: <https://newsroom.intel.com/5g-wireless/mwc-2024-edge-platform-scaling-ai> (дата обращения: 15.09.2025)
194. Intel® Edge Controls for Industrial. – URL: <https://www.intel.com/content/www/us/en/developer/topic-technology/edge-5g/edge-solutions/controls-for-industrial.html> (дата обращения: 15.09.2025)
195. Ecosystem Achieves Power Efficiency Breakthrough on Xeon 6 with E-Cores. – URL: <https://newsroom.intel.com/data-center/ecosystem-achieves-power-efficiency-breakthrough-xeon-6-e-cores> (дата обращения: 15.09.2025)

196. Intel® Products – Edge Processors. – URL: <https://www.intel.com/content/www/us/en/products/details/embedded-processors.html> (дата обращения: 15.09.2025)
197. Edge-to-Cloud Network Connectivity. – URL: <https://www.intel.com/content/www/us/en/products/details/network-io.html> (дата обращения: 15.09.2025)
198. Intel Unveils High-Performance, Power-Efficient Ethernet Solutions. – URL: <https://newsroom.intel.com/data-center/intel-unveils-high-performance-power-efficient-ethernet-solutions> (дата обращения: 15.09.2025)
199. Intel® Products. – URL: <https://www.intel.com/content/www/us/en/products/overview.html> (дата обращения: 15.09.2025)
200. Intel® Wireless Products. – URL: <https://www.intel.com/content/www/us/en/products/details/wireless.html> (дата обращения: 15.09.2025)
201. Intel® Industrial Automation. – URL: <https://www.intel.com/content/www/us/en/developer/topic-technology/edge-5g/industrial-automation.html> (дата обращения: 15.09.2025)
202. Что такое Azure? Microsoft Azure. – URL: <https://azure.microsoft.com/ru-ru/resources/cloud-computing-dictionary/what-is-azure/> (дата обращения: 16.09.2025)
203. Операции Интернета вещей Azure – унифицированное решение Интернета вещей. – URL: <https://azure.microsoft.com/ru-ru/products/iot-operations> (дата обращения: 16.09.2025)
204. Продукты и службы Azure IoT – Microsoft Azure. – URL: <https://azure.microsoft.com/ru-ru/products/category/iot> (дата обращения: 16.09.2025)
205. Интернет вещей Azure – платформа для Интернета вещей. – URL: <https://azure.microsoft.com/ru-ru/solutions/iot/> (дата обращения: 16.09.2025)
206. Microsoft Cloud for Sustainability. – URL: <https://azure.microsoft.com/ru-ru/solutions/sustainability-iot/> (дата обращения: 16.09.2025)
207. Manufacturing for tomorrow: Microsoft announces new industrial AI innovations from the cloud to the factory floor – The Official Microsoft Blog. – URL: <https://blogs.microsoft.com/blog/2024/04/17/manufacturing-for-tomorrow-microsoft-announces-new-industrial-ai-innovations-from-the-cloud-to-the-factory-floor/> (дата обращения: 16.09.2025)
208. Azure IoT's industrial transformation strategy on display – Microsoft Azure Blog. – URL: <https://azure.microsoft.com/en-us/blog/azure-iots-industrial-transformation-strategy-on-display-at-hannover-messe-2024/> (дата обращения: 16.09.2025)
209. Powering the next AI frontier with Microsoft Fabric and the Azure data portfolio – Microsoft Azure Blog. – URL: <https://azure.microsoft.com/en-us/blog/powering-the-next-ai-frontier-with-microsoft-fabric-and-the-azure-data-portfolio/> (дата обращения: 16.09.2025)
210. Data Analytics Platform – Microsoft Fabric. – URL: <https://www.microsoft.com/en-us/microsoft-fabric> (дата обращения: 16.09.2025)
211. IoT Edge – Cloud Intelligence – Microsoft Azure. – URL: <https://azure.microsoft.com/ru-ru/products/iot-edge/> (дата обращения: 16.09.2025)
212. Microsoft Defender для Интернета вещей – Microsoft Security. – URL: <https://www.microsoft.com/ru-ru/security/business/endpoint-security/microsoft-defender-iot> (дата обращения: 16.09.2025)

213. Azure Stream Analytics – Microsoft Azure. – URL: <https://azure.microsoft.com/ru-ru/products/stream-analytics/> (дата обращения: 16.09.2025)
214. Introducing Drasi: Microsoft's new change data processing system – Microsoft Azure Blog. – URL: <https://azure.microsoft.com/en-us/blog/drasi-microsofts-newest-open-source-project-simplifies-change-detection-and-reaction-in-complex-systems/> (дата обращения: 16.09.2025)
215. Azure IoT Central – разработка решений для Интернета вещей – Microsoft Azure. – URL: <https://azure.microsoft.com/ru-ru/products/iot-central/> (дата обращения: 16.09.2025)
216. Центр Интернета вещей – Microsoft Azure. – URL: <https://azure.microsoft.com/ru-ru/products/iot-hub/> (дата обращения: 16.09.2025)
217. Azure Sphere – платформа для обеспечения безопасности устройств Интернета вещей – Microsoft Azure. – URL: <https://azure.microsoft.com/ru-ru/products/azure-sphere/> (дата обращения: 16.09.2025)
218. Windows для Интернета вещей – интеллектуальные границы Интернета вещей – Microsoft Azure. – URL: <https://azure.microsoft.com/ru-ru/products/windows-iot/> (дата обращения: 16.09.2025)
219. Функции Azure – бессерверные функции в вычислениях – Microsoft Azure. – URL: <https://azure.microsoft.com/ru-ru/products/functions/> (дата обращения: 16.09.2025)
220. Digital Twins – Моделирование и симуляция – Microsoft Azure. – URL: <https://azure.microsoft.com/ru-ru/products/digital-twins/> (дата обращения: 16.09.2025)
221. Azure Cosmos DB – Microsoft Azure. – URL: <https://azure.microsoft.com/ru-ru/products/cosmos-db/> (дата обращения: 16.09.2025)
222. Машинное обучение Azure – ML как услуга – Microsoft Azure. – URL: <https://azure.microsoft.com/ru-ru/products/machine-learning/> (дата обращения: 16.09.2025)
223. Bosch Manufacturing Solutions. – URL: <https://www.boschmanufacturingsolutions.com/> (дата обращения: 18.07.2025)
224. Enhance your manufacturing processes with AI-powered Anomaly Detection. – URL: <https://www.bosch-connected-industry.com/de/en/portfolio/nexeed-industrial-application-system/shopfloor-management/anomaly-detection> (дата обращения: 18.07.2025)
225. AIoT-led Digital Transformation. – URL: <https://www.bosch-softwaretechnologies.com/en/services/engineering-services/aiot-led-transformation/> (дата обращения: 18.07.2025)
226. The next stages of digitalization: Connectivity and artificial intelligence. – URL: <https://www.bosch.com/research/research-fields/digitalization-and-connectivity/> (дата обращения: 18.07.2025)
227. Bosch IoT Suite: your gate to the world of IoT. – URL: <https://bosch-iot-suite.com/> (дата обращения: 18.07.2025)
228. Bosch Creates New Company, Bosch.IO, to Pool the Group's IoT and Digital Expertise. – URL: <https://www.arcweb.com/blog/bosch-creates-new-company-bosch-io-pool-groups-iot-digital-expertise> (дата обращения: 18.07.2025)
229. Bosch IoT data management & analytics. – URL: <https://bosch-iot-suite.com/iot-data-management-analytics/> (дата обращения: 18.07.2025)

230. Bosch IoT Insights: your end-to-end service solution for IoT data management. – URL: <https://bosch-iot-suite.com/service/insights/> (дата обращения: 18.07.2025)
231. Bosch IoT device management. – URL: <https://bosch-iot-suite.com/iot-device-management/> (дата обращения: 18.07.2025)
232. Bosch IoT Edge Agent. – URL: <https://bosch-iot-suite.com/service/bosch-iot-edge-agent/> (дата обращения: 18.07.2025)
233. Bosch IoT Edge Services. – URL: <https://bosch-iot-suite.com/service/bosch-iot-edge-services/> (дата обращения: 18.07.2025)
234. Bosch IoT Remote Manager. – URL: <https://bosch-iot-suite.com/service/remote-manager/> (дата обращения: 18.07.2025)
235. Bosch IoT Rollouts. – URL: <https://bosch-iot-suite.com/service/rollouts/> (дата обращения: 18.07.2025)
236. Digital & Intelligent Solutions. – URL: <https://www.boschmanufacturingsolutions.com/portfolio/digital-and-intelligent-solutions/> (дата обращения: 18.07.2025)
237. Каталог Bosch Rexroth. – URL: <https://boschrexroth-rus.ru/catalog/> (дата обращения: 18.07.2025)
238. Smart Manufacturing – Rockwell Automation. – URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/capabilities/smart-manufacturing.html> (дата обращения: 19.07.2025)
239. Product Offerings – Rockwell Automation. – URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/products.html> (дата обращения: 19.07.2025)
240. Industrial Analytics – Rockwell Automation. – URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/capabilities/industrial-analytics.html> (дата обращения: 19.07.2025)
241. Industrial Automation & Control Systems – Rockwell Automation. – URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/capabilities/industrial-automation-control.html> (дата обращения: 19.07.2025)
242. Network & Cybersecurity Automation – Rockwell Automation. – URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/capabilities/industrial-cybersecurity/products-services/network-security.html> (дата обращения: 19.07.2025)
243. Operational Historian Software – FactoryTalk. – URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/software/factorytalk/operationsuite/historian.html> (дата обращения: 19.07.2025)
244. FactoryTalk Analytics VisionAI. – URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/software/factorytalk/analytics-visionai.html> (дата обращения: 19.07.2025)
245. FactoryTalk Metrics. – URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/software/factorytalk/operationsuite/metrics.html> (дата обращения: 19.07.2025)
246. FactoryTalk Optix. – URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/software/factorytalk/optix.html> (дата обращения: 19.07.2025)
247. Plex Asset Performance Management. – URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/software/factorytalk/operationsuite/mes/plex-asset-performance-management.html> (дата обращения: 19.07.2025)
248. FactoryTalk Analytics. – URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/software/factorytalk/innovationsuite/analytics.html> (дата обращения: 19.07.2025)

249. InnovationSuite Analytics & IIOT Software – FactoryTalk. – URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/software/factorytalk/innovationsuite.html> (дата обращения: 19.07.2025)
250. ThingWorx IIOT Platform – FactoryTalk. – URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/software/factorytalk/innovationsuite/thingWorx-iiot-platform.html> (дата обращения: 19.07.2025)
251. Automation Maintenance Services – Rockwell Automation. – URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/capabilities/industrial-maintenance-support.html> (дата обращения: 19.07.2025)
252. Digital Transformation Strategy Consulting – Rockwell Automation. – URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/capabilities/consulting-integration-services/digital-transformation-strategy-consulting.html> (дата обращения: 19.07.2025)
253. LifecycleIQ Services – Rockwell Automation. – URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/capabilities/lifecycle-services.html> (дата обращения: 19.07.2025)
254. Condition Monitoring – Rockwell Automation. – URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/hardware/condition-monitoring.html#tabid-tabs-f02f0bf1c1-item-5a7bfa92bd-tab> (дата обращения: 19.07.2025)
255. Industrial Smart Devices for Smarter Machines – Rockwell Automation. – URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/capabilities/smart-manufacturing/smart-devices.html> (дата обращения: 19.07.2025)
256. Programmable Controllers – Rockwell Automation. – URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/hardware/programmable-controllers.html> (дата обращения: 19.07.2025)
257. Connection Devices – Rockwell Automation. – URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/hardware/connection-devices.html> (дата обращения: 19.07.2025)
258. Sensors and Switches – Rockwell Automation. – URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/hardware/sensors-and-switches.html> (дата обращения: 19.07.2025)
259. Embedded Edge Compute Module – Rockwell Automation. – URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/hardware/programmable-controllers/embedded-edge-compute.html> (дата обращения: 19.07.2025)
260. Smart Sensors – Rockwell Automation. – URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/capabilities/smart-manufacturing/smart-devices/smart-sensors.html> (дата обращения: 19.07.2025)
261. Smart Motor Control – Rockwell Automation. – URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/capabilities/smart-manufacturing/smart-devices/smart-motor-control.html> (дата обращения: 19.07.2025)
262. Smart devices. Real time data. Predictive insights – Rockwell Automation. – URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/capabilities/industrial-automation-control/intelligent-motor-control.html> (дата обращения: 19.07.2025)
263. Smart Devices with IO-Link Technology – Rockwell Automation. – URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/hardware/network-security-and-infrastructure/io-link-technology.html> (дата обращения: 19.07.2025)

264. Industrial Network Solutions – Rockwell Automation. – URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/capabilities/industrial-networks.html> (дата обращения: 19.07.2025)
265. Micro Control Systems – Rockwell Automation. – URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/capabilities/industrial-automation-control/micro-control.html> (дата обращения: 19.07.2025)
266. About Schneider Electric. – URL: <https://www.se.com/ww/en/about-us/> (дата обращения: 08.08.2025)
267. Industrial automation solutions – Schneider Electric. – URL: <https://www.se.com/ww/en/work/solutions/industrial-automation-solutions/> (дата обращения: 08.08.2025)
268. Better customer experience for Shoalhaven Water. – URL: https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Customer+success+story&p_File_Name=Shoalhaven+Water_CS.pdf&p_Doc_Ref=998-21152444 (дата обращения: 08.08.2025)
269. Schneider Electric launches EcoStruxure™ Plant Lean Management boosting productivity and digitalization in manufacturing. – URL: <https://www.se.com/ww/en/about-us/news-room/news/press-releases/schneider-electric-launches-ecostruxure%E2%84%A2-plant-lean-management-boosting-productivity-and-digitalization-in-manufacturing-65d35c161c14c4c58e0a8d93> (дата обращения: 08.08.2025)
270. EcoStruxure™ : IoT-enabled architecture and platform. – URL: <https://www.se.com/ww/en/work/campaign/innovation/overview/> (дата обращения: 08.08.2025)
271. Next-generation machines with EcoStruxure. – URL: <https://www.se.com/ww/en/work/solutions/machine-builder/> (дата обращения: 08.08.2025)
272. EcoStruxure Platform. – URL: <https://www.se.com/ww/en/work/campaign/innovation/platform/> (дата обращения: 08.08.2025)
273. Schneider Electric Services – Spare parts management. – URL: <https://www.se.com/ww/en/work/services/spare-parts-management/> (дата обращения: 08.08.2025)
274. Next-generation services – Schneider Electric. – URL: <https://www.se.com/ww/en/work/services/> (дата обращения: 08.08.2025)
275. Maintenance services – Schneider Electric. – URL: <https://www.se.com/ww/en/work/services/maintenance-services/> (дата обращения: 08.08.2025)
276. Industrial Digital Transformation Services. – URL: <https://www.se.com/ww/en/work/services/consulting/industrial-digital-transformation/> (дата обращения: 08.08.2025)
277. Empowering business with industrial automation services. – URL: <https://www.se.com/ww/en/work/services/field-services/industrial-automation/> (дата обращения: 08.08.2025)
278. Industrial Information Hub – Siemens Global. – URL: <https://www.siemens.com/global/en/products/software/simatic-apps/industrial-information-hub.html> (дата обращения: 10.08.2025)
279. Travelling through time with the Digital Twin – Siemens. – URL: <https://www.siemens.com/global/en/company/stories/industry/2025/digital-twin-digital-enterprise-time-travel.html> (дата обращения: 10.08.2025)

280. Anomaly Detection – Siemens Global. – URL: <https://www.siemens.com/global/en/products/software/simatic-apps/anomaly-detection.html> (дата обращения: 10.08.2025)
281. SIMATIC SCADA Systems. – URL: <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/industry-software/automation-software/scada.html> (дата обращения: 10.08.2025)
282. Automation Software – Siemens Global. – URL: <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/industry-software/automation-software.html> (дата обращения: 10.08.2025)
283. Apps for production machines and plants – Siemens Global. – URL: <https://www.siemens.com/global/en/products/software/simatic-apps.html> (дата обращения: 10.08.2025)
284. Industrial IoT – Siemens. – URL: <https://www.dex.siemens.com/?selected=industrial-iot> (дата обращения: 10.08.2025)
285. Insights Hub Industry Solutions – Siemens. – URL: https://www.dex.siemens.com/industrial-iot/insights-hub-industry-solutions?cclcl=en_US (дата обращения: 10.08.2025)
286. Industrial Edge Marketplace – Siemens. – URL: <https://www.dex.siemens.com/?selected=edge> (дата обращения: 10.08.2025)
287. Build your solution – Siemens. – URL: https://www.dex.siemens.com/edge/build-your-solution?cclcl=en_US (дата обращения: 10.08.2025)
288. Bosch IoT Suite: Exploiting the Potential of Smart Connected Products / S. Jung, S. Ferber, I. Cramer, W. Bronner, F. Wortmann // Connected Business. Springer, Cham. – 2021. – P. 267-282. – URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-76897-3_15 (дата обращения: 16.09.2025)
289. IIoT Platform – iROOTECH. – URL: <https://en.rootcloud.com/solutions-products/platform.html> (дата обращения: 15.08.2025)
290. Chongqing Humi(CMM) Network Technology Co., Ltd. – URL: <https://en.zonsen.cn/proDetail/30.html> (дата обращения: 15.08.2025)
291. Advantech Industry-Focused Solutions. – URL: <https://www.advantech.com/en-eu> (дата обращения: 15.08.2025)
292. ZTE Corporation. – URL: <https://www.zte.com.cn/global/index.html> (дата обращения: 15.08.2025)
293. Samsara open platform. – URL: <https://www.samsara.com/products/platform> (дата обращения: 15.08.2025)
294. Industrial and Automotive – Broadcom. – URL: <https://www.broadcom.com/solutions/industry/industrial-automotive> (дата обращения: 15.08.2025)
295. Manage assets your way – Asset Panda. – URL: <https://www.assetpanda.com/our-technology/> (дата обращения: 15.08.2025)
296. What we do – Klika Tech. – URL: <https://klika-tech.com/what-we-do/#iot-application> (дата обращения: 15.08.2025)
297. IoT Platform as a Service – IoT Platform Provider – IoT Cloud Platform – /IOTCONNECT™. – URL: <https://www.iotconnect.io/> (дата обращения: 15.08.2025)
298. What Is Industrial Internet of Things (IIoT) – PTC. – URL: <https://www.ptc.com/en/technologies/iiot> (дата обращения: 15.08.2025)
299. Industrial and Embedded Internet of Things – Qualcomm. – URL: <https://www.qualcomm.com/products/internet-of-things> (дата обращения: 15.08.2025)

