

УДК 338.22.021.2

DOI: 10.34670/AR.2026.75.97.069

Цифровизация промышленности: мировые и российские тенденции, ключевые факторы трансформации

Махалин Виктор Николаевич

Кандидат экономических наук, доцент,
Государственный университет управления,
109542, Российская Федерация, Москва, Рязанский пр., 99;
e-mail: mahalinviktor@mail.ru

Махалина Оксана Михайловна

Доктор экономических наук, профессор,
Государственный университет управления,
109542, Российская Федерация, Москва, Рязанский пр., 99;
e-mail: mahalinviktor@mail.ru

Аннотация

Экономическое развитие любого государства, в условиях быстрой смены технологических укладов, перехода от Индустрии 4.0 к Индустрии 5.0 и далее, в первую очередь, определяется темпами технологической модернизации промышленных отраслей на основе цифровизации. Цифровые технологии способствуют радикальному сокращению производственных издержек, автоматизируя и роботизируя производственные процессы, оптимизируя воспроизводственные цепочки, повышают производительность труда, в том числе и управленческого. Несмотря на усилия государства, экономика России, кроме наличия структурных диспропорций и низкой производительности труда, имеет низкий уровень общего технологического развития, и темпы преобразований. Целью настоящей статьи выступает анализ и систематизация результатов цифровой трансформации промышленности в региональных странах-лидерах: Юго-Восточной Азии, Америки и Европы, а также рассмотрение ситуации с цифровизацией и робототехникой промышленности в нашей стране, по отношению к ним и существующих потенциальных возможностей по ускоренной автоматизации и роботизации промышленности. Выполненный анализ различных научных, аналитических и статистических источников, позволил авторам сформулировать не только особенности реализации процессов цифровизации по разным странам, но и выявить и определить логику и факторы цифрового перехода, призванные обеспечить требуемые темпы цифровой трансформации российской промышленности и в первую очередь, наличие стратегической государственной политики в сфере цифровизации и роботизации.

Для цитирования в научных исследованиях

Махалин В.Н., Махалина О.М. Цифровизация промышленности: мировые и российские тенденции, ключевые факторы трансформации // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2026. Том 16. № 1А. С. 668-681. DOI: 10.34670/AR.2026.75.97.069

Ключевые слова

Цифровизация, автоматизация промышленности, Индустрия 4.0, Индустрия 5.0, искусственный интеллект, коботы, роботы, робототехника, роботизация промышленности, промышленная политика, технологическая модернизация.

Введение

В XXI веке, в скорости и направлении промышленного развития, в полной мере, проявились тенденции, связанные:

- с ускорением технологического прогресса и возникновением, на этой базе, новых отраслей;
- с ростом использования альтернативных и возобновляемых источников энергии;
- с глобальным развитием и совершенствованием коммуникационных средств и логистики цепочек поставок, что привело к массовому переносу промышленного производства в страны Юго-Восточной Азии.

Вследствие активного развития этого процесса, проявились два важных фактора: с одной стороны, произошло снижение затратной части производства, общего снижения потребительских цен и выросли масштабы производства, а на другом фланге возникли и стали активно развиваться процессы деиндустриализации ранее промышленно развитых стран, которые перешли к сервисной экономике. Происходящие изменения диктовались экономическим развитием и необходимостью удовлетворения роста общественных потребностей, входящих в противоречие с ограниченностью ресурсной базы [Афанасьев, 2023] и технологическим развитием промышленности, как ключевой отрасли, определяющей специфику, уровень и скорость как национального, так и мирового социально-экономического развития. При этом, именно фундаментальная наука, прикладные компетенции и инновации определяют направление и темпы преобразования промышленных технологий.

В 2025 году, исполняется 14 лет с момента объявления Германией о переходе к развитию промышленности на основе концепции Индустрия 4.0 (Интернет вещей (IoT), облачные вычисления, большие данные, умные производства). За прошедший период, взрывное развитие цифровых технологий и их активное проникновение в сферу производства: по различным оценкам, прогнозируемый объём рынка технологий к 2026 году составит свыше 165 млрд. долларов, положило начало не эволюционного перехода к Индустрии 5.0 [Рубцова, 2025], предполагающей, на основе внедрения и совмещения технологий искусственного интеллекта (ИИ) и робототехники, не только обеспечение и дальнейшее развитие полноценного взаимодействия в системе взаимоотношений «машина-человек», но и полностью исключение человеческого участия, как фактора риска, из большинства, если не всех, производственных процессов. Из комплекса технологий, составляющих содержание Индустрии 5.0, выделяются технологии ИИ, обеспечивающих возможность по автоматической пере- и самонастройке роботизированных производственных процессов, анализу больших данных и данных о затратах, прогнозу потребностей.

Развитие технологий искусственного интеллекта, на фоне снижения затрат, увеличения вычислительных мощностей и развития робототехники, в части увеличения применения коллаборативных роботов, оставляет за человеком только контрольные и творческие функции (интеллектуальный труд), что теоретически, должно привести к формированию более безопасной производственной среды и повысить качество труда. Кроме того, цифровизация и

роботизация в промышленности, является важным фактором поддержания экономического роста в странах с отрицательной демографической динамикой [Банников, 2023], к каким, к сожалению, относится и наша страна, а применение ИИ в системе отношений "гражданин-государство", например при реализации прав по получению государственных услуг в сфере адресной поддержки, помимо экономических выгод, поможет сделать эти взаимоотношения более комфортными (проактивные услуги) [Бочанов, 2024].

Цели настоящего исследования состоят в проведении сравнительного анализа уровня цифровизации и роботизации промышленно развитых стран, а также рассмотрения причин и факторов замедления темпов экономического роста и отставания нашей страны в сфере разработки и внедрения цифровых решений в промышленности.

В рамках данной статьи, авторы попытались сформулировать задачи по преодолению экономических проблем, которые могут быть успешно решены, за счёт комплексной технологической модернизации промышленных производств, на основе цифровых решений, в первую очередь, посредством разработки и внедрения отечественных систем автоматизации и промышленных роботов.