300. Internet of Things – Atos. – URL: <https://atos.net/en/services/digital-applications/internet-of-things> (дата обращения: 15.08.2025)
301. Hitachi Digital Services. – URL: <https://www.hitachids.com/service/iot-services/> (дата обращения: 25.08.2025)
302. Cloud and network services – Nokia. – URL: <https://www.nokia.com/cloud-and-network-services/> (дата обращения: 15.08.2025)
303. China and the Industrial Internet of Things, 2023. – URL: <https://leidenasiacentre.nl/wp-content/uploads/2023/06/23-6-6-China-and-IIOT-John-Lee.pdf> (дата обращения: 25.08.2025)
304. World of IoT. – URL: <https://www.iot-now.com/world-of-iot-industrial/> (дата обращения: 25.08.2025)
305. Internet of Things Market Report 2025: Key Data & Innovation Insights. – URL: <https://www.startus-insights.com/innovators-guide/internet-of-things-market-report/> (дата обращения: 25.08.2025)
306. IoT Startup Landscape 2024: 7 notable insights. – URL: <https://iot-analytics.com/iot-startup-landscape/> (дата обращения: 25.08.2025)
307. Варианты поддержки Microsoft Azure. – URL: <https://azure.microsoft.com/ru-ru/support/> (дата обращения: 27.08.2025)
308. Support – Rockwell Automation. – URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/support.html> (дата обращения: 27.08.2025)
309. Technical Support Services – GE Vernova. – URL: <https://www.gevernova.com/software/technical-support> (дата обращения: 27.08.2025)
310. Software Training & Certifications – GE Vernova. – URL: <https://www.gevernova.com/software/education-services> (дата обращения: 27.08.2025)
311. Learning and Certification Service – Huawei Enterprise. – URL: <https://e.huawei.com/en/solutions/services/learning-and-certification> (дата обращения: 27.08.2025)
312. Cloud Services Business Model Transition. – URL: <https://www.cisco.com/c/dam/en/us/td/docs/services/Cloud-Services-Business-Model-Transition.pdf> (дата обращения: 27.08.2025)
313. Перспективы и сценарии развития цифровых платформ в рамках направления «Технет» НТИ в 2024 году. Экспертно-аналитический доклад / А. И. Боровков, Е. Р. Мартынец, Л. А. Нездоймышапко, Л. А. Щербина, Ю. А. Рябов, К. В. Кукушкин, А. Т. Хуторцова; ред. А. И. Боровков. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024. – 164 с. – URL: https://assets.fea.ru/uploads/fea/news/2025/03/11/2025_0310_Cifrovye%20platformy_monografiya.pdf (дата обращения: 17.07.2025)
314. Remote Tech Support – Rockwell Automation. – URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/capabilities/industrial-maintenance-support/product-application-support/remote-support.html> (дата обращения: 27.08.2025)
315. Rockwell Automation makes shift to 'as-a-service' model – CIO. – URL: <https://www.cio.com/article/653070/rockwell-automation-makes-shift-to-as-a-service-model.html> (дата обращения: 27.08.2025)

316. «Сименс» берет курс на всестороннее устойчивое развитие – Журнал Стратегия. – URL: <https://strategyjournal.ru/partners-news/simens-beret-kurs-na-vsestoronnee-ustojchivoe-razvitie/> (дата обращения: 27.08.2025)
317. Partnership and Alliances – Bosch. – URL: <https://www.bosch-softwaretechnologies.com/en/our-company/about-us/partnership-and-alliances/> (дата обращения: 27.08.2025)
318. Microsoft for Startups. – URL: <https://www.microsoft.com/en-us/startups/> (дата обращения: 27.08.2025)
319. The Business Model and Revenue Streams of Cisco Explained. – URL: <https://www.untaylor.com/post/the-business-model-and-revenue-streams-of-cisco-explained> (дата обращения: 27.08.2025)
320. Innovation at the Edge – corporate innovation program. – URL: <https://www.se.com/ww/en/about-us/innovation/> (дата обращения: 27.08.2025)
321. Bosch IoT Lab – A Cooperation of ETH Zürich, University of St. Gallen and Bosch. – URL: <https://www.iot-lab.ch/> (дата обращения: 27.08.2025)
322. Ten Years of Bosch IoT Lab: Our Think Tank for Digital Business Models. – URL: <https://www.bosch.com/research/news/ten-years-of-bosch-iot-lab/> (дата обращения: 27.08.2025)
323. Microsoft celebrates suppliers' bold ambitions empowering communities. – URL: <https://news.microsoft.com/source/2024/03/01/microsoft-celebrates-suppliers-bold-ambitions-empowering-communities-2/> (дата обращения: 27.08.2025)
324. Cisco Enhances Partner Program to Drive Partner Differentiation and Profitability. – URL: <https://newsroom.cisco.com/c/r/newsroom/en/us/a/y2023/m11/cisco-enhances-partner-program-to-drive-partner-differentiation-and-profitability.html> (дата обращения: 27.08.2025)
325. Cisco Unveils New Cisco 360 Partner Program to Accelerate Value and Innovation, Launching in 2026. – URL: <https://newsroom.cisco.com/c/r/newsroom/en/us/a/y2024/m10/cisco-unveils-new-cisco-360-partner-program-to-accelerate-value-and-innovation-launching-in-2026.html> (дата обращения: 27.08.2025)
326. General Electric (GE) Business Model Canvas – Strategyfy. – URL: <https://strategyfy.co/business-models/business-model-canvas/general-electric-business-model-canvas/> (дата обращения: 27.08.2025)
327. Масюк Н. Н., Чжэн Ф. Технологические инновации в бизнес-модели компании Huawei // Азимут научных исследований: экономика и управление. – 2020. – Т. 9. – Вып. 3 (32). – С. 260-264. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologicheskie-innovatsii-v-biznes-modeli-kompanii-huawei/viewer> (дата обращения: 17.09.2025)
328. Bosch – IOT GARAGE. – URL: <https://www.bosch-softwaretechnologies.com/en/services/engineering-services/iot-garage/> (дата обращения: 18.07.2025)
329. Our Business model – The ABB Way. – URL: <https://abbway.abb.com/the-abb-way/our-business-model> (дата обращения: 18.07.2025)

330. Microsoft Business Model Canvas 2024. – URL: <https://corpainsight.com/microsoft-business-model-canvas/> (дата обращения: 18.07.2025)
331. Rockwell Automation Achieves Industry Benchmark with IEC 62443-4-2 Cybersecurity Certs for VFDs. – URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/company/news/press-releases/cybersecurity-certs-VFDs.html> (дата обращения: 18.07.2025)
332. Rockwell Automation Supports Relief Efforts for California Fires. – URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/company/news/press-releases/Rockwell-Automation-Supports-Relief-Efforts-for-California-Fires.html> (дата обращения: 18.07.2025)
333. Rockwell Automation Supports Relief Efforts for Hurricane Helene. – URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/company/news/press-releases/Rockwell-Automation-Supports-Relief-Efforts-for-Hurricane-Helene.html> (дата обращения: 18.07.2025)
334. Schneider Electric has contributed to restoring Notre Dame Cathedral in Paris. – URL: <https://www.se.com/ww/en/about-us/newsroom/news/press-releases/schneider-electric-has-contributed-to-restoring-notre-dame-cathedral-in-paris-675aa2ec25064461440be903> (дата обращения: 18.07.2025)
335. Cisco Capital Finance and Flexible Payment Solutions – Cisco. – URL: <https://www.cisco.com/site/us/en/buy/payment-solutions/index.html> (дата обращения: 18.07.2025)
336. Обзор бесплатных служб Microsoft Azure. – URL: <https://azure.microsoft.com/ru-ru/pricing/free-services/> (дата обращения: 18.07.2025)
337. Free Plans – Developer Bosch IoT Suite. – URL: <https://bosch-iot-suite.com/free-plans/> (дата обращения: 18.07.2025)
338. How Does Microsoft Make Money: Business Model Explained – KAMIL FRANEK Business Analytics. – URL: <https://www.kamilfranek.com/how-microsoft-makes-money-business-model-explained/> (дата обращения: 18.07.2025)
339. Industry-Academia Collaboration for World-Class Achievements – Huawei. – URL: <https://www.huawei.com/en/news/2023/12/world-class-achievements> (дата обращения: 18.07.2025)
340. Honeywell Becomes First Manufacturer Of Gas Detection Solutions To Join The ‘Made In Saudi’ Program. – URL: <https://www.honeywell.com/us/en/press/2024/02/honeywell-becomes-first-manufacturer-of-gas-detection-solutions-to-join-the-made-in-saudi-program> (дата обращения: 18.07.2025)
341. Sales and Partners – Rockwell Automation. – URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/sales.html> (дата обращения: 18.07.2025)
342. Юлдашева О. У., Бекузарова З. В., Чжан С. Стратегии построения деловых экосистем компаний Apple и Huawei: кейс-стади // Корпоративное управление и инновационное развитие экономики Севера: Вестник Научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета. – 2023. – Т. 3. – Вып. 2. – С. 204-231. – URL: <https://vestnik-ku.ru/images/2023/2/2023-2-9.pdf> (дата обращения: 17.09.2025)

343. Siemens completed the acquisition of ebm-papst's industrial drive technology business. – URL: <https://press.siemens.com/global/en/pressrelease/siemens-completed-acquisition-ebm-papsts-industrial-drive-technology-business> (дата обращения: 20.08.2025)
344. ABB acquires Sevensense, expanding leadership in next-generation AI-enabled mobile robotics. – URL: <https://new.abb.com/news/detail/111398/abb-acquires-sevensense-expanding-leadership-in-next-generation-ai-enabled-mobile-robotics> (дата обращения: 20.08.2025)
345. ABB acquires R&D engineering company to further advance AI and software-driven automation. – URL: <https://new.abb.com/news/detail/111640/abb-acquires-rd-engineering-company-to-further-advance-ai-and-software-driven-automation> (дата обращения: 20.08.2025)
346. ABB to acquire Sensorfact expanding its digital energy management offering. – URL: <https://new.abb.com/news/detail/122814/abb-to-acquire-sensorfact-expanding-its-digital-energy-management-offering> (дата обращения: 20.08.2025)
347. ABB acquires innovative optical sensor company to expand smart water management offering. – URL: <https://new.abb.com/news/detail/111308/abb-acquires-innovative-optical-sensor-company-to-expand-smart-water-management-offering> (дата обращения: 20.08.2025)
348. ABB invests in strategic partnership with GridBeyond. – URL: <https://new.abb.com/news/detail/114672/abb-invests-in-strategic-partnership-with-grid-beyond> (дата обращения: 20.08.2025)
349. ABB invests in Ndustrial to accelerate decarbonization through AI-powered energy management technologies. – URL: <https://new.abb.com/news/detail/115598/abb-invests-in-industrial-to-accelerate-decarbonization-through-ai-powered-energy-management-technologies> (дата обращения: 20.08.2025)
350. Cisco Completes Acquisition of Splunk. – URL: <https://newsroom.cisco.com/c/r/newsroom/en/us/a/y2024/m03/cisco-completes-acquisition-of-splunk.html> (дата обращения: 20.08.2025)
351. Rockwell Automation completes acquisition of cybersecurity software and services company Verve Industrial Protection. – URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/company/news/press-releases/Rockwell-Automation-completes-acquisition-of-cybersecurity-software-and-services-company-Verve-Industrial-Protection.html> (дата обращения: 20.08.2025)
352. Robots and humans take intelligent manufacturing to the next level. – URL: <https://new.abb.com/news/detail/115684/robots-and-humans-take-intelligent-manufacturing-to-the-next-level> (дата обращения: 20.08.2025)
353. ABB breaks ground on new US calibration hall to support growing demand for instrumentation in North America. – URL: <https://new.abb.com/news/detail/112071/abb-breaks-ground-on-new-us-calibration-hall-to-support-growing-demand-for-instrumentation-in-north-america> (дата обращения: 20.08.2025)

354. ABB investing \$35 million in new U.K. earthing and lightning protection factory. – URL: <https://new.abb.com/news/detail/117013/abb-investing-35-million-in-new-uk-earthing-and-lightning-protection-factory> (дата обращения: 20.08.2025)
355. Global Manufacturing at Intel. – URL: <https://newsroom.intel.com/press-kit/global-manufacturing> (дата обращения: 20.08.2025)
356. Intel Invests in Ohio. – URL: <https://newsroom.intel.com/press-kit/intel-invests-ohio> (дата обращения: 20.08.2025)
357. Intel Breaks Ground in Arizona. – URL: <https://newsroom.intel.com/press-kit/press-kit-intel-builds-arizona> (дата обращения: 20.08.2025)
358. Updates: Intel's 10 Largest Construction Projects. – URL: <https://newsroom.intel.com/intel-foundry/updates-intel-10-largest-construction-projects> (дата обращения: 20.08.2025)
359. Intel, German Government Agree on Increased Scope for Wafer Fabrication Site in Magdeburg. – URL: <https://www.intel.com/content/www/us/en/newsroom/news/intel-german-government-agree-magdeburg.html> (дата обращения: 20.08.2025)
360. Intel Launches Its First US Apprenticeship for Manufacturing Facility Technicians. – URL: <https://newsroom.intel.com/corporate/intels-first-us-apprenticeship-for-manufacturing-technicians> (дата обращения: 20.08.2025)
361. Cisco Improves Sustainability of European Operations with New 15-Year Solar Energy Agreement in Spain. – URL: <https://newsroom.cisco.com/c/r/newsroom/en/us/a/y2024/m02/cisco-improves-sustainability-of-european-operations-with-new-15-year-solar-energy-agreement-in-spain.html> (дата обращения: 20.08.2025)
362. Microsoft supports cloud infrastructure demand in Europe. – URL: <https://azure.microsoft.com/en-us/blog/microsoft-supports-cloud-infrastructure-demand-in-europe/> (дата обращения: 20.08.2025)
363. Rockwell Automation Opens New Advanced Technology Research Lab in Prague. – URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/company/news/press-releases/Rockwell-Automation-Opens-New-Advanced-Technology-Research-Lab-in-Prague.html> (дата обращения: 20.08.2025)
364. Rockwell Automation Expanding Presence in India with New Manufacturing Facility. – URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/company/news/press-releases/Rockwell-Automation-Expanding-Presence-in-India-with-New-Manufacturing-Facility.html> (дата обращения: 20.08.2025)
365. Siemens scales up private 5G infrastructure with expanded coverage and availability in more countries. – URL: <https://press.siemens.com/global/en/pressrelease/siemens-scales-private-5g-infrastructure-expanded-coverage-and-availability-more> (дата обращения: 20.08.2025)
366. ABB contributes to accelerating the creation of circular innovations through its startup challenge. – URL: <https://new.abb.com/news/detail/110782/abb-contributes-to-accelerating-the-creation-of-circular-innovations-through-its-startup-challenge> (дата обращения: 20.08.2025)