Материалы и методы исследования

1. Информационной базой работы, явились научные исследования отечественных и зарубежных авторов, статистические отчеты международных профессиональных и аналитических организаций, а также документы стратегического планирования в сфере развития искусственного интеллекта

2. В процессе написания работы, использовались методы исследования, сравнения, обобщения и систематизации.

Результаты исследования и их обсуждение

Появление ЭВМ, становление и развитие интернета, разработка новых методов и подходов к хранению, обработке и передаче информации, потребовало изучения последствий применения и использования новых технологий, а также перспектив и направлений развития индустриального и постиндустриального общества. Методологическими вопросами, проблемами, задачами, возникающими в процессе адаптации и трансформации промышленного сектора экономики, построения единых цифровых экосистем, в условиях цифрового развития, занимались многие зарубежные и отечественные учёные, такие как: Д. Белл (Bell), Д.К. Гэлбрейт (Gelbreyt), J.F. Moore (Moore), Э. Тоффлер (Toffler), С.Д. Бодрунов (Bodrunov), К. Шваб (Shvab), А. Афанасьев (Afanasyev), Ю.Богачёв (Bogachev) и другие авторы. В этих работах рассмотрено появление и развитие цифровых технологий, понятийно-категориального аппарата, как-то, "информационно-коммуникационные технологии", "цифровые технологии" и т.п., а также проанализированы процессы цифровизации, протекающие в различных сферах общественной и экономической жизни и, в первую очередь, сформулирован и обоснован подход о тесной взаимосвязи между процессами цифровизации и автоматизации в промышленности и о том, что они являются ключевыми факторами, обязательное наличие которых, определяет и обеспечивает возможность перехода к пятому технологическому укладу.

Цифровизация и роботизация промышленности являются приоритетными направлениями развития мировой экономики, предполагающими радикальную трансформацию

производственных процессов, представления услуг и бизнес-моделей. В мире, процесс цифровизации был запущен более 10 лет назад и отмечен различными темпами роста цифровой экономики: лидирующие позиции занимают страны Юго-Восточной Азии: Япония, Сингапур и др., что подтверждает более ранние прогнозы об Азиатско-Тихоокеанском регионе (АРАС), как о крупнейшем рынке внедрения новых технологий, таких как технологии умного производства, цифровых двойников, человеко-машинных интерфейсах (НМИ) и т.п. В странах Западной Европы и Скандинавии, вследствие миграции промышленного производства в США, ослабления темпов внедрения инноваций, наблюдается замедление темпов роста цифровизации. К проблемным странам, также можно отнести Перу, Египет, Грецию и ЮАР. Наша страна, наряду с Индией, Малайзией, Филиппинами, Бразилией, Колумбией, Чили и Мексикой является весьма перспективной, с учётом общего низкого уровня цифровизации, но высокими темпами роста [Лавренко, Мечикова, 2022].

Европа. В ЕС, несмотря на ранний старт (Германия, концепция Индустрия 4.0) и начало реализации программы "Цифровое десятилетие в Европе: цифровые цели на 2030 год" [European Commission, 2026], определившей направления цифровой трансформации в Европе, отмечается, что оценка промежуточных итогов темпов цифровизации, по Индексу цифровой экономики и общества (DESI) [European Commission, 2026], свидетельствует о том, что полученные результаты не позволяют обеспечить достижение запланированных показателей [Базаркина, 2023], при том, что на мероприятия по цифровой трансформации промышленности, выделяется практически пятая часть бюджета ЕС. В своих выводах, ЕК, представила оценку и собственное видение решения проблем: она призывает всех членов ЕС, помимо устранения существующего дефицита инвестиционного финансирования и принятия мер по ускорению цифровой трансформации, согласовать цифровые принципы, необходимые для запуска межстрановых проектов и разработать предложения по законодательному обоснованию, новой инициативы по управлению темпами цифровизации – "Цифрового компаса". Кроме того, важно отметить, что в Европейском союзе, промышленная модернизация осуществляется с учётом региональных особенностей, отражаемых в региональных стратегиях умной, интеллектуальной специализации (RIS3), а развитие и внедрение цифровых технологий увязывается и становится важным фактором в достижении задекларированных целей устойчивого развития (ЦУР ООН) [Беляева, Лопаткова, 2023].

Тем не менее, ЕС испытывает серьёзные экономические проблемы, что отражается не только в замедлении темпов промышленной цифровизации и автоматизации, но и в снижении общего количества установленных роботов: в Европе, в 2024 году, общее количество установленных промышленных роботов уменьшилось на 8%, до 85000 единиц., а в 2022 году она занимала второе место в мире по количеству установленных роботов (70781 единиц промышленных роботов) [Международная федерация робототехники, 2024]. Тройка же лидеров Европейского Совета выглядит следующим образом: Германия, несмотря на некоторое сокращение, на 5%, установленных роботов – первое место (пятое в мире), далее - Италия и Испания (Франция – покинула 3-е место).

США. Страна первой вступила в необъявленную технологическую гонку в области создания и применения инноваций и, хотя эти процессы развивались с разной степенью интенсивности и результативности, поскольку внедрение создаваемых передовых IT-продуктов и технологий, выявляло неэффективность производства, что требовало необходимости реинжиниринга, но, соответственно, сталкивалось с сопротивлением системы управления производственными и управленческими процессами, что, соответственно, не всегда удавалось, например, опыт

отрицательный внедрения, разработанной многоотраслевой корпорацией General Electric, платформы Predix. И, тем не менее, имеющиеся значительные конкурентные преимущества экономики США, в виде высокой производительности труда, наличия природных ресурсов и наличия развитой инфраструктуры, вкпе с потенциалом цифровизации и роботизации, представляют промышленным организациям исключительные возможности по повышению конкурентоспособности, максимально трансформируя (автоматизируя/роботизируя) хозяйственные процессы и технологии и снижая ресурсоемкость продукции и услуг. На американском континенте, несмотря общемировое третье место по установленным роботам, безусловный лидер – США (39 576 шт.), далее следуют Мексика и Канада (с падением спроса). Кроме того, Бразилия, за счёт роста автомобильной промышленности, в последние годы показывает медленный и неритмичный рост количества устанавливаемых промышленных роботов. О динамичном развитии и успешности цифровой трансформации американской промышленности, как в секторе промышленного производства, так и сфере инновационных услуг, свидетельствуют показатели, динамика и структура среднегодовой выручки организаций высокотехнологичных отраслей [Минат, 2022] и по оценке, большинства экспертов, страна, на 2025 год, остаётся мировым лидером в развитии технологий ИИ [Калашников, 2025].