367. ABB completes second investment in edge-to-cloud solution provider Pratexo. – URL: <https://new.abb.com/news/detail/121416/ABB-completes-second-investment-in-edge-to-cloud-solution-provider-Pratexo> (дата обращения: 20.08.2025)
368. Huawei Announces OlympusMons Challenges for Fifth Consecutive Year. – URL: <https://www.huawei.com/en/news/2024/12/olympusmons2024> (дата обращения: 20.08.2025)
369. German Giants Pour Over \$500 Million Into AI Startup Aleph Alpha. – URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2023-11-06/german-giants-sap-bosch-invest-over-500-million-aleph-alpha-an-openai-rival> (дата обращения: 20.08.2025)
370. Rockwell Automation Makes Strategic Investment in Momenta Fund that Develops Sustainable, Human-Centric Industrial Technology of the Future. – URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/company/news/press-releases/Rockwell-Automation-Makes-Strategic-Investment-in-Momenta-Fund-that-Develops-Sustainable-Human-Centric-Industrial-Technology-of-the-Future.html> (дата обращения: 20.08.2025)
371. Microsoft and OpenAI evolve partnership to drive the next phase of AI. – URL: <https://blogs.microsoft.com/blog/2025/01/21/microsoft-and-openai-evolve-partnership-to-drive-the-next-phase-of-ai/> (дата обращения: 20.08.2025)
372. Reuters: Google предоставит OpenAI облачные ресурсы для обучения и запуска моделей ИИ. – URL: <https://www.forbes.ru/tekhnologii/539373-reuters-google-predostavit-openai-oblacnye-resursy-dla-obucenia-i-zapuska-modelej-ii> (дата обращения: 20.08.2025)
373. ABB co-launches interoperability initiative to unlock Industrial IoT insights for more efficient and sustainable industry. – URL: <https://new.abb.com/news/detail/115093/abb-co-launches-interoperability-initiative-to-unlock-industrial-iiot-insights-for-more-efficient-and-sustainable-industry> (дата обращения: 21.08.2025)
374. ABB and Microsoft collaborate to bring generative AI to industrial applications. – URL: <https://new.abb.com/news/detail/104829/abb-and-microsoft-collaborate-to-bring-generative-ai-to-industrial-applications> (дата обращения: 21.08.2025)
375. Steel Authority of India Limited signs digital transformation agreement with ABB. – URL: <https://new.abb.com/news/detail/126148/steel-authority-of-india-limited-signs-digital-transformation-agreement-with-abb> (дата обращения: 21.08.2025)
376. Helping industries do better with generative AI: ABB launches Genix Copilot with Microsoft. – URL: <https://new.abb.com/news/detail/122021/helping-industries-do-better-with-generative-ai-abb-launches-genix-copilot-with-microsoft> (дата обращения: 21.08.2025)
377. Cisco and Rockwell Automation. – URL: <https://www.cisco.com/site/us/en/solutions/industries/manufacturing/rockwell-automation/index.html> (дата обращения: 21.08.2025)
378. Schneider Electric and Cisco. – URL: <https://www.cisco.com/site/us/en/solutions/global-partners/schneider-electric/index.html> (дата обращения: 21.08.2025)
379. Cisco and DISH Wireless Test 5G Hybrid Cloud Network Slicing Solution, Speeding Launch of New Enterprise Services. – URL: <https://newsroom.cisco.com/c/r/newsroom/en/us/a/y2024/m02/cisco-and-dish-wireless-test-5g-hybrid-cloud-network-slicing-solution-speeding-launch-of-new-enterprise-services.html> (дата обращения: 21.08.2025)

380. GE Vernova Expands Strategic Collaboration Agreement with AWS to Help Energy Companies Accelerate the Energy Transition. – URL: <https://www.gevernova.com/news/press-releases/ge-vernova-expands-strategic-collaboration-agreement-aws-help-energy-companies> (дата обращения: 21.08.2025)
381. GE Vernova and AWS expand collaboration to address accelerating global energy demand through strategic framework agreement. – URL: <https://www.gevernova.com/news/press-releases/ge-vernova-aws-accelerate-global-energy-demand> (дата обращения: 21.08.2025)
382. Honeywell and Google Cloud to Accelerate Autonomous Operations with AI Agents for the Industrial Sector. – URL: <https://www.honeywell.com/us/en/press/2024/10/honeywell-and-google-cloud-to-accelerate-autonomous-operations-with-ai-agents-for-the-industrial-sector> (дата обращения: 21.08.2025)
383. Honeywell and Cisco Leverage AI and Automation to Help Reduce Building Energy Consumption. – URL: <https://www.honeywell.com/us/en/press/2024/08/honeywell-and-cisco-leverage-ai-and-automation-to-help-reduce-building-energy-consumption> (дата обращения: 21.08.2025)
384. Honeywell To Drive Distribution Center Efficiency and Enhanced Storage Capacity Through Collaboration with Hai Robotics. – URL: <https://www.honeywell.com/us/en/press/2024/01/honeywell-to-drive-distribution-center-efficiency-and-enhanced-storage-capacity-through-collaboration-with-hai-robotics> (дата обращения: 21.08.2025)
385. The First 5G Fully-Connected Factory Built in Southeast Asia. – URL: <https://www.huawei.com/en/news/2024/5/first-5g-fully-connected-factory> (дата обращения: 21.08.2025)
386. Intel Teams with Partners to Enable and Grow End-to-End Private Networks Market. – URL: <https://newsroom.intel.com/5g-wireless/intel-partners-grow-private-networks-market> (дата обращения: 21.08.2025)
387. Microsoft and Oracle enhance Oracle Database@Azure with data and AI integration. – URL: <https://azure.microsoft.com/en-us/blog/microsoft-and-oracle-enhance-oracle-data-baseazure-with-data-and-ai-integration/> (дата обращения: 21.08.2025)
388. Microsoft and Cognite extend partnership to build industrial data operations platform on Microsoft Fabric and Azure OpenAI Service. – URL: <https://www.microsoft.com/en-us/industry/blog/energy-and-resources/2024/01/18/microsoft-and-cognite-extend-partnership-to-build-industrial-data-operations-platform-on-microsoft-fabric-and-azure-openai-service/> (дата обращения: 21.08.2025)
389. Vodafone and Microsoft sign 10-year strategic partnership to bring generative AI, digital services and the cloud to more than 300 million businesses and consumers. – URL: <https://news.microsoft.com/source/2024/01/15/vodafone-and-microsoft-sign-10-year-strategic-partnership-to-bring-generative-ai-digital-services-and-the-cloud-to-more-than-300-million-businesses-and-consumers/> (дата обращения: 21.08.2025)
390. Rockwell Automation and AWS Collaborate to Transform Manufacturing Through Advanced Industrial Automation Solutions at Hannover Messe 2025. – URL:

<https://www.rockwellautomation.com/en-us/company/news/press-releases/Rockwell-Automation-and-AWS-Collaborate-to-Transform-Manufacturing-Through-Advanced-Industrial-Automation-Solutions-at-Hannover-Messe-2025.html> (дата обращения: 21.08.2025)

391. Rockwell Automation and Microsoft Deliver on a Shared Vision to Accelerate Industrial Transformation. – URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/company/news/press-releases/Rockwell-Automation-and-Microsoft-Deliver-on-a-Shared-Vision-to-Accelerate-Industrial-Transformation.html> (дата обращения: 21.08.2025)
392. Rockwell Automation Announces Partnership with Aquatic Life, Advancing Sustainable Water Operations and Solutions. – URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/company/news/press-releases/aquatic-life-partnership.html> (дата обращения: 21.08.2025)
393. Schneider Electric Accelerates the Development and Deployment of AI Factories at Scale With NVIDIA. – URL: <https://www.se.com/ww/en/about-us/newsroom/news/press-releases/schneider-electric-accelerates-the-development-and-deployment-of-ai-factories-at-scale-with-nvidia-68432d51b96642343f0f890b> (дата обращения: 21.08.2025)
394. ETAP and Schneider Electric Unveil Worlds First Digital Twin to Simulate AI Factory Power Requirements from Grid to Chip Level Using NVIDIA Omniverse. – URL: <https://www.se.com/ww/en/about-us/newsroom/news/press-releases/etap-and-schneider-electric-unveil-worlds-first-digital-twin-to-simulate-ai-factory-power-requirements-from-grid-to-chip-level-using-nvidia-omniverse-67d7c2b800f8176854091063> (дата обращения: 21.08.2025)
395. Capgemini and Schneider Electric collaborate to help companies achieve energy optimization. – URL: <https://www.se.com/ww/en/about-us/newsroom/news/press-releases/capgemini-and-schneider-electric-collaborate-to-help-companies-achieve-energy-optimization-664dc7cba842c207d0035213> (дата обращения: 21.08.2025)
396. Siemens Xcelerator: Siemens accelerates IT and OT integration with Microsoft for Edge, Cloud, AI and Simulation. – URL: <https://press.siemens.com/global/en/pressrelease/siemens-xcelerator-siemens-accelerates-it-and-ot-integration-microsoft-edge-cloud-ai> (дата обращения: 21.08.2025)
397. Siemens Xcelerator: Siemens and AWS simplify IT/OT convergence with an integrated edge-to-cloud experience. – URL: <https://press.siemens.com/global/en/pressrelease/siemens-xcelerator-siemens-and-aws-simplify-itot-convergence-integrated-edge-cloud> (дата обращения: 21.08.2025)
398. MTN and Huawei signed an MoU to collaborate on the digital future for Africa. – URL: <https://www.huawei.com/en/news/2025/3/mwc-mtn-mou-africa> (дата обращения: 22.08.2025)
399. MTN South Africa and Huawei Sign MoU for Strategic Cooperation on Net5.5G. – URL: <https://www.huawei.com/en/news/2024/6/mou-mtn> (дата обращения: 22.08.2025)
400. MTN and Huawei launch Joint Technology Innovation Lab to drive Africa's digital transformation and sustainable development. – URL: <https://www.huawei.com/en/news/2024/4/mtn-innovation-africa> (дата обращения: 22.08.2025)

401. MTN and Huawei Sign Memorandum of Understanding for Joint Innovation Tech Lab to Boost Digital Transformation in Africa. – URL: <https://www.huawei.com/en/news/2024/2/mtn-group-mou-joint-innovation> (дата обращения: 22.08.2025)
402. MTN South Africa and Huawei Completed Africa's First Scale Deployment of 800G Optical Network. – URL: <https://www.huawei.com/en/news/2024/2/huawei-800gopticalnetwork> (дата обращения: 22.08.2025)
403. Zain KSA and Huawei Sign New Strategic Collaboration on 5.5G. – URL: <https://www.huawei.com/en/news/2024/2/all-in-5ga> (дата обращения: 22.08.2025)
404. Turkcell and Huawei signed three MOUs ON 5.5G, green energies, and AI based networks at MWC 2024. – URL: <https://www.huawei.com/en/news/2024/2/turkcell-mou-joint-innovation> (дата обращения: 22.08.2025)
405. stc Kuwait and Huawei Sign Strategic Cooperation MoU to Accelerate Progress Towards the 5.5G Era. – URL: <https://www.huawei.com/en/news/2024/2/stc-kuwait-5-point-5g-huawei> (дата обращения: 22.08.2025)
406. Huawei and du Sign Strategic Cooperation MOU, Building the 5G Advanced Country. – URL: <https://www.huawei.com/en/news/2024/2/5ga-du-mou> (дата обращения: 22.08.2025)
407. В Казахстане протестируют сеть 10G. – URL: <https://www.gazeta.ru/tech/news/2025/06/16/26046596.shtml> (дата обращения: 22.08.2025)
408. ABB, Imperial College London and Unleash live leverage AI-powered video analytics in the control room. – URL: <https://new.abb.com/news/detail/116424/abb-imperial-college-london-and-unleash-live-leverage-ai-powered-video-analytics-in-the-control-room> (дата обращения: 22.08.2025)
409. Software-defined manufacturing: The goal is near. – URL: <https://www.bosch.com/research/news/sdm4fzi-project/> (дата обращения: 22.08.2025)
410. Qualcomm and Bosch Rexroth Showcase Industrial Automation with Time-Synchronized Applications over a Live 3.75 GHz 5G Private Network. – URL: <https://www.qualcomm.com/news/releases/2022/02/qualcomm-and-bosch-rexroth-showcase-industrial-automation-time-synchronized> (дата обращения: 22.08.2025)
411. Dawex, Schneider Electric, Valeo, CEA and Prosyst Join Forces to Create Data4Industry-X, the Trusted Data Exchange Solution for Industry. – URL: <https://www.se.com/ww/en/about-us/newsroom/news/press-releases/dawex-schneider-electric-valeo-cea-and-prosyst-join-forces-to-create-data4industry-x-the-trusted-data-exchange-solution-for-industry-65c216bf48835490a80f7e63> (дата обращения: 22.08.2025)
412. Digital Powerhouse: How GE Digital Transforms Industries. – URL: <https://www.gevernova.com/news/reports/digital-powerhouse-how-ge-digital-transforms-industries> (дата обращения: 22.08.2025)
413. Оракул промахнулся: почему цифровой сервис GE за 4 млрд долларов потерпел неудачу. – URL: <https://telegra.ph/Orakul-promahnulsya-pochemu-cifrovoj-servis-GE-za-4-mlrd-dollarov-poterpel-neudachu-12-04> (дата обращения: 22.08.2025)

414. How GE burned \$7B on their platform (and how to avoid doing the same). – URL: <https://platformengineering.org/blog/how-general-electric-burned-7-billion-on-their-platform> (дата обращения: 22.08.2025)
415. Honeywell Completes Sale of Personal Protective Equipment Business to Protective Industrial Products. – URL: <https://www.honeywell.com/us/en/press/2025/05/honeywell-completes-sale-of-personal-protective-equipment-business-to-protective-industrial-products> (дата обращения: 25.08.2025)
416. Honeywell to Sell Personal Protective Equipment Business to Protective Industrial Products. – URL: <https://www.honeywell.com/us/en/press/2024/11/honeywell-to-sell-personal-protective-equipment-business-to-protective-industrial-products> (дата обращения: 25.08.2025)
417. Honeywell to Realign Portfolio to Three Powerful Megatrends: Automation, Future of Aviation, and Energy Transition. – URL: <https://www.honeywell.com/us/en/press/2023/10/honeywell-to-realign-portfolio-to-three-powerful-megatrends-automation-future-of-aviation-and-energy-transition> (дата обращения: 25.08.2025)
418. Honeywell Announces Leadership Team and Company Name for Advanced Materials Spin-Off. – URL: <https://investor.honeywell.com/news-releases/news-release-details/honeywell-announces-leadership-team-and-company-name-advanced> (дата обращения: 25.08.2025)
419. Honeywell Announces Intent to Separate Automation and Aerospace, Enabling the Creation of Three Industry-leading Companies. – URL: <https://www.honeywell.com/us/en/press/2025/02/honeywell-announces-portfolio-update> (дата обращения: 25.08.2025)
420. Intel на пороге больших изменений: каким будет переход на новую бизнес-модель. – URL: <https://www.forbes.ru/mneniya/497469-intel-na-poroge-bol-sih-izmenenij-kakim-budet-perehod-na-novuu-biznes-model> (дата обращения: 25.08.2025)
421. Intel Announces Strategic Investment by Silver Lake in Altera. – URL: <https://newsroom.intel.com/corporate/intel-partner-deal-news-april2025> (дата обращения: 25.08.2025)
422. Intel Launches Altera, Its New Standalone FPGA Company. – URL: <https://newsroom.intel.com/artificial-intelligence/intel-launches-altera-standalone-fpga-operation> (дата обращения: 25.08.2025)
423. Intel разом закрывает целое направление своего бизнеса. – URL: https://www.cnews.ru/news/top/2025-06-26_intel_prodolzhaet_sokrashchenie (дата обращения: 25.08.2025)
424. Actions to Accelerate our Progress. – URL: <https://www.intc.com/news-events/press-releases/detail/1712/actions-to-accelerate-our-progress> (дата обращения: 25.08.2025)
425. Intel Reports Second-Quarter 2024 Financial Results; Announces \$10 Billion Cost Reduction Plan to Increase Efficiency and Market Competitiveness. – URL: <https://www.intc.com/news-events/press-releases/detail/1704/intel-reports-second-quarter-2024-financial-results> (дата обращения: 25.08.2025)

426. Intel приостановит проекты по строительству заводов в Германии и Польше. – URL: <https://ria.ru/20240917/intel-1973114825.html> (дата обращения: 25.08.2025)
427. В Intel веры нет. – URL: <https://www.kommersant.ru/doc/7295210> (дата обращения: 25.08.2025)
428. Microsoft прекратила топить свои серверы в море. – URL: <https://lenta.ru/news/2024/06/24/servers/> (дата обращения: 25.08.2025)
429. Microsoft has ended its experiment to put data centers in the bottom of the ocean. – URL: <https://www.neowin.net/news/microsoft-has-ended-its-experiment-to-put-data-centers-in-the-bottom-of-the-ocean/> (дата обращения: 25.08.2025)
430. Microsoft confirms Project Natick underwater data center is no more. – URL: <https://www.datacenterdynamics.com/en/news/microsoft-confirms-project-natick-underwater-data-center-is-no-more/> (дата обращения: 25.08.2025)
431. Initial phase of world's first commercial undersea data center maintains stable operation. – URL: <https://en.people.cn/n3/2024/0119/c90000-20124209.html> (дата обращения: 25.08.2025)
432. Обзор российского рынка Интернета вещей (IoT) – ИТ рынок. – URL: <https://www.it-world.ru/it-news/o1e5vkkz8ao4s4o00s4g8wckok884o0.html> (дата обращения: 25.08.2025)
433. Карта российского рынка интернета вещей: ключевые игроки, технологии и решения. – URL: <https://filearchive.cnews.ru/img/files/2021/11/02/tableinternetofthings.pdf> (дата обращения: 25.08.2025)
434. О компании «Ростелеком». Официальный информационный сайт Ростелеком. – URL: <https://www.company.rt.ru/about/info/> (дата обращения: 23.09.2025)
435. В национальных интересах. Официальный информационный сайт Ростелеком. – URL: <https://www.company.rt.ru/projects/> (дата обращения: 23.09.2025)
436. Роль «Ростелекома» в развитии индустриального интернета. Официальный информационный сайт Ростелеком.. – URL: https://www.company.rt.ru/projects/Archive/IloT/RT_role_newlook.php (дата обращения: 23.09.2025)
437. M2M мониторинг транспорта и сотрудников: тарифы «Телематика», M2M sim-карты, услуги сервиса мониторинга – билайн бизнес. – URL: <https://spb.beeline.ru/business/iot/> (дата обращения: 23.09.2025)
438. Тренды развития промышленного интернета вещей в России – Nexign. – URL: <https://nexign.com/ru/newsroom/news/trendy-razvitiya-promyshlennogo-interneta-veschey> (дата обращения: 24.09.2025)
439. Решение для развития IoT-бизнеса телеком-оператора – Nexign. – URL: <https://nexign.com/ru/products/iot-platform> (дата обращения: 24.09.2025)
440. Ростелеком и Tele2 монетизировали интернет вещей благодаря Nexign – история успеха Nexign. – URL: <https://nexign.com/ru/success-stories/rostelekom-i-tele2-monetizirovali-internet-veschey-blagodarya-nexign> (дата обращения: 24.09.2025)

441. Инвесторам и прессе – Официальный сайт ПАО «МегаФон». – URL: <https://corp.megafon.ru/> (дата обращения: 24.09.2025)
442. IoT решения от МегаФон. Корпоративные тарифы для интернета вещей NB-IoT. – URL: <https://moscow.megafon.ru/corporate/services/iot> (дата обращения: 24.09.2025)
443. M2M-мониторинг для бизнеса от МегаФона – Удаленное управление SIM-картами. – URL: https://moscow.megafon.ru/corporate/services/m2m_monitoring (дата обращения: 24.09.2025)
444. Информация о МТС. – URL: <https://moskva.mts.ru/about/informaciya-o-mts/mts-v-rossii-i-v-mire/o-kompanii/informaciya-o-mts> (дата обращения: 25.09.2025)
445. Тарифы Интернет вещей МТС (IoT) для бизнеса, тарифы по услуге M2M IoT от МТС в России. – URL: <https://mtsru.ru/business/internet/internet-veshhey-iot#/tariffs> (дата обращения: 25.09.2025)
446. Продукты и сервисы от МТС – Официальный сайт МТС Бизнес. – URL: <https://business.mts.ru/moskva/produkti?kategorii=internet-veshhej-io-t> (дата обращения: 25.09.2025)
447. АО «Дизайн центр «Кристал». – URL: <https://dckristal.ru/company/> (дата обращения: 25.09.2025)
448. Decstream. – URL: <https://decstream.ru/> (дата обращения: 25.09.2025)
449. Decstream – Эффективные цифровые решения. – URL: https://decstream.ru/docs/DecStream_industrial.pdf (дата обращения: 25.09.2025)
450. ДЕКСТРИМ – Участник проекта «Сколково». – URL: <https://navigator.sk.ru/orn/1126434?ysclid=mg4ydxivrg272513231> (дата обращения: 25.09.2025)
451. GS Group – российский инвестиционно-промышленный холдинг. – URL: <https://gs-group.com/> (дата обращения: 26.09.2025)
452. Устройства и решения для хранения данных – GS Group. – URL: <https://gs-group.com/products-and-solutions/ustroystva-i-resheniya-dlya-khraneniya-dannykh/> (дата обращения: 26.09.2025)
453. Телекоммуникационное оборудование – GS Group. – URL: <https://gs-group.com/products-and-solutions/telekommunikatsionnoe-oborudovanie/> (дата обращения: 26.09.2025)
454. Умный дом от GS Labs – «Умный дом DREHOME&TV». – URL: <https://gs-group.com/products-and-solutions/umnyy-dom/> (дата обращения: 26.09.2025)
455. Умный город – GS Group. – URL: <https://gs-group.com/products-and-solutions/umnyy-gorod/> (дата обращения: 26.09.2025)
456. GS Group вступил в «Ассоциацию участников рынка Интернета вещей» – Время электроники. – URL: <https://russianelectronics.ru/gs-group-vstupil-v-assocziacziyu-uchastnikov-rynka-interneta-veshhej/> (дата обращения: 26.09.2025)
457. Вега-Абсолют – Продукция. – URL: <https://vega-absolute.ru/production/> (дата обращения: 26.09.2025)

458. Вега-Абсолют – Контрактное производство электроники. – URL: <https://vega-absolute.ru/> (дата обращения: 26.09.2025)
459. Вега-Абсолют – Продукция – Телеметрия. – URL: <https://vega-absolute.ru/production/telemetriya/> (дата обращения: 26.09.2025)
460. Вега-Абсолют – Решения: Промышленность. – URL: https://iotvega.com/turnkey_solutions/industry (дата обращения: 26.09.2025)
461. Обучение партнёров по направлению «Интернет вещей». – URL: <https://vega-absolute.ru/news/obuchenie-partnyerov-po-napravleniyu-internet-veshchey/> (дата обращения: 26.09.2025)
462. СПУТНИКС – О нас. – URL: <https://sputnix.ru/ru/o-nas/> (дата обращения: 27.09.2025)
463. СПУТНИКС – Спутниковый интернет вещей (IoT). – URL: <https://sputnix.ru/ru/proektyi/sputnikoviy-internet-veshhej-iot> (дата обращения: 27.09.2025)
464. МТС и «Чайна Телеком» договорились о развитии Интернета вещей в автомобильной отрасли России. – URL: <https://moskva.mts.ru/about/media-centr/soobshheniya-kompanii/novosti-mts-v-rossii-i-mire/2025-06-04/mts-i-chajna-telekom-dogovorilis-o-razvitii-interneta-veshhej-v-avtomobilnoj-otrasli-rossii> (дата обращения: 27.09.2025)
465. «Ростелеком» и Nexign расширяют сотрудничество в сфере ИТ. – URL: <https://nexign.com/ru/newsroom/press-releases/rostelekom-i-nexign-rasshiryayut-tehnologicheskoe-partnerstvo> (дата обращения: 27.09.2025)
466. Соглашение о сотрудничестве Nexign и ГК Softline. – URL: <https://nexign.com/ru/newsroom/press-releases/nexign-i-gk-softline-podpisali-soglasenie-o-sotrudnichestve-v-stranakh> (дата обращения: 27.09.2025)
467. МераФон запустил в своем облаке СУБД Nexign Nord. – URL: <https://nexign.com/ru/newsroom/press-releases/megafon-zapustil-v-svoem-oblake-subd-nexign-nord> (дата обращения: 27.09.2025)
468. «ВымпелКом» и АО «ГЛОНАСС» объявили о сотрудничестве в сфере цифровой трансформации и развития элементов «Умного города» с использованием «ЭРА-ГЛОНАСС». – URL: <https://beelinenow.ru/articles/vympelkom-i-ao-glonass-obyavili-o-sotrudnichestve-v-sfere-tsifrovoy-transformatsii-i-razvitiya-eleme/> (дата обращения: 27.09.2025)
469. МТС перевела платформу интернета вещей на российское ПО. – URL: <https://www.mts-com.ru/news/2022/12/13/48208/> (дата обращения: 28.09.2025)
470. Новое полностью импортонезависимое поколение Nexign BSS. – URL: <https://nexign.com/ru/newsroom/press-releases/nexign-vypustila-novoe-polnostyu-importozameschennoe-pokolenie-nexign-bss> (дата обращения: 28.09.2025)
471. IoT-платформа от Nexign полностью перешла на импортонезависимые технологии. – URL: <https://nexign.com/ru/newsroom/press-releases/iot-platforma-ot-nexign-polnostyu-pereshla-na-importonezavisimye> (дата обращения: 28.09.2025)
472. Центр компетенций национальной технологической инициативы «Сенсорика». – URL: <https://miet.ru/structure/s/3076> (дата обращения: 28.09.2025)

473. Центр компетенций национальной технологической инициативы «Сенсорика» – Проекты. – URL: <https://miet.ru/structure/s/3076/e/132973/422> (дата обращения: 28.09.2025)
474. Центр компетенций НТИ по направлению «Технологии сенсорики». – URL: https://nti2035.ru/technology/competence_centers/miet.php (дата обращения: 28.09.2025)
475. Об Ассоциации – iotas. – URL: <https://iotas.ru/about> (дата обращения: 28.09.2025)
476. Члены Ассоциации – iotas. – URL: <https://iotas.ru/members> (дата обращения: 28.09.2025)
477. RADAR – Единая витрина для поиска технологических компаний, инвесторов, корпораций, мер поддержки, экспертов, мероприятий и инвестиционных сделок. – URL: <https://radar.leader-id.ru/> (дата обращения: 14.03.2025)
478. Государственный информационный ресурс бухгалтерской (финансовой) отчетности (БФО). – URL: <https://bo.nalog.ru/> (дата обращения: 26.04.2024)
479. Единая витрина НТИ "RADAR": АО "ЭР-ТЕЛЕКОМ ХОЛДИНГ". – URL: <https://radar.leader-id.ru/company/5902202276> (дата обращения: 11.09.2025)
480. АО «ЭР-Телеком Холдинг»: Промышленный Интернет вещей (IOT). – URL: <https://ertelecom.ru/ru/directions/innovative-projects/iot> (дата обращения: 11.09.2025)
481. ООО «Цифра». – URL: <https://zyfracode.ru/> (дата обращения: 11.09.2025)
482. «Цифра» представила универсальный шлюз сбора данных для промышленности. – URL: <https://companies.rbc.ru/news/RrNODWUdfG/tsyfra-predstavila-universalnyiy-shlyuz-sbora-dannyih-dlya-promyshlennosti/> (дата обращения: 11.09.2025)
483. Цифра. Диспетчер – комплекс IT-продуктов. – URL: <https://www.zyfra.com/product/dispatcher/> (дата обращения: 11.09.2025)
484. Единая витрина НТИ "RADAR": ООО "ТЕЛЕМАТИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ". – URL: <https://radar.leader-id.ru/company/7725339890> (дата обращения: 11.09.2025)
485. WAVIoT – LPWAN-решения для АСКУЭ и Интернета вещей. – URL: <https://waviot.ru/> (дата обращения: 11.09.2025)
486. IoT платформа WAVIoT. – URL: <https://waviot.ru/technology/waviot-iot-platform/> (дата обращения: 11.09.2025)
487. Единая витрина НТИ "RADAR": ООО "КОНЦЕРН ГУДВИН (ГУДВИН ЕВРОПА)". – URL: <https://radar.leader-id.ru/company/7709965682> (дата обращения: 11.09.2025)
488. Система «Гудвин-Нева». – URL: <https://goodwin.ru/basic-solution/goodwin-neva/> (дата обращения: 11.09.2025)
489. «Гудвин» — телекоммуникационный концерн. – URL: <https://goodwin.ru/> (дата обращения: 11.09.2025)
490. Единая витрина НТИ "RADAR": ООО "Объединение Агрегейт". – URL: <https://radar.leader-id.ru/company/6950166982> (дата обращения: 11.09.2025)
491. Tibbo Systems – IoT платформа AggreGate. – URL: <https://aggregate.digital/ru/company.html> (дата обращения: 11.09.2025)

492. AggreGate: Описание, Функции и Интерфейс – 2025. – URL: <https://soware.ru/products/aggregate> (дата обращения: 11.09.2025)
493. Партнерство «ДАР» с Tibbo Systems в сфере цифровизации промышленности // РБК Компании. – URL: <https://companies.rbc.ru/news/XHhZkrVqix/partnerstvo-dar-s-tibbo-systems-v-sfere-tsifrovizatsii-promyshlennosti/> (дата обращения: 11.09.2025)
494. Tibbo Systems и T1 Интеграция объединяют экспертизу для развития импортозамещающих IoT-решений. – URL: <https://t1.ru/media/news/tibbo-systems-i-t1-integratsiya-obedinyayut-ekspertizu-dlya-razvitiya-importozameshchayushchikh-iot-> (дата обращения: 11.09.2025)
495. Inspark.Software. – URL: <http://sw.inspark.ru> (дата обращения: 11.09.2025)
496. Core Inspark Platform IoT. – URL: <https://docs.inspark.ru/core/> (дата обращения: 11.09.2025)
497. Новый релиз Inspark.IoT Platform интегрирует IP-телефонию для мониторинга и управления системами и объектами. – URL: <http://inspark.ru/tpost/t7eluyghv1-novii-reliz-insparkiot-platform-integrir> (дата обращения: 11.09.2025)
498. HeadPoint. – URL: <https://head-point.ru/about> (дата обращения: 11.09.2025)
499. HeadPoint приняла участие в конференции «ИТ-решения для автоматизации и роботизации производственных, складских и логистических процессов». – URL: <https://headpoint.ru/about/news/headpoint-iot-platforma-konferenciya-2025> (дата обращения: 11.09.2025)
500. HeadPoint провела тестирование российской IoT-платформы InOne по замене зарубежной системы видеомониторинга. – URL: <https://www.comnews.ru/content/223704/2022-12-26/2022-w52/headpoint-provela-testirovanie-rossiyskoy-iot-platformy-inone-zamene-zarubezhnoy-sistemy-videomonitoringa> (дата обращения: 11.09.2025)
501. Специалисты Передовой инженерной школы и Центра НТИ СПбПУ приняли участие в разработке дорожной карты «Новое индустриальное программное обеспечение». – URL: <http://technet-nti.ru/news/8394> (дата обращения: 11.09.2025)
502. United Nations Statistics Division. – URL: <https://unstats.un.org/unsd/snaama/countryprofile> (дата обращения: 25.09.2025)
503. World Bank Open Data. – URL: <https://data.worldbank.org> (дата обращения: 25.09.2025)
504. Statista Market Forecast: Industrial IoT. – URL: <http://frontend.xmo.prod.aws-statista.com/outlook/tmo/internet-of-things/industrial-iot/china> (дата обращения: 25.09.2025)
505. China's 14th Five-Year Plan: Research Priorities and Industrial Policies // HKTDC Research. – URL: <https://research.hktcdc.com/en/article/Nzk3NTY5NzUx> (дата обращения: 04.04.2024)
506. Guiding Opinions on Deepening the “Internet + Advanced Manufacturing Industry” to Develop the Industrial Internet (2017). – URL: <https://www.chinajusticeobserver.com/law/x/internet-advanced-manufacturing-industry-20171119> (дата обращения: 23.09.2025)

507. Industrial Internet Development Action Plan (2018-2020). – URL: https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/China/industrial_internet_development_plan_i4.0_project.pdf?__blob=publicationFile&v=1 (дата обращения: 23.09.2025)
508. MIIT on the Construction, Promotion and Evaluation of Industrial Internet Platforms. – URL: https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/China/industrial_internet_platforms_i4.0_project.pdf?__blob=publicationFile&v=5 (дата обращения: 23.09.2024)
509. Industrial Internet Innovation and Development Action Plan 2021-2023. – URL: https://www.xuexi.cn/lgpage/detail/index.html?id=13193049706143824373&item_id=13193049706143824373 (дата обращения: 23.09.2025)
510. Five-year plan to speed up integration of digital, real economies. – URL: https://english.www.gov.cn/statecouncil/ministries/202112/01/content_WS61a6d009c6d0df57f98e5da0.html (дата обращения: 23.09.2025)
511. China's MIIT unveils action plan for innovative development of industrial internet in 2021-2023. – URL: <https://en.imsilkroad.com/p/319009.html> (дата обращения: 23.09.2025)
512. The Development Of 5G plus Industrial Internet Enters The Fast Lane. – URL: <https://ro.kinsealhmi.com/news/the-development-of-5g-industrial-internet-en-69555045.html> (дата обращения: 23.09.2025)
513. 5G Plus Industrial Internet Plan. – URL: https://www.cac.gov.cn/2025-02/12/c_1741063688825906.htm (дата обращения: 23.09.2025)
514. Manufacturing USA. – URL: <https://www.manufacturingusa.com/> (дата обращения: 01.04.2024)
515. A National Strategic Plan For Advanced Manufacturing. – URL: https://www.manufacturing.gov/sites/default/files/2018-01/nstc_feb2012.pdf (дата обращения: 23.09.2025)
516. Consolidated Appropriations Act, 2015, 113th United States Congress. Revitalize American Manufacturing and Innovation Act of 2014. – URL: <https://www.govinfo.gov/content/pkg/BILLS-113hr83enr/pdf/BILLS-113hr83enr.pdf> (дата обращения: 23.09.2025)
517. Manufacturing USA Releases 2024 Strategic Plan : text – 4.11.2024. – URL: <https://www.manufacturingusa.com/news/manufacturing-usa-releases-2024-strategic-plan> (дата обращения: 23.09.2025)
518. Manufacturing Extension Partnership (MEP) Headquarters: Programs // Manufacturing.gov. – URL: <https://www.manufacturing.gov/programs> (дата обращения: 23.09.2025)
519. Manufacturing USA: Institutes. – URL: <https://www.manufacturingusa.com/institutes> (дата обращения: 23.09.2025)
520. CESMII Acronym Update – Emphasizing Collaborations in Smart Manufacturing – 8.04.2025. – URL: <https://www.manufacturingusa.com/news/cesmii-acronym-update-emphasizing-collaborations-smart-manufacturing> (дата обращения: 23.09.2025)
521. CESMII – the Smart Manufacturing Institute (Manufacturing USA). – URL: <https://www.manufacturingusa.com/institutes/cesmii> (дата обращения: 23.09.2025)
522. Digital Manufacturing and Design Innovation Institute renamed. – URL: <https://www.ctemag.com/news/digital-manufacturing-and-design-innovation-institute-renamed> (дата обращения: 24.09.2025)