Япония. При решении социально-экономических проблем, связанных со старением и снижением количества трудоспособного населения правительство страны, в качестве приоритета, выделяет мероприятия по стимулированию разработке, развитию и внедрению новейших инновационных технологий, призванных обеспечить построение «цифрового общества» и подобный подход задекларирован в официальных правительственных документах (стратегия «Общество 5.0») [Емельянова, 2020]. Настойчивое внедрение цифровых технологий (облачных технологий, технологий ИИ) привело к кратному повышению эффективности деятельности организаций за счёт реинжиниринга технологических и сервисных бизнес-процессов, особенно при развитии и расширении спектра дистанционно оказываемых услуг [Костюкова, 2021]. То есть, благодаря цифровым технологиям, стратегия «Общества 5.0», предполагает, что японское общество должно кардинально измениться и стать суперсовременным, «суперумным обществом» - предполагается повсеместное решение социальных вопросов на основе повсеместного применения роботов: от сферы услуг (медицина, торговля, ритейл и т.д.) и выполнения скучных домашних работ, до решения сложных проблем управления на основе технологий искусственного интеллекта [Зарубежный опыт..., 2023], т.е. от вендинговых устройств и роботов помощников до роботов-гуманоидов с ИИ.

Эта страна – один из мировых лидеров в области робототехники (второе место). Первый робот был создан в 1928 году, всего только на год позже, чем в США, а первый коллаборативный робот (кобот), был представлен в уже 2012 году. Хотя в последнее время, страна также испытывает экономические и демографические проблемы, и темпы роста установки новых роботов, несколько замедлились [Мировая робототехника..., 2026], высокоразвитые, промышленность и информационно-коммуникационная инфраструктура, обеспечивают отличные условия для развития робототехники: 2024 году было установлено около 44500 единиц роботизированной техники, а общее количество установленных роботов составляет 450500 единиц [Международная федерация робототехники, 2024] и по такому показателю, как плотность промышленных роботов на 10000 сотрудников, занимает третье место в мире, а в 2023 г., количество роботов на одного производственного работника почти в три раза превышало среднемировой показатель.

Китай. Отдельного внимания и рассмотрения заслуживает китайский опыт цифровой

трансформации и внедрения робототехники в промышленности. Для КНР, развитие цифровой экономики, цифровая трансформация и стимулирование технологических инноваций стали важными средствами для высококачественного развития национальной экономики и решения социально-экономических проблем. Ответом на это стала целенаправленная государственная политика, в рамках которой выделяются 3 основных этапа [Чжан, 2024]:

- 1 этап – (2013-2015 гг.): государственные усилия направлены на развитие ИКТ (выстраивание информационной инфраструктуры);

- 2 этап – (2016-2017гг.): государственная политика направлена на внедрение ИКТ и цифровизацию в традиционных отраслях;

- 3 этап – (2018 г. – н/в): государственная промышленная политика направлена на отраслевое планирование развития цифровой экономики и поддержку развития международного сотрудничества.

Яркой иллюстрацией цифровой трансформации китайской промышленности, стали «тёмные фабрики», где люди, как персонал, трудовой ресурс, полностью отсутствуют. Производство полностью автоматизировано (роботизировано), управление реализуется на основе ИИ и больших данных, производство функционирует круглогодично, круглосуточно и без выходных, без участия человека, что кратно повышает эффективность за счёт исключения затрат на исправление ошибок, на персонал и энергопотребление: например, технологии позволяют обеспечить скорость производства смартфонов до 1 смартфона в секунду (компания Xiaomi). И это направление промышленной цифровизации активно поддерживается промышленно развитыми странами.

По данным Китайской академии информационных и коммуникационных технологий, масштабы цифровой экономики Китая увеличиваются год от года, однако цифровая трансформация Китая идет неравномерно: наиболее высокий уровень проникновения отмечается в секторе услуг — 44,7%, далее промышленный сектор - 24,0% и сельскохозяйственный сектор - 10,5% [Цзо, 2025].

Все программные документы по технологическому обновлению экономики, встроены в общую стратегическую цель: достижения и укрепление международного лидерства КНР в области новых технологий. В рамках генеральной стратегии, приняты различные дополняющие и развивающие друг друга документы: в 2015 году была представлена стратегия промышленной политики «Сделано в Китае 2025» уменьшить зависимость Китая от иностранных технологий и глобально продвигать китайское технологическое производство и где впервые была сформулирована задача по построению «интеллектуального производства» на основе внедрения и интеграции интернет-технологий в промышленное производство [Беликова, 2023].

Следом последовало принятие «Стратегии кибер-сверхдержавы». Результат – за несколько лет, в стране появились несколько десятков технологических «единорогов» (частных стартапов стоимостью более 1 миллиарда долларов) [Юань, 2024]. 2020 год ознаменовался проектом China Standards 2035, где была поставлена амбициозная цель по воздействию и первенству в разработке международных стандартов. Важность поставленной цели по цифровой трансформации, иллюстрирует тот факт, что Председатель КНР Си Цзиньпин встал во главе центральной группы по интернет-безопасности и информатизации, созданной для выработки национальной стратегии и планов развития информационного общества, а также выработки мер государственного регулирования и управления в области интернет-безопасности и информатизации. После призыва Си Цзиньпина к Китаю стать "кибер-сверхдержавой", Управление Центральной комиссии по киберпространству, обнародовало план по увеличению

доли китайских технологических гигантов на мировом рынке и распространения применения китайских стандартов.