523. MxD (Manufacturing times Digital) – 3.06.2025. – URL: <https://www.manufacturin-gusa.com/institutes/mxd> (дата обращения: 23.09.2025)
524. The Networking and Information Technology Research and Development (NITRD) Program. – URL: <https://www.nitrd.gov/> (дата обращения: 24.09.2025)
525. Cyber Research Efforts in NITRD's FY 2025 Funding Plans. – URL: <https://iq.govwin.com/neo/marketAnalysis/view/Cyber-Research-Efforts-in-NITRDs-FY-2025-Funding-Plans/8113?researchTypeId=1&researchMarket=> (дата обращения: 24.09.2025)
526. NIST Issues Guidance on Software, IoT Security and Labeling. – URL: <https://www.nist.gov/news-events/news/2022/02/nist-issues-guidance-software-iot-security-and-labeling> (дата обращения: 23.09.2025)
527. White House program to certify the security of IoT devices goes live (Cybersecurity Dive). – URL: <https://www.cybersecuritydive.com/news/white-house-security-iot-devices/736796/> (дата обращения: 23.09.2025)
528. NIST Cybersecurity for IoT Program Publishes NIST IR 8425A, Recommended Cybersecurity Requirements for Consumer-Grade Router Products. – URL: <https://csrc.nist.gov/news/2024/iot-program-published-nist-ir-8425a> (дата обращения: 23.09.2025)
529. NIST Cybersecurity for IoT Program. – URL: <https://www.nist.gov/itl/applied-cybersecurity/nist-cybersecurity-iot-program> (дата обращения: 23.09.2025)
530. Передовые производственные технологии: возможности для России. Экспертно-аналитический доклад: монография / А. И. Боровков, К. В. Кукушкин, А. А. Корчевская, А. Т. Хуторцова, Л. А. Щербина, Ю. А. Рябов – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2020. – 436 с. – URL: https://assets.fea.ru/uploads/fea/news/2022/07/08/ppt_vozmoznosty_dlya_rossii_.pdf (дата обращения: 25.09.2025)
531. Digital Strategy 2025. – URL: https://www.de.digital/DIGITAL/Redaktion/EN/Publikation/digital-strategy-2025.pdf?__blob=publicationFile&v=9 (дата обращения: 24.09.2025)
532. PAiCE (Platforms/Additive Manufacturing/Imaging/Communication/Engineering). – URL: https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/EN/Publikationen/Digitale-Welt/paice-brief-summary-of-the-funding-projects.pdf?__blob=publicationFile&v=1 (дата обращения: 24.09.2025)
533. IC4F – Industrial Communication for Factories: Results at a Glance. – URL: <https://edocs.tib.eu/files/e01fb23/1853507466.pdf> (дата обращения: 24.09.2025)
534. Guidelines for 5G Campus Networks – Orientation for Small and Medium-Sized Businesses. – URL: https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/EN/Publikationen/Digitale-Welt/guidelines-for-5g-campus-networks-orientation-for-small-and-medium-sized-businesses.pdf?__blob=publicationFile&v=1 (дата обращения: 24.09.2025)
535. Manufacturing-X Initiative. – URL: https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/EN/Publikationen/Digitale-Welt/manufacturing-x-program.pdf?__blob=publicationFile&v=5 (дата обращения: 24.09.2025)

536. Manufacturing-X. – URL: <https://www.plattform-i40.de/IP/Navigation/EN/Manufacturing-X/Manufacturing-X.html> (дата обращения: 24.09.2025)
537. FACTORY-X: Das digitale Ökosystem. – URL: <https://factory-x.org/de/> (дата обращения: 24.09.2025)
538. Manufacturing-X: Cooperation between the projects. – URL: <https://factory-x.org/manufacturing-x/> (дата обращения: 24.09.2025)
539. Action B. Manufacturing-X Funding Programme. – URL: <https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/EN/Dossier/manufacturing-x.html> (дата обращения: 24.09.2025)
540. German Standardization Roadmap Industrie 4.0 – Version 5. – URL: <https://www.dke.de/resource/blob/2244406/dbbd9c02812f04cc1ab0063647262645/german-standardization-roadmap-industry-4-0-version-5-data.pdf> (дата обращения: 24.09.2025)
541. Progress report. German standardization roadmap Industrie 4.0. – URL: <https://www.dke.de/resource/blob/2381646/729ea164a8f423817c375e0b91a10306/fortschrittsbericht-nrm-i4-0---en---download-data.pdf> (дата обращения: 24.09.2025)
542. Action plan agreed between Plattform Industrie 4.0 and the Japanese Robot Revolution Initiative. – URL: <https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/EN/News/Actual/2016/2016-04-05-aktionsplan-mit-japan.html> (дата обращения: 24.09.2025)
543. Plattform Industrie 4.0 of the Federal Republic of Germany and the Robot Revolution Initiative of Japan agree on cooperation regarding Internet of Things / Industrie 4.0. – URL: https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/EN/Downloads/Publikation-gesamt/joint-statement-pi40-rri.pdf?__blob=publicationFile&v=1 (дата обращения: 24.09.2025)
544. Japan: Robot Revolution & Industrial IoT Initiative. – URL: <https://www.plattform-i40.de/IP/Navigation/EN/ThePlatform/Structure-Organization/InternationalCooperation/Japan/japan.html> (дата обращения: 24.09.2025)
545. German-Japanese individual project AIRPoRT – Artificial Intelligence for robotics and networked PRoduction. – URL: https://www.digitale-technologien.de/DT/Navigation/EN/ProgrammeProjekte/AbgeschlosseneProgrammeProjekte/Intern._cooperation_projects/japan_airport/airport.html (дата обращения: 24.09.2025)
546. Developing modern communications technologies for Industrie 4.0 (EmKol4.0). – URL: https://www.digitale-technologien.de/DT/Redaktion/EN/Standardartikel/Internationale_Koop_Projekte/Japan/edt_japan_emkoi4.0.html (дата обращения: 24.09.2025)
547. Bilaterale Kooperation mit Japan. – URL: https://www.digitale-technologien.de/DT/Navigation/DE/ProgrammeProjekte/Internationale_Kooperationsprojekte/Japan/japan.html (дата обращения: 24.09.2025)
548. Japan Science and Technology Agency (JST) Funding Programs. – URL: <https://www.jst.go.jp/EN/programs/funding.html> (дата обращения: 24.09.2025)
549. Strategy "Society 5.0". – URL: https://www8.cao.go.jp/cstp/english/society5_0/index.html (дата обращения: 24.09.2025)
550. Connected Industries initiative. – URL: https://www.meti.go.jp/english/policy/mono_info_service/connected_industries/index.html (дата обращения: 24.09.2025)

551. CRONOS Strategic Basic Research Programs 2024-2025. – URL: https://www.jst.go.jp/kisoken/cronos/dl/pamph/crons_pamph_en.pdf (дата обращения: 25.09.2025)
552. Cutting-edge Research and Development on Information and Communication Sciences, CRONOS. – URL: <https://www.jst.go.jp/kisoken/cronos/en/overview/index.html> (дата обращения: 24.09.2025)
553. The Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program (SIP) Portal Site. – URL: https://www.nedo.go.jp/english/activities/activities_ZZJP2_100072.html (дата обращения: 24.09.2025)
554. Strategic Innovation Promotion Program (SIP). – URL: https://www.nied-sip3.bosai.go.jp/project/project-sip_en.html (дата обращения: 24.09.2025)
555. SIP3 National Platform for Innovative Ocean Developments. – URL: <https://www.jamstec.go.jp/sip3/e/> (дата обращения: 24.09.2025)
556. New energy and industrial technology development organization. – URL: https://www.nedo.go.jp/english/introducing/introducing_index.html (дата обращения: 24.09.2025)
557. Profile of the Internet of Things Promotion Department (FY2023). – URL: <https://www.nedo.go.jp/content/100898591.pdf> (дата обращения: 24.09.2025)
558. Industry 4.0: The Future of Smart Manufacturing in India. – URL: <https://www.bisinfotech.com/industry-4-0-the-future-of-smart-manufacturing-in-india/> (дата обращения: 24.09.2025)
559. Future momentum: technology's role in India's manufacturing transformation. – URL: <https://www.mycii.in/KmResourceApplication/80454.TechnologysRoleinIndiasManufacturingTransformation.pdf> (дата обращения: 24.09.2025)
560. Production Linked Incentive Scheme. – URL: <http://www.pib.gov.in/PressNoteDetails.aspx?NotelD=155082> (дата обращения: 24.09.2025)
561. National Mission on Interdisciplinary Cyber Physical Systems (NM-ICPS). – URL: <https://dst.gov.in/national-mission-interdisciplinary-cyber-physical-systems-nm-icps> (дата обращения: 24.09.2025)
562. The Technology Innovation Hub at IIT Bombay. – URL: <https://tihiitb.org/> (дата обращения: 24.09.2025)
563. SAMARTH Udyog Bharat 4.0 Initiative. – URL: <https://www.pib.gov.in/www.pib.gov.in/Pressreleaseshare.aspx?PRID=2084143> (дата обращения: 24.09.2025)
564. SAMARTH Udyog (CEFC Projects). – URL: <https://www.samarthudyog-i40.in/about-cefc-projects> (дата обращения: 24.09.2025)
565. Brazilian Digital Transformation Strategy (E-digital), 2022- 2026 Cycle. – URL: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/arquivosestrategiadigital/digitalstrategy_2022-2026.pdf (дата обращения: 24.09.2025)
566. EMBRAPII (Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial) // Embrapii. – URL: <https://embrapii.org.br/> (дата обращения: 24.09.2025)

567. Brasil Mais Produtivo // Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. – URL: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/sdic/inovacao/brasilmais/brasil-mais> (дата обращения: 24.09.2025)
568. Finep – Início. – URL: <http://www.finep.gov.br/> (дата обращения: 24.09.2025)
569. Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, SENAI. – URL: <https://www.senai.portaldaindustria.com.br> (дата обращения: 24.09.2025)
570. Smart Factory- FINEP (SENAI): Categorias // Portal da Indústria. – URL: <https://www.portaldaindustria.com.br/canais/plataforma-inovacao-para-industria/categoria/smart-factory-finep-senai/> (дата обращения: 24.09.2025)
571. Finep e SENAI destinam R\$ 16,4 milhões para 33 projetos de fábricas inteligentes. – URL: <http://www.finep.gov.br/noticias/todas-noticias/6908-finep-e-senai-destinam-r-16-4-milhoes-para-33-projetos-de-fabricas-inteligentes> (дата обращения: 24.09.2025)
572. Brazil Invested R\$ 186.6 Billion in Digital Transformation. – URL: <https://brazilianr.com/2024/09/11/brazil-invested-r-186-6-billion-in-digital-transformation/> (дата обращения: 11.11.2024)
573. Nova Indústria Brasil // Ministério da Fazenda. – URL: <https://www.gov.br/fazenda/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/transformacao-ecologica/programas-em-destaque/nova-industria-brasil/nova-industria-brasil> (дата обращения: 24.09.2025)
574. Brazil launches new industrial policy with development goals and measures up to 2033 // Planalto. – URL: <https://www.gov.br/planalto/en/latest-news/2024/01/brazil-launches-new-industrial-policy-with-development-goals-and-measures-up-to-2033> (дата обращения: 24.09.2025)
575. Бразилия модернизирует промышленность с помощью хайтека. – URL: <https://issek.hse.ru/news/1034556149.html> (дата обращения: 24.09.2025)
576. Plano de Ação da Nova Indústria Brasil (NIB). – URL: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/composicao/se/cndi/plano-de-acao/nova-industria-brasil-plano-de-acao-2024-2026-1.pdf> (дата обращения: 24.09.2025)
577. The UAE's Fourth Industrial Revolution (4IR) Strategy. – URL: <https://u.ae/en/about-the-uae/strategies-initiatives-and-awards/strategies-plans-and-visions/government-services-and-digital-transformation/the-uae-strategy-for-the-fourth-industrial-revolution> (дата обращения: 24.09.2025)
578. Operation 300bn, the UAE's industrial strategy. – URL: <https://u.ae/en/about-the-uae/strategies-initiatives-and-awards/strategies-plans-and-visions/industry-science-and-technology/the-uae-industrial-strategy> (дата обращения: 24.09.2025)
579. How Digital Transformation is Revolutionising Board Management in Public Sectors in Egypt. – URL: <https://www.azeusconvene.com/articles/digital-transformation-egypt-public-sector> (дата обращения: 24.09.2025)
580. “Making Indonesia 4.0” is a comprehensive initiative. – URL: https://garudasupplies.com/id/digital_resources/making-indonesia-4-0-is-a-comprehensive-initiative/ (дата обращения: 24.09.2025)
581. Интернет ненужных вещей // Коммерсантъ – 10.12.2020. – URL: <https://www.kommersant.ru/doc/4605543> (дата обращения: 24.09.2025)

582. Российский рынок интернета вещей: вопросы выбора стандарта, поиска деталей и обеспечения безопасности – 29.05.2023. – URL: <https://cipr.ru/izdanie-2023/rossijskij-rynok-interneta-veshhej-voprosy-vybora-standarta-poiska-detalej-i-obespecheniya-bezopasnosti/> (дата обращения: 24.09.2025)
583. Об утверждении Концепции построения и развития узкополосных беспроводных сетей связи "Интернета вещей" на территории Российской Федерации от 29 марта 2019. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/554066760> (дата обращения: 24.09.2025)
584. Дмитрий Григоренко: ИТ-отрасль стала одной из самых быстрорастущих в российской экономике – 24.09.2025. – URL: <http://government.ru/news/54354/> (дата обращения: 24.09.2025)
585. Россия переходит от «Цифровой экономики» к «Экономике данных» – 1.06.2025. – URL: <https://cipr.ru/izdanie-2025/rossiya-perehodit-ot-czifrovoj-ekonomiki-k-ekonomike-dannyh/> (дата обращения: 24.09.2025)
586. Нацпроект "Экономика данных" привлечет 1,4 трлн руб.. – URL: <https://www.comnews.ru/content/238087/2025-03-05/2025-w10/1007/nacproekt-ekonomika-dannykh-privlechet-14-trln-rub> (дата обращения: 24.09.2025)
587. Национальный проект «Средства производства и автоматизации». – URL: <http://government.ru/rugovclassifier/928/about/> (дата обращения: 27.11.2025)
588. Меры поддержки ИТ-отрасли. – URL: <https://digital.gov.ru/activity/mery-podderzhki-it-otrasli/granty-it> (дата обращения: 24.09.2025)
589. Интернет вещей. Развитие технологий и оценка возможностей перехода на отечественные решения. – URL: <https://ict.moscow/static/pdf/files/IoT-5.pdf> (дата обращения: 25.09.2025)
590. Информационная безопасность интернета вещей (Internet of Things). – URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%98%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B1%D0%B5%D0%B7%D0%BE%D0%BF%D0%B0%D1%81%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C_%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B0_%D0%B2%D0%B5%D1%89%D0%B5%D0%B9_\(Internet_of_Things\)](https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%98%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B1%D0%B5%D0%B7%D0%BE%D0%BF%D0%B0%D1%81%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C_%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B0_%D0%B2%D0%B5%D1%89%D0%B5%D0%B9_(Internet_of_Things)) (дата обращения: 24.09.2025)
591. ISO/IEC JTC 1 – Information technology. – URL: <https://www.iso.org/ru/committee/45020.html> (дата обращения: 18.09.2025)
592. ИСО – Интернет вещей. – URL: <https://www.iso.org/ru/sectors/it-technologies/internet-of-things> (дата обращения: 18.09.2025)
593. ISO/IEC JTC 1/SC 41 – Internet of things and digital twin. – URL: <https://www.iso.org/ru/committee/6483279.html> (дата обращения: 18.09.2025)
594. ISO/IEC TR 30166:2020 Internet of things (IoT) – Industrial IoT. – URL: <https://www.iso.org/ru/standard/53286.html?browse=tc> (дата обращения: 18.09.2025)
595. ISO/IEC TS 30180:2025 Internet of Things (IoT) – Functional requirements to determine the status of self-quarantine through IoT data interfaces. – URL: <https://web-store.iec.ch/en/publication/70749> (дата обращения: 18.09.2025)

596. Internet of Things (RP2024) – Interoperable Europe Portal. – URL: <https://interoperable-europe.ec.europa.eu/collection/rolling-plan-ict-standardisation/internet-things-rp2024> (дата обращения: 18.09.2025)
597. CEN Technical Bodies – CEN/CLC/WS SEP2 Industry Best Practices and an Industry Code of Conduct for Licensing of Standard Essential Patents in the field of 5G and Internet of Things. – URL: https://standards.cenelec.eu/dyn/www/f?p=205:7:0:::FSP_ORG_ID:2409601&cs=1F4CE70CAC4FCAB13FD40482A8422DE9C (дата обращения: 18.09.2025)
598. CEN Technical Bodies – CEN/CLC/WS SEP-IoT Workshop on Best Practices and a Code of Conduct for Licensing Industry Standard Essential Patents in 5G and the Internet of Things (IoT), including the Industrial Internet. – URL: https://standards.cenelec.eu/dyn/www/f?p=205:7:0:::FSP_ORG_ID:2366187&cs=13756693F65E2B7962101E40021CF5F7A (дата обращения: 18.09.2025)
599. CEN – CEN/CLC/JTC 25 Data management, Dataspaces, Cloud and Edge. – URL: https://standards.cenelec.eu/dyn/www/f?p=205:22:0:::FSP_ORG_ID,FSP_LANG_ID:3485479,25&cs=1E76BC90CC192CD8A7BF6B69906CB7BA0 (дата обращения: 18.09.2025)
600. CEN Technical Bodies – CEN/TC 225 AIDC technologies. – URL: https://standards.cenelec.eu/dyn/www/f?p=205:7:0:::FSP_ORG_ID:6206&cs=1240DAEEB0C84DB1308ED97479093BF29 (дата обращения: 18.09.2025)
601. CENELEC – CLC/TC 65X Industrial-process measurement, control and automation. – URL: https://standards.cenelec.eu/dyn/www/f?p=305:32:0:::FSP_ORG_ID,FSP_LANG_ID:1257871,25&cs=1DDC77EDD27D6DD7E71090D796B4AFEB2 (дата обращения: 18.09.2025)
602. ETSI – Our committee Smart Machine-to-Machine Communications (SmartM2M). – URL: <https://www.etsi.org/committee/1414-smartm2m> (дата обращения: 18.09.2025)
603. ETSI – Our one Machine-to-Machine Partnership Project (oneM2M). – URL: <https://www.etsi.org/committee/1419-onem2m> (дата обращения: 18.09.2025)
604. ETSI – Internet of Things – IoT Standards – Machine to Machine Solutions (M2M). – URL: <https://www.etsi.org/technologies/internet-of-things> (дата обращения: 18.09.2025)
605. ETSI – CYBER. – URL: <https://www.etsi.org/committee/cyber> (дата обращения: 18.09.2025)
606. ETSI – SET. – URL: <https://www.etsi.org/committee/set> (дата обращения: 18.09.2025)
607. ETSI – Third Generation Partnership Project (3GPP). – URL: <https://www.etsi.org/committee/1418-3gpp> (дата обращения: 18.09.2025)
608. ETSI – Our group cross cutting Context Information Management (CIM). – URL: <https://www.etsi.org/committee/1422-cim> (дата обращения: 18.09.2025)
609. ETSI – Smart Appliances – Smart Domestic & Industrial Appliances. – URL: <https://www.etsi.org/technologies/smart-appliances> (дата обращения: 18.09.2025)
610. SAREF4INMA: an extension of SAREF for the industry and manufacturing domain. – URL: <https://saref.etsi.org/saref4inma/v2.1.1/> (дата обращения: 18.09.2025)