И на сегодняшний день, по оценке учёных Стэнфордского университета, Китай является мировым лидером по количеству регистраций патентов в области искусственного интеллекта, значительно опередив США. Правительство Китая обеспечивает поддержку частных инвестиций в разработку ИИ: общий объём инвестиций в ИИ, в 2024 году, превысил 9 млрд. долларов. Кроме того, страна приступила к развитию и освоению национальной цифровой валюты: цифрового юаня (e-CNY), эмиссию которого контролирует Народный банк Китая, а китайским ответом на американский чат-бот ChatGPT, стал китайский DeepSeek – ассистент с искусственным интеллектом, на основе искусственных нейронных связей [Коваль, Сагитова, 2025]. Причём, это один из самых "раскрученных" вариантов китайского ИИ и понимая, что ИИ становится важнейшим фактором промышленного производства, Китай ограничивает доступ к результатам разработок в сфере ИИ зарубежным производителям [Калашников, 2025].

Россия. По прошедшему году, оценки по вкладу цифровой экономики в ВВП России, различаются довольно существенным образом: от оценки вклада в размере 6% (АНО "Цифровая экономика") до уровня в 2,43% (Институт статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ), но, тем не менее, все констатируют, что цифровой сектор, демонстрирует стабильный и уверенный рост. Сразу стоит отметить, что темпы цифровизации отдельных отраслей также разительно отличаются и некоторые показатели не только сопоставимы с мировыми, а где-то мы "впереди планеты всей": телекомы, финансы, торговля, но это, к сожалению, не производящие отрасли, а сфера услуг. Что касается промышленной перестройки, то в российской экономике, к проблемам со структурными диспропорциями, с низкой производительностью труда, с низким технологическим уровнем производства, добавился и значительный кадровый дефицит квалифицированных IT-специалистов, что негативно влияет на экономическое развитие, поэтому при решении поставленной, в нашей стране, задачи по достижению стратегической технологической конкурентоспособности [Вертакова, Бабич, Брагина, 2021], цифровизация и роботизация промышленности, при необходимом кадровом обеспечении, становятся ключевыми факторами успешного экономического развития, в условиях перехода мировой промышленности к «Индустрии 4.0», в некоторых странах и к «5.0».

Распад СССР, привёл к практически полной остановке системной работы по разработке, производству и внедрению новых роботов: остались отдельные сферы, где их применение продолжалось, в частности, в автомобилестроении и в ряде других отраслей машиностроительного комплекса или при операциях, выполнение которых опасно для человека либо они не могут быть выполнены людьми. Точные официальные данные по количеству установленных роботов отсутствуют, поскольку их отражение в статистике началось только с 2024 г [Амирханова, Теняков, 2025].

По плотности роботизации, мы значительно отстаём от мировых лидеров Китая, США, Японии, Южной Кореи - 43-е место в мире. И чтобы к 2030 году достичь целевого показателя в виде 25-го места в мировом рейтинге по плотности роботизации (145 роботов на 10 тысяч человек), заявленного в Национальном проекте «Средства производства и автоматизации» [Левина, 2025], то, по оценкам, в среднем, необходимо ежегодно устанавливать не менее 40 тыс. роботов.

На процессах цифровизации и роботизации промышленности отрицательно сказываются:

- общий низкий уровень технологического развития, стандартизации промышленного производства и автоматического управления;

- низкий уровень развития оборудования для производства отечественной элементной базы и дефицит отечественных технологий;
- уровень государственной поддержки инновационных стартапов;
- малый спрос на роботов, вследствие невысокого уровня з/платы;
- санкционные ограничения [Федюнина, Городный, Симачёв, 2024].
- недостаточная кадровая обеспеченность и уровень квалификации специалистов в области IT-технологий;
- высокая стоимость роботизации и цифровизации производства [Доржиева, 2022].

Тем не менее, прекрасно осознавая, что только "умные решения" позволят обеспечить для них конкурентные преимущества в виде радикального повышения эффективности, за счёт:

- минимизации издержек (ремонт, экономия сырья, энергозатрат и т.д.);
- увеличения скорости производства (уменьшения производственного цикла);
- повышения качества (брака, исключение человеческого фактора);
- возможности быстрой переналадки производственных линий,

предприятия активно вкладываются в трансформацию технологической инфраструктуры: за неполный 2025 год, объём инвестиций составил уже 5,24 трлн. рублей и в лидерах: финансовый сектор, торговля, фармацевтика, энергетика, промышленность. К примеру, в обрабатывающей промышленности, за 2025 год, парк роботов вырос на 62% и составил более 20 тысяч единиц [Левина, 2025].

Но впадать в эйфорию не стоит: необходима системная поддержка инвестиционных процессов, поскольку, как уже было отмечено, роботизация и цифровизация очень затратные мероприятия с длительным периодом окупаемости, как пример, металлургия – минимальная окупаемость подобных проектов более 5-ти лет. И здесь, чтобы не оказаться в числе стран, зависящих от импортных технологий ИИ и ИКТ-инфраструктуры [Калашников, 2025], без прямой и масштабной государственной поддержки и прямого государственного управления процессами цифровизации в определении стратегических приоритетов, к примеру в виде применения инструментов индикативного планирования [Маслов, 2025] и формирования прямого государственного заказа на подготовку IT-специалистов, уже не обойтись.

Результаты

Рассмотренный опыт передовых стран, свидетельствует, что абсолютно во всех странах, лидерах цифровой промышленной трансформации, процесс цифровизации и трансформации экономики реализуется строго в соответствии со стратегическими установками и должен быть обеспечен государственной поддержкой со стороны органов государственного управления и не должен ограничиваться созданием новых госкорпораций или технологических площадок. Речь идёт о создании инновационной среды, под прямым государственным управлением и участием, предрасположенной к созданию и введению в промышленный оборот, инноваций, на базе сформулированных единых принципах, целях и задачах. Опять же в качестве примеров:

- в постановке задач: конкурирующие страны-лидеры, Китай и США, в сфере промышленного ИИ на государственном уровне формулируют задачи по занятию лидирующих позиций; формирования национального законодательства, обеспечивающего развитие технологий ИИ, с учётом национальных интересов, защиту интеллектуальной собственности и развития технологий с опорой на собственный научный и технологический потенциал [Доржиева, 2022].

- в системе государственной поддержки: достижение показателя по увеличению доли промышленных роботов отечественного производства до 70 %, заложенных в программе «Сделано в Китае 2025», напрямую увязано с мерами государственной поддержки предпринимательства в сфере робототехники [Сергиевич, 2024].

Цифровизация и роботизация, нейросети и ИИ, коренным образом изменяют как промышленность и производственные отношения, например при преимущественном использовании индивидуального производства по клиентским запросам, с эффективностью, как минимум, не уступающей конвейерному производству, так и этику взаимоотношений и среду обитания человека, поэтому, необходимо параллельно формировать теоретическое обеспечение возникающих взаимосвязей между цифровыми технологиями и производством, управлением и социально-экономическими процессами.

Одним из вариантов теоретического обоснования и прикладной реакцией на изменения, может послужить, предложенная лабораторией цифровой экономики ЦЭМИ РАН, Концепция интеллектуально-алгоритмического превосходства (Intellectual-Algorithmic Superiority, IAS), формирующая новые подходы к принятию решений и управлению, когда искусственный интеллект во взаимодействии с человеческим разумом, оказывается ключевым фактором эффективности в различных отраслях и сферах деятельности [Андреева, 2025], а принимая во внимание тот факт, что российская экономика, несмотря на вводимые рестрикции и ограничения, до сих пор, выступает важным звеном в мировом разделении труда и встроена в трансграничные производственные цепочки, то и на межстрановом уровне [Варнавский, 2025].

Отдельно необходимо заметить, что любая хотя и великолепно проработанная, но догоняющая стратегия не позволит достичь не только нелидирующих, то хотя бы сопоставимых позиций, вследствие того, что мир не стоит на месте, поэтому необходимо увеличивать долгосрочное целевое планирование и финансирование научно-исследовательских работ и ОКР, выполняемых как академическими подразделениями, так и малыми инновационными структурами, а также разрабатывать систему показателей и стимулов для хозяйственных субъектов, активно занимающихся цифровизацией и роботизацией.

Заключение

Переход от однополярной к многополярной системе мировых взаимоотношений и в политике, и в экономике, сопровождается резким ростом мировых противоречий и к тому же, накладывается на смену технологических укладов, что ускоряет и увеличивает масштаб сдвигов и вероятных разрывов в экономическом развитии и ведущих к фрагментации мировой экономики, усилению экономического протекционизма и борьбе за технологическое лидерство [Хейфец, Чернова, 2025]. В этом случае, цифровизация и роботизация экономики, выступает важным инструментом повышения эффективности и обеспечения технологической независимости и национального суверенитета.

Темпы цифровизации и роботизации мировой экономики, таковы, что цифровые технологии оказываются все более интегрированными в общественную жизнь, а степень проникновения ИИ в производство и социально экономические взаимоотношения, оказывается главным конкурентным преимуществом [Калашников, 2025]. Российская экономика, унаследовав и углубив экономические диспропорции, оказалась в ситуации, когда государству потребуются безотлагательно и одновременно решать множество текущих проблем: кадровых, технологических и ресурсных и параллельно заниматься цифровизацией экономики. Тем не

менее, в России, при общем низком уровне цифровой грамотности населения, низком технологическом уровне и существующем определённом сопротивлении предприятий инфраструктурной трансформации, в том числе и на уровне менталитета управленцев, увеличивается целевое финансирование и адресная поддержка цифровой трансформации экономики со стороны государства и растут расходы предприятий, направленные на разработку и внедрение цифровых решений. И эти процессы также требуют государственного внимания и поддержки и, кроме того, также необходима взвешенная и активная государственная политика в области обеспечения венчурного финансирования.

В свою очередь, рост уровня проникновения цифровизации, потребует нахождения баланса между технологическим прогрессом и человеческим потенциалом, что вынудит государство и бизнес вырабатывать сбалансированные решения, дабы роботизация и цифровизация не вытесняли человеческий труд, а дополняли и улучшали его.