611. ETSI – DATA. – URL: <https://www.etsi.org/committee/data> (дата обращения: 18.09.2025)
612. ITU-T Study Groups (Study Period 2025 – 2028). – URL: <https://www.itu.int/en/ITU-T/studygroups/2025-2028/Pages/default.aspx> (дата обращения: 17.09.2025)
613. About Study Group 11 Signalling requirements, protocols, test specifications and combating counterfeit telecommunication/ICT devices. – URL: <https://www.itu.int/en/ITU-T/about/groups/2025-2028/Pages/sg11.aspx> (дата обращения: 17.09.2025)
614. About Study Group 13 Future networks and emerging network technologies. – URL: <https://www.itu.int/en/ITU-T/about/groups/2025-2028/Pages/sg13.aspx> (дата обращения: 17.09.2025)
615. About Study Group 15 Networks, technologies and infrastructures for transport, access and home. – URL: <https://www.itu.int/en/ITU-T/about/groups/2025-2028/Pages/sg15.aspx> (дата обращения: 17.09.2025)
616. About Study Group 17 Security. – URL: <https://www.itu.int/en/ITU-T/about/groups/2025-2028/Pages/sg17.aspx> (дата обращения: 17.09.2025)
617. About Study Group 20 Internet of Things, digital twins and smart sustainable cities and communities. – URL: <https://www.itu.int/en/ITU-T/about/groups/2025-2028/Pages/sg20.aspx> (дата обращения: 17.09.2025)
618. ITU-T Recommendations under Study Group 20 responsibility // ITU. – URL: https://www.itu.int/ITU-T/recommendations/index_sg.aspx?sg=20 (дата обращения: 07.10.2025)
619. ITU-T WP: 2025-2028: SG20: Internet of things (IoT) and smart cities and communities (SC&C). – URL: https://www.itu.int/ITU-T/workprog/wp_search.aspx?sg=20 (дата обращения: 17.09.2025)
620. YSTR-IADIoT – Intelligent anomaly detection system for Internet of things. – URL: <https://www.itu.int/pub/T-TUT-SMARTCITY-2024-7> (дата обращения: 17.09.2025)
621. List of All ISA Standards by Topic. – URL: <https://www.isa.org/standards-and-publications/isa-standards/find-isa-standards-by-topic> (дата обращения: 17.09.2025)
622. Standards Committees – ISA. – URL: <https://www.isa.org/standards-and-publications/isa-standards/isa-standards-committees> (дата обращения: 17.09.2025)
623. ISA-TR63082-1 (TR108.1)-2020, Intelligent Device Management – Part 1: Concepts and Terminology. – URL: <https://www.isa.org/products/isa-tr63082-1-tr108-1-2020-intelligent-device-mana> (дата обращения: 17.09.2025)
624. IEEE SA Standards Board (SASB) New Member Orientation. February 2025. – URL: https://standards.ieee.org/wp-content/uploads/import/governance/sasb/nmo_SASB-Chair.pdf (дата обращения: 17.09.2025)
625. Internet of Things, Ad Hoc & Sensor Networks Technical Committee – IEEE Communications Society. – URL: <https://www.comsoc.org/about/committees/technical-committees/iot-ad-hoc-sensor-networks> (дата обращения: 17.09.2025)
626. IEEE Communications Society Internet of Things, Ad Hoc and Sensor Networks Technical Committee. – URL: <https://ahsn.committees.comsoc.org/> (дата обращения: 17.09.2025)

627. Standards Activities – IEEE Sensors Council. – URL: <https://ieee-sensors.org/standards-activities/> (дата обращения: 17.09.2025)
628. IEEE Industrial Electronics Society – Technical Committees. – URL: <https://www.ieee-ies.org/techcoms/technical-committees> (дата обращения: 17.09.2025)
629. Technical Committees – IEEE Robotics and Automation Society. – URL: <https://www.ieee-ras.org/technical-committees> (дата обращения: 17.09.2025)
630. IEEE SA Wiki for the European Rolling Plan on ICT Standardisation. – URL: <https://ieee-sa.meetcentral.com/euroollingplan/> (дата обращения: 17.09.2025)
631. DKE German Commission for Electrical, Electronic & Information Technologies of DIN and VDE Publications. – URL: <https://www.din.de/en/getting-involved/standards-committees/dke/publications> (дата обращения: 16.09.2025)
632. DIN Standards Committee Information Technology and IT Applications Publications. – URL: <https://www.din.de/en/getting-involved/standards-committees/na/publications> (дата обращения: 16.09.2025)
633. GB/T 33745-2025 Internet of Things – Terminology. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2033745-2025 (дата обращения: 15.09.2025)
634. GB/Z 33750-2017 Internet of things – Guide for standardization. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/Z%2033750-2017 (дата обращения: 15.09.2025)
635. GB/T 33474-2025: Internet of things – Reference architecture. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/GBT33474-2025> (дата обращения: 15.09.2025)
636. YD/T 3905-2021: Decentralized IoT business platform framework based on blockchain technology. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/YDT3905-2021> (дата обращения: 15.09.2025)
637. GB/T 34047-2017: Reference architecture of information integration middleware platform for internet of things in manufacturing processes. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/GBT34047-2017> (дата обращения: 15.09.2025)
638. YD/T 4435-2023 Internet of Things communication architecture based on information center network and blockchain. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=YD/T%204435-2023 (дата обращения: 15.09.2025)
639. YD/T 4097-2022 Internet of things information model general framework. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=YD/T%204097-2022 (дата обращения: 15.09.2025)
640. YD/T 2437-2012 General framework and technical requirements of IoT (Internet of Things). – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=YD/T%202437-2012 (дата обращения: 15.09.2025)
641. GB/T 40778.1-2021 Internet of things – Web-oriented open service system implementation – Part 1: Reference architecture. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2040778.1-2021 (дата обращения: 15.09.2025)

642. GB/T 37686-2019 Internet of things – Sensing object information fusion model. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2037686-2019 (дата обращения: 15.09.2025)
643. GB/T 35117-2017 Function architecture for internet of things in manufacturing processes. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2035117-2017 (дата обращения: 15.09.2025)
644. GB/T 44809-2024: Internet of things(IoT) – Compatibility requirements and model for devices within industrial IoT systems. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/GBT44809-2024> (дата обращения: 15.09.2025)
645. GB/T 33899-2017: Interoperating protocol for instrument of industrial internet of things. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/GBT33899-2017> (дата обращения: 15.09.2025)
646. GB/T 41782.4-2024: Internet of things – Interoperability for systems – Part 4: Syntactic interoperability. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/GBT41782.4-2024> (дата обращения: 15.09.2025)
647. GB/T 41782.3-2024: Internet of things – Interoperability for systems – Part 3: Semantic interoperability. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/GBT41782.3-2024> (дата обращения: 15.09.2025)
648. GB/T 41782.2-2022 Internet of things – System interoperability – Part 2: Network connectivity. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2041782.2-2022 (дата обращения: 15.09.2025)
649. GB/T 41782.1-2022 Internet of things system interoperability – Part 1: Framework. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2041782.1-2022 (дата обращения: 15.09.2025)
650. GB/T 44283-2024 Internet of Things-Semantic interoperability implementation framework. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2044283-2024 (дата обращения: 15.09.2025)
651. YD/T 3331-2018: Overall technical requirements for cellular narrowband access (NB-IoT) wireless networks for the Internet of Things. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/YDT3331-2018> (дата обращения: 15.09.2025)
652. YD/T 3339-2018: Cellular Narrowband Access (NB-IoT) for IoT Security Technical Requirements and Test Methods. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/YDT3339-2018> (дата обращения: 15.09.2025)
653. YD/T 3335-2018: Cellular Narrowband Access (NB-IoT) base station equipment technical requirements for the Internet of Things. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/YDT3335-2018> (дата обращения: 15.09.2025)
654. YD/T 3337-2018: Terminal equipment technical requirement of Cellular Narrow Band Radio Access for Internet of Things (NB-IoT). – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/YDT3337-2018> (дата обращения: 15.09.2025)
655. YD/T 3332-2018: Cellular Narrowband Access (NB-IoT) Core Network for IoT. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/YDT3332-2018> (дата обращения: 15.09.2025)

656. YD/T 3333-2018: Technical requirements for cellular narrowband access (NB-IoT) core network equipment for the Internet of Things. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/YDT3333-2018> (дата обращения: 15.09.2025)
657. YD/T 5254-2021: Mobile Internet of Things (NB-IoT) Engineering Technical Specifications. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/YDT5254-2021> (дата обращения: 15.09.2025)
658. YD/T 4278-2023 5G mobile communication network-oriented enhanced core network technical requirements for the Internet of Things. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=YD/T%204278-2023 (дата обращения: 15.09.2025)
659. GB/T 40026-2021 Capability requirements of IoT with resource openness. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2040026-2021 (дата обращения: 15.09.2025)
660. GB/T 35319-2025: Internet of things – System interface requirements. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/GBT35319-2025> (дата обращения: 12.09.2025)
661. GB/T 38637.1-2020: Internet of things – Access of sensing and controlling device – Part 1: General requirements. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/GBT38637.1-2020> (дата обращения: 12.09.2025)
662. YD/T 4008-2022: LTE-based Internet of Vehicles wireless communication technology Application identification allocation and mapping. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/YDT4008-2022> (дата обращения: 12.09.2025)
663. GB/T 34037-2017: Specification of differential pressure transmitter for internet of things. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/GBT34037-2017> (дата обращения: 12.09.2025)
664. GB/T 34068-2017: General technology of internet of things – Specification of intelligent sensor interface. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/GBT34068-2017> (дата обращения: 12.09.2025)
665. GB/T 34069-2017: General technology of internet of things – Characteristic and classification of intelligent sensor. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/GBT34069-2017> (дата обращения: 12.09.2025)
666. GB/T 34070-2017: Standard of electrical measuring transmitters for internet of things. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/GBT34070-2017> (дата обращения: 12.09.2025)
667. GB/T 34071-2017: General technology for internet of things – Reliability design method and review for intelligent sensor. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/GBT34071-2017> (дата обращения: 12.09.2025)
668. GB/T 34072-2017: Specification of temperature transmitter for internet of things. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/GBT34072-2017> (дата обращения: 12.09.2025)

669. GB/T 34073-2017: Specification of pressure transmitter for internet of things. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/GBT34073-2017> (дата обращения: 12.09.2025)
670. GB/T 44865-2024 Internet of Things-System requirements for integrated platform for movable property supervision based on Internet of Things and sensor network technology. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2044865-2024 (дата обращения: 12.09.2025)
671. GB/T 44250.1-2024 Internet of Things Systems for Long-distance Oil and Gas Pipelines – Part 1: General Requirements. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2044250.1-2024 (дата обращения: 12.09.2025)
672. GB/T 44249.1-2024 For offshore oil and gas production – Internet of Things Systems for Production – Part 1: General Requirements. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2044249.1-2024 (дата обращения: 12.09.2025)
673. YD/T 4448-2023 Overall technical requirements for lightning protection information systems based on the Internet of Things. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=YD/T%204448-2023 (дата обращения: 12.09.2025)
674. YD/T 4112-2022 Technical requirements for cellular narrowband access (NB-IoT) core network equipment for the Internet of Things (Phase II). – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=YD/T%204112-2022 (дата обращения: 12.09.2025)
675. SY/T 7468-2020 Technical Specification for the Internet of Things System for Oil and Gas Production. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=SY/T%207468-2020 (дата обращения: 12.09.2025)
676. GB/T 40778.3-2022 Internet of things – System implementation for Web open services – Part 3: Object discovery methods. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2040778.3-2022 (дата обращения: 12.09.2025)
677. GB/T 40022-2021 General requirements of internet of things based on public telecommunication network. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2040022-2021 (дата обращения: 12.09.2025)
678. GB/T 40021-2021 General requirements of internet of things based on public telecommunication network. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2040021-2021 (дата обращения: 12.09.2025)
679. GB/T 40020-2021 General requirements of internet of things based on public telecommunication network. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2040020-2021 (дата обращения: 12.09.2025)
680. GB/T 38624.2-2021 Internet of things – Gateway – Part 2: Technical requirements of gateway accessing the public telecommunication network. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2038624.2-2021 (дата обращения: 12.09.2025)

681. GB/T 40778.2-2021 Internet of things – Web-oriented open service system implementation – Part 2: Thing description method. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2040778.2-2021 (дата обращения: 12.09.2025)
682. GB/T 38624.1-2020 Internet of things – Gateway – Part 1 : Gateway technology requirements for access of sensing device. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2038624.1-2020 (дата обращения: 12.09.2025)
683. GB/T 33900-2017 Application attribute protocol for instrument of industrial internet of things. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2033900-2017 (дата обращения: 12.09.2025)
684. GB/T 33901-2017 Identifier protocol for instrument of industrial internet of things. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2033901-2017 (дата обращения: 12.09.2025)
685. YD/T 4434-2023 Technical requirements for terminal interface of smart water meter system based on NB-IoT. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=YD/T%204434-2023 (дата обращения: 12.09.2025)
686. YD/T 4433-2023 Interface technical requirements for smart water meter system platform based on NB-IoT. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=YD/T%204433-2023 (дата обращения: 12.09.2025)
687. GB/T 42028-2022 Technical Requirements of IoT System for Onshore Oil and Gas Production. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2042028-2022 (дата обращения: 12.09.2025)
688. GB/T 38656-2020 Communication protocol technical specification of special equipment IoT system. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2038656-2020 (дата обращения: 12.09.2025)
689. YD/T 3749.2-2024: General requirements for secure operation and maintenance of Internet of Things information systems – Part 2: Management platform. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/YDT3749.2-2024> (дата обращения: 12.09.2025)
690. YD/T 3749.1-2020: General Requirements for Security Operation and Maintenance of Internet of Things Information System – Part 1: General Requirements. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/YDT3749.1-2020> (дата обращения: 12.09.2025)
691. GB/T 38662.2-2023 Internet of Things Marking System Ecode Marking Application Guide Part 2: Wire, Cable and Optical Fiber Cable. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2038662.2-2023 (дата обращения: 12.09.2025)
692. GB/T 37377-2019 Transportation – Identification classification and coding of internet of things. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2037377-2019 (дата обращения: 12.09.2025)
693. GB/T 37375-2019 Transportation – Coding rules of identification of internet of things. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2037375-2019 (дата обращения: 12.09.2025)

694. GB/T 36461-2018 Internet of things identification system – Guideline for OID application. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2036461-2018 (дата обращения: 12.09.2025)
695. GB/T 33904-2017 Service protocol for instrument of industrial internet of things. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2033904-2017 (дата обращения: 12.09.2025)
696. GB/T 35587-2017 Application and implementation specification of integrated platform for internet of things in manufacturing processes. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2035587-2017 (дата обращения: 12.09.2025)
697. YD/T 4326-2023: Technical requirements for Internet of Things business security situation awareness system. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/YDT4326-2023> (дата обращения: 12.09.2025)
698. GB/T 37093-2018: Information security technology – Security requirements for IoT sensing layer access to communication network. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/GBT37093-2018> (дата обращения: 12.09.2025)
699. GB/T 22239-2019: Information security technology – Baseline for classified protection of cybersecurity. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF.aspx/GBT22239-2019> (дата обращения: 12.09.2025)
700. GB/T 36951-2018: Information security technology – Security technical requirements for application of sensing terminals in internet of things. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/GBT36951-2018> (дата обращения: 12.09.2025)
701. GB/T 23819-2023: Safety of machinery – Fire prevention and fire protection. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF.aspx/GBT23819-2023> (дата обращения: 12.09.2025)
702. GB/T 35317-2017 Information classified security protection requirements for systems of IoTPS. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2035317-2017 (дата обращения: 12.09.2025)
703. GB/T 37024-2018: Information security technology – Security technical requirements of gateway in sensing layer of the internet of things. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/GBT37024-2018> (дата обращения: 12.09.2025)
704. GB/T 37025-2018: Information security technology – Security technical requirements of data transmission for internet of things. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/GBT37025-2018> (дата обращения: 12.09.2025)
705. YD/T 3947-2021 IoT Basic Security IoT Card Security Classification Management Specification. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=YD/T%203947-2021 (дата обращения: 12.09.2025)
706. YD/T 4133-2022 Technical requirements for IoT terminal security capabilities for low-power cellular networks. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=YD/T%204133-2022 (дата обращения: 12.09.2025)
707. YD/T 4323-2023 Security protection requirements for IoT management platforms. – URL: YD/T 4323-2023 China Standard english PDF, YD/T 4323-2023 Security protection

requirements for IoT management platforms (дата обращения: 12.09.2025)