Библиография

1. Амирханова Ф.С., Теняков И.М. Роботизация: мировые и российские тенденции // Российский экономический журнал. 2025. № 3. С. 72-88. DOI: 10.52210/0130-9757_2025_3_72.
2. Андреева П.А. Интеллектуальное алгоритмическое превосходство. Социотехнические агенты: основные тренды развития промышленности на примере промышленности Арктики // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2025. Т. 15, № 7А. С. 311-324. DOI: 10.34670/AR.2025.31.20.032.
3. Афанасьев А.А. Промышленность России: текущее состояние и условия формирования // Вопросы инновационной экономики. 2023. Т. 13, № 1. С. 105-126. DOI: 10.18334/vines.13.1.116946.
4. Базаркина Д. Ю. Цифровое десятилетие Европейского союза: цели и промежуточные результаты // Аналитические записки Института Европы РАН. 2023. Вып. IV, № 34 (331). С. 89-98.
5. Банников С.А. Мировые тренды роботизации и перспективы ее развития в России // BENEFICIUM. 2023. № 2(47). С. 6-12. DOI: 10.34680/BENEFICIUM.2023.2(47).6-12.
6. Беликова К.М. Переход промышленности Китая к технологическому укладу «Индустрия 4.0»: юридико-институциональное оформление // Вопросы российского и международного права. 2023. Т. 13, № 8А. С. 50-60. DOI: 10.34670/AR.2023.16.54.006.
7. Беляева Ж. С., Лопаткова Я. А. Оценка уровня цифровизации и устойчивого развития в странах европейского региона // Экономика региона. 2023. Т. 19, № 1. С. 1-14. DOI: 10.17059/ekon.reg.2023-1-1.
8. Бочанов М. От реактивного к проактивному государственному управлению в эпоху цифровой трансформации // Ars Administrandi (Искусство управления). 2024. Т. 16, № 4. С. 555-570. DOI: 10.17072/2218-9173-2024-4-555-570.
9. Варнавский В.Г. Применение мировых моделей "затраты-выпуск" для анализа структурных сдвигов и оценки участия отраслей промышленности России в глобальных производственных цепочках // Управление в социально-экономических системах. 2025. № 2. С. 30-41. DOI: 10.25728/ru.2024.2.3.
10. Вертакова Ю.В., Бабич Т.Н., Брагина А.В. Стратегические ориентиры модернизации промышленных предприятий России // Экономика промышленности. 2021. Т. 14, № 3. С. 288-297. DOI: 10.17073/2072-1633-2021-3-288-297.
11. Доржиева В. В. Цифровизация промышленности: роль искусственного интеллекта и возможности для России // Вопросы инновационной экономики. 2022. Т. 12, № 4. С. 2383-2394. DOI: 10.18334/vines.12.4.116599.
12. Емельянова О.Н. Факторы и перспективы перехода Японии к цифровому обществу // Анализ и прогноз. Журнал ИМЭМО РАН. 2020. № 4. С. 52-61. DOI: 10.20542/afij-2020-4-52-61.
13. Зарубежный опыт цифровизации промышленности: США, Китай, Япония. 2023. URL: https://www.mivlgu.ru/conf/zvorykin2023/pdf/sec2/sec2_pap7.pdf.
14. Калашников Д.Б. Интернационализация экономики Китая: контуры нового ИКТ-индустриального центра мирового хозяйства // Контуры глобальных трансформаций: политика, экономика, право. 2025. Т. 18, № 3. С. 20-43. DOI: 10.31249/kgt/2025.03.02.
15. Коваль А.С., Сагитова В.Р. Искусственный интеллект в развитии китайской международной торговли // Наука. Общество. Оборона. 2025. Т. 13, № 3(44). С. 22.
16. Костюкова К. С. Цифровизация экономики Японии на примере банковского сектора: текущие результаты, перспективы и проблемы // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2021. Т. 12, № 4. С. 434-449.
17. Лавренко Е. В., Мечикова М. Н. Цифровая трансформация промышленности: российский и зарубежный опыт // Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий. 2022. Т. 11, № 1. С. 47-52. DOI:

- 10.24412/2225-8264-2022-1-46-51.
18. Левина Е. В. Тенденции роботизации промышленных предприятий России // Экономика, предпринимательство и право. 2025. Т. 15, № 8. С. 5707-5718. DOI: 10.18334/epp.15.8.123567.
 19. Маслов Г.А. Японский опыт экономической модернизации второй половины XX века и ее современная актуальность // Российский экономический журнал. 2025. № 5. С. 23-36. DOI: 10.52210/0130-9757_2025_5_23.
 20. Международная федерация робототехники: отчёт внедрения промышленных роботов в мире за 2024 год // Робототехника Россия. 2024. URL: <https://roboticsrus.ru/?p=744>.
 21. Минат В.Н. Информационно-цифровая трансформация высокотехнологичных отраслей как источник индустриального роста США // Вестник НГУЭУ. 2022. № 3. С. 212-227. DOI: 10.34020/2073-6495-2022-3-212-227.
 22. Мировая робототехника: статистика, тренды и ключевые рынки. 2026. URL: <https://roboticsworld.ru/cases/mirovaya-robototekhnika-statistika-trendy-i-klyucheveye-rynki/>.
 23. Рубцова Л. Э. Автоматизация процессов в промышленности: от 4.0 до 5.0 // Актуальные исследования. 2025. № 3 (238), ч. III. С. 19-21.
 24. Сергиевич Т. В. Роботизация в КНР и США: борьба за глобальное технологическое лидерство // Экономическая наука сегодня. 2024. Вып. 19. С. 91-102. DOI: 10.21122/2309-6667-2024-19-91-102.
 25. Федюнина А.А., Городный Н.А., Симачёв Ю.В. Рынок промышленной робототехники в России под санкциями: в поиске драйверов спроса и предложения // ЭКО. 2024. № 2. С. 91-107. DOI: 10.30680/ЕСО0131-7652-2024-2-91-107.
 26. Хейфец Б.А., Чернова В.Ю. Протекционистский вектор промышленной политики в условиях меняющегося миропорядка // Контуры глобальных трансформаций: политика, экономика, право. 2025. Т. 18, № 2. С. 6-23. DOI: 10.31249/kgt/2025.02.01.
 27. Цзо Ци. Цифровая трансформация в Китайской Народной Республике: динамика и тенденции // Вестник Московского университета. Серия 18. Социология и политология. 2025. Т. 31, № 1. С. 202-224. DOI: 10.24290/1029-3736-2025-31-1-202-224.
 28. Чжан Синь. Государственная политика Китая в области цифровой экономики на примере провинции Дзянсу // БИЗНЕС. ОБРАЗОВАНИЕ. ПРАВО. 2024. № 2(67). С. 46-52. DOI: 10.25683/VOLBI.2024.67.948.
 29. Юань Кай. Цифровая экономика Китая: уровень и факторы развития // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. 2024. № 2 (78). Ст. 7804. DOI: 10.24412/1999-2645-2024-278-4.
 30. European Commission. Europe's digital decade: 2030 targets. 2026. URL: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/europes-digital-decade-digital-targets-2030_en.
 31. European Commission. The Digital Economy and Society Index (DESI). 2026. URL: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi>.

Digitalization of Industry: Global and Russian Trends, Key Factors of Transformation

Viktor N. Makhalin

PhD in Economics, Associate Professor,
State University of Management,
109542, 99, Ryazansky ave., Moscow, Russian Federation;
e-mail: mahalinviktor@mail.ru

Oksana M. Makhalina

Doctor of Economics, Professor,
State University of Management,
109542, 99, Ryazansky ave., Moscow, Russian Federation;
e-mail: mahalinviktor@mail.ru

Abstract

The economic development of any state, in the context of rapid changes in technological paradigms, the transition from Industry 4.0 to Industry 5.0 and beyond, is primarily determined by the pace of technological modernization of industrial sectors based on digitalization. Digital technologies contribute to a radical reduction in production costs, automating and robotizing production processes, optimizing reproduction chains, and increasing labor productivity, including managerial productivity. Despite the efforts of the state, the Russian economy, apart from the presence of structural imbalances and low labor productivity, has a low level of general technological development and pace of transformation. The purpose of this article is to analyze and systematize the results of the digital transformation of industry in the regional leader countries: Southeast Asia, America, and Europe, as well as to examine the situation with digitalization and industrial robotics in our country in relation to them and the existing potential opportunities for accelerated automation and robotization of industry. The analysis of various scientific, analytical, and statistical sources carried out allowed the authors to formulate not only the features of the implementation of digitalization processes across different countries, but also to identify and determine the logic and factors of the digital transition, designed to ensure the required pace of digital transformation of Russian industry, and primarily, the presence of a strategic state policy in the field of digitalization and robotization.

For citation

Makhalin V.N., Makhalina O.M. (2026) Tsifrovizatsiya promyshlennosti: mirovyye i rossiyskiye tendentsii, klyuchevyye faktory transformatsii [Digitalization of Industry: Global and Russian Trends, Key Factors of Transformation]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 16 (1A), pp. 668-681. DOI: 10.34670/AR.2026.75.97.069

Keywords

Digitalization, industrial automation, Industry 4.0, Industry 5.0, artificial intelligence, cobots, robots, robotics, industrial robotization, industrial policy, technological modernization.

References

1. Afanasyev, A. A. (2023). Promyshlennost' Rossii: tekushcheye sostoyaniye i usloviya formirovaniya [Russian industry: current state and conditions of formation]. *Voprosy innovatsionnoy ekonomiki*, 13(1), 105–126. <https://doi.org/10.18334/vinec.13.1.116946>
2. Amirkhanova, F. S., & Tenyakov, I. M. (2025). Robotizatsiya: mirovyye i rossiyskiye tendentsii [Robotization: global and Russian trends]. *Rossiyskiy ekonomicheskyy zhurnal*, (3), 72–88. https://doi.org/10.52210/0130-9757_2025_3_72
3. Andreeva, P. A. (2025). Intellektual'noye algoritmicheskoye prevoskhodstvo. Sotsiotekhnicheskkiye agenty: osnovnyye trendy razvitiya promyshlennosti na primere promyshlennosti Arktiki [Intellectual algorithmic superiority. Sociotechnical agents: main trends in industrial development on the example of the Arctic industry]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra*, 15(7A), 311–324. <https://doi.org/10.34670/AR.2025.31.20.032>
4. Bannikov, S. A. (2023). Mirovyye trendy robotizatsii i perspektivy yeye razvitiya v Rossii [Global trends in robotization and prospects for its development in Russia]. *BENEFICIUM*, (2), 6–12. [https://doi.org/10.34680/BENEFICIUM.2023.2\(47\).6-12](https://doi.org/10.34680/BENEFICIUM.2023.2(47).6-12)
5. Bazarkina, D. Yu. (2023). Tsifrovoye desyatiletie Yevropeyskogo soyuza: tseli i promezhutochnyye rezultaty [The European Union's Digital Decade: goals and interim results]. *Analiticheskkiye zapiski Instituta Yevropy RAN*, (4/34), 89–98.
6. Belikova, K. M. (2023). Perekhod promyshlennosti Kitaya k tekhnologicheskomu ukkladu «Industriya 4.0»: yuridiko-institutsional'noye oformleniye [The transition of Chinese industry to the "Industry 4.0" technological paradigm: legal and institutional framework]. *Voprosy rossiyskogo i mezhdunarodnogo prava*, 13(8A), 50–