708. YD/T 4327-2023 Technical requirements for IoT terminal security situation awareness system. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=YD/T%204327-2023 (дата обращения: 12.09.2025)
709. GB/T 37044-2018: Information security technology – Security reference model and generic requirements for internet of things. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/GBT37044-2018> (дата обращения: 12.09.2025)
710. YD/T 3865-2021: Industrial Internet data security protection requirements. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/YDT3865-2021> (дата обращения: 12.09.2025)
711. YD/T 3750-2020: Safety Technical Guidelines for Wireless Communication in Internet of Vehicles. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/YDT3750-2020> (дата обращения: 12.09.2025)
712. YD/T 4318-2023 Intelligent lock system platform interface technical requirements based on the Internet of Things. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=YD/T%204318-2023 (дата обращения: 12.09.2025)
713. YD/T 4317-2023 Intelligent lock system based on Internet of Things Terminal interface technical requirements. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=YD/T%204317-2023 (дата обращения: 12.09.2025)
714. YD/T 4132-2022 Basic security of the Internet of Things Technical requirements for security hierarchical and classified management of broadband customer smart gateways based on public telecommunication networks. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=YD/T%204132-2022 (дата обращения: 12.09.2025)
715. SF/T 0128-2021 Technical Specifications for Detoxification Internet of Things Intelligent Terminal System. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=SF/T%200128-2021 (дата обращения: 12.09.2025)
716. GB/T 41781-2022 Internet of Things – System Security Requirements for Web Open Services. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2041781-2022 (дата обращения: 12.09.2025)
717. YDB 063-2011 Applications for Internet of things based on communications networks. Green community of energy conservation. Part 1: General application requirements. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=YDB%20063-2011 (дата обращения: 12.09.2025)
718. GB/T 38637.2-2020: Internet of things – Access of sensing and controlling device – Part 2: Data management requirements. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/GBT38637.2-2020> (дата обращения: 12.09.2025)
719. GB/T 42196-2022 Technical requirements for video image metadata analysis of public security Internet of things. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2042196-2022 (дата обращения: 12.09.2025)

720. GB/T 38630-2020: Information technology – Real-time positioning – Multi-source fusion positioning data interface. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/GBT38630-2020> (дата обращения: 11.09.2025)
721. GB/T 44769-2024: Technical specification for data platform of energy internet. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/GBT44769-2024> (дата обращения: 11.09.2025)
722. GB/T 40287-2021: General framework of information and communication for electric internet of things. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/GBT40287-2021> (дата обращения: 11.09.2025)
723. GB/T 36478.1-2018: Internet of things – Information sharing and exchanging – Part 1: General architecture. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/GBT36478.1-2018> (дата обращения: 11.09.2025)
724. GB/T 36478.2-2018: Internet of things – Information sharing and exchanging – Part 2: General technical requirements. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/GBT36478.2-2018> (дата обращения: 11.09.2025)
725. GB/T 36478.4-2019 Internet of things – Information sharing and exchanging – Part 4: Data interface. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2036478.4-2019 (дата обращения: 11.09.2025)
726. GB/T 36478.3-2019 Internet of things – Information sharing and exchanging – Part 3: Metadata. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2036478.3-2019 (дата обращения: 11.09.2025)
727. GB/T 41780.2-2024 Internet of Things – Edge computing – Part 2: Data management requirements. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2041780.2-2024 (дата обращения: 11.09.2025)
728. GB/T 41780.1-2022 Internet of things edge computing part 1: general requirements. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2041780.1-2022 (дата обращения: 11.09.2025)
729. GB/T 40684-2021 Internet of things – General requirements for information sharing and interchange platform. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2040684-2021 (дата обращения: 11.09.2025)
730. GB/T 35120-2017 Information exchange specification for digital model of internet of things in manufacturing processes. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2035120-2017 (дата обращения: 11.09.2025)
731. GB/T 35122-2017 Information expression specification for digital model of internet of things in manufacturing processes. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2035122-2017 (дата обращения: 11.09.2025)
732. GB/T 38663-2020: Identification System for Internet of Things – Middleware Standard for Ecode Identification System. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF.aspx/GBT38663-2020> (дата обращения: 11.09.2025)
733. GB/T 31866-2023: Identification system for internet of things – Ecode of entity code. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/GBT31866-2023> (дата обращения: 11.09.2025)

734. GB/T 36605-2018: Identification system for internet of things – Ecode resolution specifications. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/GBT36605-2018> (дата обращения: 11.09.2025)
735. GB/T 37032-2018: Identification system for Internet of things – General principles. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/GBT37032-2018> (дата обращения: 11.09.2025)
736. GB/T 35420-2025 Internet of Things Identification System – Storage of Ecode in Two-Dimensional Barcodes. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2035420-2025 (дата обращения: 11.09.2025)
737. GB/T 35419-2025 Internet of Things Identification System – Storage of Ecode in One-Dimensional Barcodes. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2035419-2025 (дата обращения: 11.09.2025)
738. GB/T 41810-2022 Internet of Things Identification System Object Identifier Encoding and Storage Requirements. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2041810-2022 (дата обращения: 11.09.2025)
739. GB/T 38660-2020 Identification system for internet of things – Security mechanism for Ecode identification system. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2038660-2020 (дата обращения: 11.09.2025)
740. GB/T 38606-2020 Identification system for internet of things – Data content identifier. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2038606-2020 (дата обращения: 11.09.2025)
741. GB/T 36604-2018 Identification system for internet of things – Ecode platform access specifications. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2036604-2018 (дата обращения: 11.09.2025)
742. GB/T 35422-2017 Identification system for internet of things – Registration and management of Ecode. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2035422-2017 (дата обращения: 11.09.2025)
743. GB/T 35423-2017 Identification system for internet of things – Ecode encoding specifications for NFC tag. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2035423-2017 (дата обращения: 11.09.2025)
744. GB/T 35421-2017 Identification system for internet of things – Ecode encoding specifications for RFID tag. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2035421-2017 (дата обращения: 11.09.2025)
745. GB/T 38669-2020: Internet of things – General technical requirements for mine production line intelligent supervisory system. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/GBT38669-2020> (дата обращения: 11.09.2025)
746. GB/T 33905.2-2017 Intelligent sensor – Part 2: Application profile for internet of things. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2033905.2-2017 (дата обращения: 11.09.2025)
747. YD/T 4036-2022: Core protocol of IoT service layer based on oneM2M. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/YDT4036-2022> (дата обращения: 10.09.2025)

748. YD/T 4037-2022: OneM2M-based IoT service layer protocol binding. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/YDT4037-2022> (дата обращения: 10.09.2025)
749. YDZ4039-2022: OneM2M-based IoT Service Layer Implementation Guidelines. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/YDZ4039-2022> (дата обращения: 10.09.2025)
750. YD/T 4038-2022: Internet of Things service layer based on oneM2M Mobile communication network interworking. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/YDT4038-2022> (дата обращения: 10.09.2025)
751. YD/T 4099-2022 IoT service layer security based on oneM2M. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=YD/T%204099-2022 (дата обращения: 10.09.2025)
752. YD/T 4098-2022 Overall technical requirements of oneM2M-based IoT service layer. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=YD/T%204098-2022 (дата обращения: 10.09.2025)
753. YD/T 3334-2018: Test method of core network for Cellular Narrow-Band Access of Internet of Things. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/YDT3334-2018> (дата обращения: 10.09.2025)
754. YD/T 3336-2018: Cellular narrowband access (NB-IoT) base station equipment test method for the Internet of Things. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/YDT3336-2018> (дата обращения: 10.09.2025)
755. YD/T 3338-2018: Test method for user equipment of Cellular Narrow-Band Radio Access for Internet of Things. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/YDT3338-2018> (дата обращения: 10.09.2025)
756. YD/T 4004-2022: Internet Basic Resources ICP Filing Subject Information Authenticity Detection System Test Method. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/YDT4004-2022> (дата обращения: 10.09.2025)
757. GB/T 38624.3-2024 Internet of Things – Gateway – Part 3: Gateway test method for access to public telecommunications networks. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2038624.3-2024 (дата обращения: 10.09.2025)
758. YD/T 3937-2021 Technical requirements and test methods of user plane-based A-GNSS positioning for the Internet of Things. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=YD/T%203937-2021 (дата обращения: 10.09.2025)
759. YD/T 4000-2021 Cellular Narrowband Access for IoT (NB-IoT) Core Network Equipment Test Method (Phase 2). – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=YD/T%204000-2021 (дата обращения: 10.09.2025)
760. GB/T 37715-2019 Specification for base platform and application system software testing of IoTPS. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2037715-2019 (дата обращения: 10.09.2025)
761. GB/T 44811-2024 Internet of Things – Data quality evaluation method. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2044811-2024 (дата обращения: 10.09.2025)

762. GB/T 36468-2018 Internet of things – General principles of stipulation on evaluation indicator system. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2036468-2018 (дата обращения: 10.09.2025)
763. GB/T 37714-2019 Technical requirements for security evaluation of sensing device data transmission of IoTPS. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=GB/T%2037714-2019 (дата обращения: 10.09.2025)
764. SJ/T 11806-2022 Competence Requirements for Internet of Things Practitioners. – URL: https://gbstandards.org/China_standard_english.asp?code=SJ/T%2011806—2022 (дата обращения: 10.09.2025)
765. Internet of Things: the China perspective. – URL: <https://thespacereview.com/article/4566/1> (дата обращения: 10.09.2025)
766. JIS Work Programme, New JIS, Electronics and Information Technology. – URL: <https://www.jisc.go.jp/app/jis/general/GnrWorkScheduleCreationInfEng?show&pubNoticeCD=001&jiscCmtID=1000001160&jiscCmtNM=Electronics%20,%20Information%20Technology> (дата обращения: 16.09.2025)
767. JIS X 20924:2025 Internet of Things (IoT) and digital twin – Vocabulary. – URL: https://webdesk.jsa.or.jp/books/W11M0090/index/?bunsyo_id=JIS+X+20924%3A2025 (дата обращения: 16.09.2025)
768. Japanese Industrial Standards Committee: JIS Work Programme. – URL: <https://www.jisc.go.jp/eng/jis-act/plan-ref.html> (дата обращения: 16.09.2025)
769. The Industrial Internet of Things Networking Framework. – URL: https://www.iiconsortium.org/wp-content/uploads/sites/2/2022/08/IINF_Update_2022_08_03.pdf (дата обращения: 16.09.2025)
770. IIoT System Implementation and Certification Based on ISA/IEC 62443 Standards. – URL: https://isasecure.org/hubfs/2022%20ISA%20Website%20Redesigns/ISASecure/PDFs/IIoT%20System%20Certification%2062443%20Paper_ISASecure_ISAGCA.pdf?hsLang=en (дата обращения: 16.09.2025)
771. IIoT Standards and Interoperability: A Guide for Manufacturers. – URL: <https://www.iiot-world.com/smart-manufacturing/discrete-manufacturing/ultimate-guide-iiot-standards-interoperability/> (дата обращения: 16.09.2025)
772. Horizontal IIoT Standards Landscape. – URL: <https://www.iiconsortium.org/wp-content/uploads/sites/2/2024/09/Horizontal-IIoT-Standards-Landscape-9-20-24.pdf> (дата обращения: 16.09.2025)
773. Intel, Biden-Harris Administration Finalize \$7.86 Billion Funding Award Under US CHIPS Act – Intel Newsroom. – URL: <https://newsroom.intel.com/corporate/intel-chips-act> (дата обращения: 16.09.2025)
774. Press Kit: US CHIPS Act Funding for Intel – Newsroom. – URL: <https://newsroom.intel.com/press-kit/us-chips-act-funding-intel> (дата обращения: 16.09.2025)
775. Intel and Biden Admin Announce up to \$8.5 Billion in Direct Funding Under the CHIPS Act – Intel Newsroom. – URL: <https://newsroom.intel.com/corporate/intel-and-biden-admin-announce-up-to-8-5-billion-in-direct-funding-under-the-chips-act> (дата обращения: 16.09.2025)

776. ТК 194 Кибер-физические системы. – URL: <https://tc194.ru/> (дата обращения: 16.09.2025)
777. Операторский протокол Интернета вещей стал национальным стандартом. – URL: <https://www.rst.gov.ru/newsRST/redirect/news/1//9575> (дата обращения: 16.09.2025)
778. Национальные стандарты в области интернета вещей. – URL: <https://vaiti.io/naczionalnye-standarty-v-oblasti-interneta-veshhej/> (дата обращения: 16.09.2025)
779. ПНСТ 643-2022 Информационные технологии. Интернет вещей промышленный. Термины и определения. – URL: https://allgosts.ru/35/020/pnst_643-2022 (дата обращения: 16.09.2025)
780. ГОСТ Р 71842-2024 (IEC/TR 63283-1:2022) Цифровая промышленность. Умное производство. Часть 1. Термины и определения. – URL: https://meganorm.ru/mega_doc/norm_update_26042025/gost-r_gosudarstvennyj-standart/0/gost_r_71842-2024_IEC_TR_63283-1_2022_natsionalnyy-standart.html (дата обращения: 16.09.2025)
781. Утвержден международный стандарт, включающий выработанные в России принципы доверенности Интернета вещей. – URL: <https://www.rst.gov.ru/newsRST/redirect/news/1//9485> (дата обращения: 16.09.2025)
782. Перспективный план стандартизации в области передовых производственных технологий на 2025 – 2030 гг. (с изменением N 1, 2, 3, утв. Росстандартом, Минпромторгом России). – URL: <https://legalacts.ru/doc/perspektivnyi-plan-standartizatsii-v-oblasti-perevovykh-proizvodstvennykh-tekhnologii-na/> (дата обращения: 25.03.2025)
783. Разработка дорожной карты развития ВТО «Интернет вещей». – URL: <https://yakovlev.net/projects/razrabotka-dorozhnoj-karty-razvitiya-vto-iv> (дата обращения: 16.09.2025)
784. Расходы на развитие российского интернета вещей урезали в 4 раза – CNews. – URL: https://www.cnews.ru/articles/2021-03-30_rashody_na_razvitie_rossijskogo (дата обращения: 16.09.2025)
785. The Lens – Free & Open Patent and Scholarly Search. – URL: <https://www.lens.org/> (дата обращения: 05.05.2025)
786. Patent № 9396369B1, Int. Cl. GSB 23/00 (2006.01), G06K 7/10 (2006.01). Electronic tag transmissions corresponding to physical disturbance of tag: 14/613,165: 03.02.2015: published 19.07.2016 / T. Whitehurst, Z. Minjack, D. Park, D. Edwards, A. Davydov; application filed by Apple Inc., – 19.07.2016. – URL: <https://patents.google.com/patent/US9396369B1/en?q=US+9396369+B1+Electronic+tag+transmissions+corresponding+to+physical+disturbance+of+tag> (дата обращения: 23.09.2025)
787. Patent № 9094407 B1, Int. C. G06F 9/00 (2006.01), H04L 29/06 (2006.01), H04L 29/08 (2006.01). Security and rights management in a machine-to-machine messaging system: № 14/550,719: 21.11.2014: published 28.07.2015 / Ch. Matthieu, G. Ramleth; application filed by Octoblu Inc – 28.07.2015. – URL: <https://patents.google.com/patent/US9094407B1/en?q=+US+9094407+B1> (дата обращения: 23.09.2025)

788. Patent №10649630B1, Int. Cl. G06F 3/048 (2013.01), G06F 3/0482 (2013.01), G06F 3/0483 (2013.01), G06F 3/0484 (2013.01), G06F 9/451 (2018.01), G06F 21/10 (2013.01), H04L 29/08 (2006.01). Graphical user interfaces for software asset management: № 16 / 242,668: 08.01.2019: published 12.05.2020 / N. Vora, Y. Wang; application filed by : ServiceNow, Inc. – 12.05.2020. – URL: <https://patents.google.com/patent/US10649630B1/en?q=US+10649630+B1+Graphical+user+interfaces+for+software+asset+management> (дата обращения: 23.09.2025)
789. Patent № 12182603B2, Int. Cl. G06F 9/455 (2018.01), G06F 9/50 (2006.01). Automated analysis and dynamic resource configuration for hard provisioned virtual machines: № 17/725,350: 20.04.2022 / J. B. Caisse, B. K. Goodman, H. Tummala; application filed by Dell Products L.P. – 31.12.2024. – URL: <https://patents.google.com/patent/US12182603B2/en?q=US+12182603+B2+Automated+analysis+and+dynamic+resource+configuration+for+hard+provisioned+virtual+machines> (дата обращения: 23.09.2025)
790. Patent №102721562B1, Int. Cl. G05B 19/05 (2006.01), G05B 19/042 (2006.01), G05B 19/418 (2024.01), G05B 23/02 (2006.01). Method for Operating an InstrumentationControl System that Supports Scada Programs and Automatically Recovers the Failureof the Field Control Module: 08.07.2024: published 24.10.2024; application filed by Ajin CO LTD – 24.10.2024. – URL: <https://patents.google.com/patent/KR102721562B1/en?q=KR++102721562+B1+Method+for+Operating+an+InstrumentationControl+System+that+Supports+Scada+Programs+and+Automatically+Recovers+the+Failureof+the+Field+Control+Module> (дата обращения: 23.09.2025)
791. Patent № 102714385B1, Int. Cl. G06F 21/57 (2013.01), G06F 21/55 (2013.01), G21C 23/00 (2006.01). Industrial cyber security test bed: published 31.05.2022 11.10.2024; application filed by Opcia Corp – 11.10.2024. – URL: <https://patents.google.com/patent/KR102714385B1/en?q=KR+102714385+B1+Industrial+cyber+security+test+bed> (дата обращения: 23.09.2025)

ИЗДАНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ СПБПУ



**Тенденции и перспективы развития технологич-
гий «умного» производства. Экспертно-ана-
литический доклад:** монография / А.И. Боров-
ков, Е.Р. Мартынец, Л.А. Щербина, Ю.А. Рябов;
под ред. А.И. Боровкова. – СПб.: ПОЛИТЕХ-
ПРЕСС, 2025. – 184 с.



**Обзор применяемых технологий проведения
цифровых испытаний элементов беспилотных
летательных аппаратов в России и странах-
участницах БРИКС. Экспертно-аналитиче-
ский доклад:** монография / А.И. Боровков,
О.И. Рождественский, Е.И. Павлова, И.И. Поня-
ева, Е.П. Чхеидзе, А.А. Старостенко, П.С. Распо-
пина, А.С. Голякевич, С.А. Чварков, М.Ю. Корч-
ков, Н.М. Луковникова, И.Б. Андреев, А.О. Оль-
ховик, П.А. Джелали. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС,
2025. – 248 с.



**Обзор технологий цифрового моделирования
композиционных материалов для применения
в атомной отрасли. Экспертно-аналитический
доклад:** монография / А.И. Боровков, О.И. Рож-
дественский, Е.И. Павлова, И.И. Поняева,
Е.П. Чхеидзе, А.А. Старостенко, П.С. Распопина,
А.С. Голякевич, С.А. Чварков, Н.М. Луковни-
кова, И.Б. Андреев, А.О. Ольховик, П.А. Дже-
лали. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2025. – 176 с.



**Популяризация инструментов цифрового ин-
жиниринга в деятельности современного ин-
женерного университета в рамках концепции
достижения технологического лидерства
России:** монография / под ред. А.И. Боровкова.
– СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2025. – 206 с.



**Функциональные характеристики отече-
ственных средств информационного моделирова-
ния (BIM). Экспертно-аналитический доклад
(по состоянию на апрель 2025 года):** моногра-
фия / А.И. Боровков, О.И. Рождественский,
Е.И. Павлова [и др.]. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС,
2025. – 244 с.





Функциональные характеристики отечественных систем управления производством (MES-систем) для дискретных производств. Экспертно-аналитический доклад (по состоянию на апрель 2025 года): монография / А.И. Боровков [и др.]; под ред. А.И. Боровкова. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2025. – 244 с.



Функциональные характеристики отечественных систем технологической подготовки производства (САРР-систем). Экспертно-аналитический доклад (по состоянию на апрель 2025 года): монография / А.И. Боровков [и др.]; под ред. А.И. Боровкова. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2025. – 226 с.



Тренды и перспективы развития цифрового проектирования и моделирования (включая цифровые технологии моделирования изделий из композиционных материалов на основе инструментов разработки и применения цифровых двойников композиционных материалов). Экспертно-аналитический доклад: монография / А.И. Боровков, Е.Р. Мартынец, Л.А. Щербина, Е.Р. Хуторцова, Ю.А. Рябов, К.В. Кукушкин, Л.А. Нездоймышапко, Д.Д. Ожгибесова, Е.П. Чхеидзе, И.И. Поняева, Е.И. Павлова, О.И. Рождественский; под ред. А.И. Боровкова. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2025. – 140 с.



Обзор цифровых технологий обеспечения эксплуатации композитных и гибридных конструкций БВС. Экспертно-аналитический доклад: монография / А.И. Боровков, О.И. Рождественский, Е.И. Павлова, И.И. Поняева, Е.П. Чхеидзе, А.А. Старостенко, П.С. Распопина, А.С. Голякевич, С.А. Чварков, М.Ю. Корчков, Н.М. Луковникова, И.Б. Андреев, А.О. Ольховик, П.А. Джелали; под ред. А.И. Боровкова. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2025. – 262 с.



Перспективы и сценарии развития промышленной робототехники в рамках направления «Технет» НТИ в 2024 году. Экспертно-аналитический доклад: монография / А.И. Боровков, Л.А. Щербина, Е.Р. Мартынец, Ю.А. Рябов, К.В. Кукушкин, А.М. Трапезникова, Л.А. Нездоймышапко; под ред. А.И. Боровкова. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024. – 122 с.





Перспективы и сценарии развития цифровых платформ в рамках направления «Технет» НТИ в 2024 году. Экспертно-аналитический доклад: монография / А.И. Боровков, Е.Р. Мартынец, Л.А. Нездоймышапко, Л.А. Щербина, Ю.А. Рябов, К.В. Кукушкин, Е.Р. Хуторцова; под ред. А.И. Боровкова. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024. – 164 с.



Анализ рынка систем управления процессами и данными компьютерного моделирования (SPDM-систем) в рамках направления «Технет» НТИ. Экспертно-аналитический доклад: монография / А.И. Боровков, О.И. Рождественский, Е.И. Павлова, И.И. Поняева, А.Х. Кайданова, Е.П. Чхеидзе, А.А. Старостенко, П.С. Распопина, А.С. Голякевич, С.А. Чварков, Н.М. Луковникова, И.Б. Андреев, А.О. Ольховик, П.А. Джелали, К.В. Кукушкин, П.В. Скопин; под ред. А.И. Боровкова. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024. – 169 с.



Анализ рынка систем инженерного анализа (CAE-систем), в том числе использующих технологии искусственного интеллекта, в рамках направления «Технет» НТИ. Экспертно-аналитический доклад: монография / А.И. Боровков, О.И. Рождественский, Е.И. Павлова, И.И. Поняева, А.Х. Кайданова, Е.П. Чхеидзе, А.А. Старостенко, П.С. Распопина, А.С. Голякевич, С.А. Чварков, Н.М. Луковникова, И.Б. Андреев, А.О. Ольховик, П.А. Джелали, К.В. Кукушкин, А.А. Михайлов, И.Б. Войнов, С.Д. Чишко, А.Д. Новокшенов; под ред. А.И. Боровкова. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024. – 219 с.



Анализ рынка систем управления жизненным циклом изделия (PLM-систем) в рамках направления «Технет» НТИ. Экспертно-аналитический доклад: монография / А.И. Боровков, О.И. Рождественский, Е.И. Павлова, И.И. Поняева, А.Х. Кайданова, Е.П. Чхеидзе, А.А. Старостенко, П.С. Распопина, А.С. Голякевич, С.А. Чварков, Н.М. Луковникова, И.Б. Андреев, А.О. Ольховик, П.А. Джелали, К.В. Кукушкин, В.Н. Будилов, П.В. Скопин; под ред. А.И. Боровкова. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024. – 204 с.





Анализ рынка систем управления производством (MES-систем) в рамках направления «Технет» НТИ. Экспертно-аналитический доклад: монография / А.И. Боровков, О.И. Рождественский, Е.И. Павлова, И.И. Поняева, А.Х. Кайданова, Е.П. Чхеидзе, А.А. Старостенко, П.С. Распопина, А.С. Голякевич, С.А. Чварков, Н.М. Луковникова, И.Б. Андреев, А.О. Ольховик, П.А. Джелали, К.В. Кукушкин, В.П. Шкодырев, В.Н. Хохловский, Е.А. Башкирова, А. Диб, П. Жан-Зуауи, И.А. Скогликов, И.В. Бевз, Д.Я. Чавелипарамбил; под ред. А.И. Боровкова. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024. – 208 с.



Анализ рынка систем диспетчерского управления технологическими процессами и сбором данных (SCADA) в рамках направления «Технет» НТИ: монография / А.И. Боровков, О.И. Рождественский, Е.И. Павлова, И.И. Поняева, А.Х. Кайданова, Е.П. Чхеидзе, А.А. Старостенко, П.С. Распопина, А.С. Голякевич, С.А. Чварков, Н.М. Луковникова, И.Б. Андреев, А.О. Ольховик, П.А. Джелали, К.В. Кукушкин, В.П. Шкодырев, В.Н. Хохловский, Е.А. Башкирова, А. Диб, П. Жан-Зуауи, И.А. Скогликов; под ред. А.И. Боровкова. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024. – 243 с.



Тренды и сценарии развития рынка систем расширенного планирования производства (APS-систем) в рамках направления «Технет» НТИ. Экспертно-аналитический доклад: монография / А.А. Корчевская, А.Т. Хуторцова, С.Н. Гудырин, А.В. Морозов, А.В. Чеславский, И.Б. Гиндин, А.М. Шакин, А.Р. Залыгин, Н.И. Прытков, А.М. Трапезникова, Ю.А. Рябов, К.В. Кукушкин. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024. – 112 с.



Исследование рынка цифровых платформ для оптовой торговли в странах БРИКС и Ближнего Востока. Экспертно-аналитический доклад: монография / А.Т. Хуторцова, А.А. Корчевская, Е.Н. Дьяченко, Н.И. Прытков, А.М. Трапезникова, Ю.А. Рябов, К.В. Кукушкин. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024. – 144 с.





Перспективы и сценарии развития новых материалов в рамках направления «Технет» НТИ в 2023 году. Экспертно-аналитический доклад: монография / А.И. Боровков, Л.А. Щербина, Е.Р. Мартынец, Ю.А. Рябов, К.В. Кукушкин, Н.И. Прытков, А.М. Трапезникова, О.В. Толочко, И.А. Кобычно, Е.В. Бобрынина; под ред. А.И. Боровкова. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024. – 184 с.



Функциональные характеристики отечественных систем автоматизированного проектирования (САД-систем). Экспертно-аналитический доклад (по состоянию на март 2024 года): монография / А.И. Боровков, О.И. Рождественский, Е.И. Павлова [и др.] – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024. – 214 с.



Функциональные характеристики отечественных систем инженерного анализа (САЕ-систем). Экспертно-аналитический доклад (по состоянию на март 2024 года): монография / А.И. Боровков, О.И. Рождественский, Е.И. Павлова [и др.]. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024. – 228 с.



Функциональные характеристики отечественных систем управления оборудованием с числовым программным управлением (САМ-систем). Экспертно-аналитический доклад (по состоянию на март 2024 года): монография / А.И. Боровков, О.И. Рождественский, Е.И. Павлова [и др.] – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024. – 188 с.



Функциональные характеристики отечественных систем управления жизненным циклом изделия (РЛМ-систем). Экспертно-аналитический доклад (по состоянию на март 2024 года): монография / А.И. Боровков, О.И. Рождественский, Е.И. Павлова [и др.] – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024. – 174 с.





Направления и формы сотрудничества отечественных разработчиков индустриального программного обеспечения с системой образования. Экспертно-аналитический доклад (по состоянию на апрель 2024 года): монография / А.И. Боровков, О.И. Рождественский, Е.И. Павлова [и др.] – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024. – 132 с.



Тренды и сценарии развития рынка авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов, в 2023 году. Экспертно-аналитический доклад: монография / А.И. Боровков, Е.Р. Мартынец, Л.А. Щербина, Н.И. Прытков, А.А. Корчевская, А.Т. Хуторцова, Ю.А. Рябов, К.В. Кукушкин; под ред. А.И. Боровкова. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2023. – 204 с.



Тренды и сценарии развития рынков решений в области цифровой трансформации промышленных компаний в рамках направления «Технет» НТИ в 2023 году. Экспертно-аналитический доклад: монография / А.И. Боровков, Л.А. Щербина, Е.Р. Мартынец, А.А. Корчевская, А.Т. Хуторцова, Н.И. Прытков, Ю.А. Рябов, К.В. Кукушкин; под ред. А.И. Боровкова. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2023. – 116 с.



Тренды и сценарии развития рынков, относящихся к «цифровой фабрике», по направлению «Технет» НТИ в условиях новой экономической реальности. Экспертно-аналитический доклад: монография / А.И. Боровков, Л.А. Щербина, Е.Р. Мартынец, А.А. Корчевская, А.Т. Хуторцова, Н.И. Прытков, Ю.А. Рябов, К.В. Кукушкин; под ред. А.И. Боровкова. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2023. – 108 с.





Цифровые двойники в высокотехнологичной промышленности: монография / А.И. Боровков, Ю.А. Рябов, Л.А. Щербина, Е.Р. Мартынец, А.А. Корчевская, А.Т. Хуторцова, К.В. Кукушкин, А.А. Гамзикова; под ред. А.И. Боровкова. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2022. – 492 с.



Цифровые двойники: вопросы терминологии / А.И. Боровков, А.А. Гамзикова, К.В. Кукушкин, Ю.А. Рябов. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2021. – 28 с.

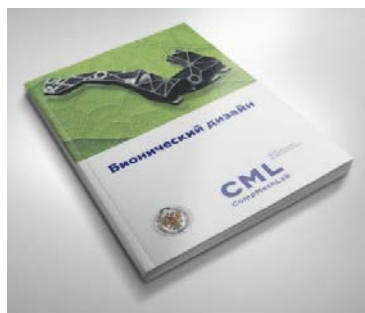


Передовые производственные технологии: возможности для России. Экспертно-аналитический доклад: монография / А.И. Боровков, К.В. Кукушкин, А.А. Корчевская, А.Т. Хуторцова, Л.А. Щербина, Ю.А. Рябов, С.В. Салкуцан, Е.О. Касяненко, И.С. Метревели, К.О. Вишневский, Ю.В. Туровец, М.С. Липецкая, Д.В. Санатов, Н.С. Андреева, Е.А. Римских, В.А. Пастухов, Н.В. Гоголь, М.А. Королькова под ред. А.И. Боровкова. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2020. – 436 с.



Цифровые двойники в высокотехнологичной промышленности. Краткий доклад (сентябрь 2019 года): монография / А.И. Боровков, А.А. Гамзикова, К.В. Кукушкин, Ю.А. Рябов. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2019. – 62 с.





Бионический дизайн: монография / А.И. Боровков, В.М. Марусева, Ю.А. Рябов, Л.А. Щербина. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. – 92 с.



Современное инженерное образование / А.И. Боровков, С.Ф. Бурдаков, О.И. Клявин, М.П. Мельникова, В.А. Пальмов, Е.Н. Силина. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 80 с.



Компьютерный инжиниринг / А.И. Боровков, С.Ф. Бурдаков, О.И. Клявин, М.П. Мельникова, А.А. Михайлов, А.С. Немов, В.А. Пальмов, Е.Н. Силина – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 93 с.



ОБ ИНФРАСТРУКТУРНОМ ЦЕНТРЕ НТИ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ТЕХНЕТ» СПбПУ

Инфраструктурный центр НТИ пр направлению «Технет» СПбПУ (далее – Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ) создан в октябре 2024 года по итогам конкурсного отбора инфраструктурных центров направлений Национальной технологической инициативы (НТИ).

Деятельность Инфраструктурного центра «Технет» СПбПУ направлена на поддержку проектов, популяризацию технологий, разработку нормативных правовых актов, а также проведение аналитических исследований, в том числе в области цифровой трансформации промышленных компаний.

Цель программы Инфраструктурного центра «Технет» СПбПУ: формирование и развитие институциональной среды, обеспечивающей устойчивое формирование комплекса ключевых компетенций, обеспечивающих интеграцию отечественных передовых производственных технологий (ППТ) и бизнес-моделей для их распространения в качестве «Фабрик Будущего» первого и последующего поколений и нацеленных на создание глобально конкурентоспособной кастомизированной / персонализированной продукции нового поколения для рынков НТИ и высокотехнологичных отраслей промышленности в контексте национальных стратегических приоритетов импортонезависимости и технологического суверенитета РФ.

Достижению поставленной цели способствует выполнение следующих задач:

1. Поэтапное совершенствование нормативной правовой базы в целях устранения барьеров для использования передовых технологических решений и создания системы стимулов для их внедрения.
2. Развитие системы профессиональных сообществ и популяризация Национальной технологической инициативы.
3. Организационно-техническая и экспертно-аналитическая поддержка, информационное обеспечение Национальной технологической инициативы.
4. Создание механизмов акселерации компаний Национальной технологической инициативы и механизмов экспортного продвижения создаваемых продуктов.



*Боровков Алексей Иванович
Мартынец Екатерина Романовна
Щербина Людмила Александровна
Рябов Юрий Александрович*

**ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
ТЕХНОЛОГИЙ «УМНОГО» ПРОИЗВОДСТВА**
ЭКСПЕРТНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ДОКЛАД

Монография

Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции
ОК 005-93, т. 2; 95 3004 – научная и производственная литература

Подписано в печать 25.12.2025. Формат 60×84/8. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 23,0. Тираж 100. Заказ 5947.

Отпечатано с готового оригинал-макета, предоставленного авторами,
в Издательско-полиграфическом центре Политехнического университета.
195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29.
Тел.: (812) 552-77-17; 550-40-14.