60. <https://doi.org/10.34670/AR.2023.16.54.006>
7. Belyaeva, Zh. S., & Lopatkova, Ya. A. (2023). Otsenka urovnya tsifrovizatsii i ustoychivogo razvitiya v stranakh yevropeyskogo regiona [Assessment of the level of digitalization and sustainable development in the countries of the European region]. *Ekonomika regiona*, 19(1), 1–14. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2023-1-1>
8. Bocharov, M. (2024). Ot reaktivnogo k proaktivnomu gosudarstvennomu upravleniyu v epokhu tsifrovoy transformatsii [From reactive to proactive public administration in the era of digital transformation]. *Ars Administrandi*, 16(4), 555–570. <https://doi.org/10.17072/2218-9173-2024-4-555-570>
9. Dorzhieva, V. V. (2022). Tsifrovizatsiya promyshlennosti: rol' iskusstvennogo intellekta i vozmozhnosti dlya Rossii [Digitalization of industry: the role of artificial intelligence and opportunities for Russia]. *Voprosy innovatsionnoy ekonomiki*, 12(4), 2383–2394. <https://doi.org/10.18334/vinec.12.4.116599>
10. Emelyanova, O. N. (2020). Faktory i perspektivy perekhoda Yaponii k tsifrovomu obshchestvu [Factors and prospects of Japan's transition to a digital society]. *Analiz i prognoz. Zhurnal IMEMO RAN*, (4), 52–61. <https://doi.org/10.20542/afij-2020-4-52-61>
11. European Commission. (2026a). *Europe's digital decade: 2030 targets*. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/europes-digital-decade-digital-targets-2030_en
12. European Commission. (2026b). *The Digital Economy and Society Index (DESI)*. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi>
13. Fedyunina, A. A., Gorodny, N. A., & Simachev, Yu. V. (2024). Rynok promyshlennoy robototekhniki v Rossii pod sanktsiyami: v poiske drayverov sprosya i predlozheniya [The industrial robotics market in Russia under sanctions: in search of drivers of supply and demand]. *EKO*, (2), 91–107. <https://doi.org/10.30680/ECO0131-7652-2024-2-91-107>
14. Kalashnikov, D. B. (2025). Internatsionalizatsiya ekonomiki Kitaya: kontury novogo IKT-industrial'nogo tsentra mirovogo khozyaystva [Internationalization of the Chinese economy: contours of a new ICT-industrial center of the world economy]. *Kontury global'nykh transformatsiy: politika, ekonomika, pravo*, 18(3), 20–43. <https://doi.org/10.31249/kgf/2025.03.02>
15. Kheifets, B. A., & Chernova, V. Yu. (2025). Protekcionistskiy vektor promyshlennoy politiki v usloviyakh menyayushchegosya miroporyadka [The protectionist vector of industrial policy in a changing world order]. *Kontury global'nykh transformatsiy: politika, ekonomika, pravo*, 18(2), 6–23. <https://doi.org/10.31249/kgf/2025.02.01>
16. Kostyukova, K. S. (2021). Tsifrovizatsiya ekonomiki Yaponii na primere bankovskogo sektora: tekushchiye rezultaty, perspektivy i problemy [Digitalization of the Japanese economy on the example of the banking sector: current results, prospects and problems]. *MIR (Modernizatsiya. Innovatsii. Razvitiye)*, 12(4), 434–449.
17. Koval, A. S., & Sagitova, V. R. (2025). Iskusstvennyy intellekt v razvitiy kitayskoy mezhdunarodnoy trgovli [Artificial intelligence in the development of Chinese international trade]. *Nauka. Obshchestvo. Oborona*, 13(3), 22.
18. Lavrenko, E. V., & Mechikova, M. N. (2022). Tsifrovaya transformatsiya promyshlennosti: rossiyskiy i zarubezhnyy opyt [Digital transformation of industry: Russian and foreign experience]. *Vestnik Sibirskogo instituta biznesa i informatsionnykh tekhnologiy*, 11(1), 47–52. <https://doi.org/10.24412/2225-8264-2022-1-46-51>
19. Levina, E. V. (2025). Tendentsii robotizatsii promyshlennykh predpriyatiy Rossii [Trends in robotization of Russian industrial enterprises]. *Ekonomika, predprinimatel'stvo i pravo*, 15(8), 5707–5718. <https://doi.org/10.18334/epp.15.8.123567>
20. Maslov, G. A. (2025). Yaponskiy opyt ekonomicheskoy modernizatsii vtoroy poloviny XX veka i yeye sovremennaya aktual'nost' [Japanese experience of economic modernization in the second half of the 20th century and its contemporary relevance]. *Rossiyskiy ekonomicheskii zhurnal*, (5), 23–36. https://doi.org/10.52210/0130-9757_2025_5_23
21. Mezhdunarodnaya federatsiya robototekhniki: otchyot vnedreniya promyshlennykh robotov v mire za 2024 god [International Federation of Robotics: report on the implementation of industrial robots in the world for 2024]. (2024). *Robototekhnika Rossiya*. <https://roboticsrus.ru/?p=744>
22. Minat, V. N. (2022). Informatsionno-tsifrovaya transformatsiya vysokotekhnologichnykh otrasley kak istochnik industrial'nogo rosta SShA [Information and digital transformation of high-tech industries as a source of US industrial growth]. *Vestnik NGUEU*, (3), 212–227. <https://doi.org/10.34020/2073-6495-2022-3-212-227>
23. *Mirovaya robototekhnika: statistika, trendy i klyucheverye rynki* [World robotics: statistics, trends and key markets]. (2026). <https://roboticsworld.ru/cases/mirovaya-robototekhnika-statistika-trendy-i-klyucheverye-rynki/>
24. Rubtsova, L. E. (2025). Avtomatizatsiya protsessov v promyshlennosti: ot 4.0 do 5.0 [Automation of processes in industry: from 4.0 to 5.0]. *Aktual'nyye issledovaniya*, (3/III), 19–21.
25. Sergievich, T. V. (2024). Robotizatsiya v KNR i SShA: bor'ba za global'noye tekhnologicheskoye liderstvo [Robotization in China and the USA: the struggle for global technological leadership]. *Ekonomicheskaya nauka segodnya*, (19), 91–102. <https://doi.org/10.21122/2309-6667-2024-19-91-102>
26. Varnavsky, V. G. (2025). Primeneniye mirovykh modeley "zatraty-vypusk" dlya analiza strukturnykh sdvigo v otsenki uchastiya otrasley promyshlennosti Rossii v global'nykh proizvodstvennykh tsepkakh [Application of world input-output models for analyzing structural shifts and assessing the participation of Russian industries in global value chains]. *Upravleniye v sotsial'no-ekonomicheskikh sistemakh*, (2), 30–41. <https://doi.org/10.25728/pu.2024.2.3>
27. Vertakova, Yu. V., Babich, T. N., & Bragina, A. V. (2021). Strategicheskiye oriyentiry modernizatsii promyshlennykh

-
- predpriyatiy Rossii [Strategic guidelines for the modernization of Russian industrial enterprises]. *Ekonomika promyshlennosti*, 14(3), 288–297. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2021-3-288-297>
28. Yuan, Kai. (2024). Tsifrovaya ekonomika Kitaya: uroven' i faktory razvitiya [China's digital economy: level and factors of development]. *Regional'naya ekonomika i upravleniye*, (2), 7804. <https://doi.org/10.24412/1999-2645-2024-278-4>
29. Zarubezhnyy opyt tsifrovizatsii promyshlennosti: SShA, Kitay, Yaponiya [Foreign experience of industrial digitalization: USA, China, Japan]. (2023). https://www.mivlgu.ru/conf/zvorykin2023/pdf/sec2/sec2_pap7.pdf
30. Zhang, Xinyi. (2024). Gosudarstvennaya politika Kitaya v oblasti tsifrovoy ekonomiki na primere provintsii Dzyansu [China's state policy in the field of digital economy on the example of Jiangsu Province]. *BIZNES. OBRAZOVANIYE. PRAVO*, (2), 46–52. <https://doi.org/10.25683/VOLBI.2024.67.948>
31. Zuo, Qi. (2025). Tsifrovaya transformatsiya v Kitayskoy Narodnoy Respublike: dinamika i tendentsii [Digital transformation in the People's Republic of China: dynamics and trends]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 18. Sotsiologiya i politologiya*, 31(1), 202–224. <https://doi.org/10.24290/1029-3736-2025-31-1-202-224>