

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ



DOI: 10.26794/2220-6469-2024-18-3-6-16
УДК 338.3(045)
JEL D20

Инструменты искусственного интеллекта в программах цифровой трансформации промышленных предприятий

Н.М. Комаров^а, С.С. Голубев^б, Д.С. Пащенко^с, А.Г. Щербаков^д

^{а,б} Всероссийский научно-исследовательский институт «ЦЕНТР», Москва, Россия;

^с Независимый исследователь в области разработки программного обеспечения, Москва, Россия;

^д Группа компаний АСПИ, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Данная статья посвящена исследованию перспектив развития и внедрения искусственного интеллекта (ИИ) в промышленности в условиях цифровой трансформации. Уже существующие автономные заводы с интегрированными производственно-логистическими цепочками и тотальной автоматизацией представляют собою реальные примеры технологического прогресса, связанного с внедрением ИИ в программы цифровой трансформации промышленных предприятий. Статья выделяет ряд проблем и вызовов для российской промышленности на основе результатов прикладного исследования, проведенного в ноябре-декабре 2023 г. на 18 средних и крупных промышленных предприятиях. Основные выводы включают в себя не только выявленные системные проблемы и риски (недостатки методологии цифровизации, неясность расчета экономических параметров, нехватка технической экспертизы), но и наиболее перспективные направления развития ИИ-технологий. В ходе исследования обнаружен значительный потенциал для усиления технологий парадигм «Промышленности 3.0» и «Промышленности 4.0» с помощью ИИ-инструментов и указано, что нужно изменить в менеджменте предприятий и регулирующей государственной деятельности для его своевременной реализации. Обобщая результаты прикладного исследования, авторы рассуждают о необходимости оптимизации параллельного импорта, развития человеческого капитала и адекватного анализа экономических параметров проектов цифровой трансформации промышленных предприятий. Подчеркивается актуальность изучения перспектив внедрения ИИ в промышленности в период 2024–2026 гг. для российской экономической науки.

Ключевые слова: промышленность 4.0; искусственный интеллект; цифровая трансформация; технологии

Для цитирования: Комарова Н.М., Голубев С.С., Пащенко Д.С., Щербаков А.Г. Инструменты искусственного интеллекта в программах цифровой трансформации промышленных предприятий. *Мир новой экономики*. 2024;18(3):6-16. DOI: 10.26794/2220-6469-2024-18-3-6-16

ORIGINAL PAPER

AI Tools in the Digital Transformation Programmes of Industrial Enterprises

N.M. Komarov^a, S.S. Golubev^b, D.S. Pashchenko^c, A.G. Shcherbakov^d

^{а,б} All-Russian Research Institute "CENTER", Moscow, Russia;

^с Independent researcher in the field of software development, Moscow, Russia;

^д ASPI group of companies, Moscow, Russia

ABSTRACT

This article is devoted to the study of the prospects for the development and implementation of AI in industry in the context of digital transformation. Autonomous factories, integrated supply chains, and autonomous vehicles is a real proof of technological advances that AI brings to life. The article highlights a number of problems and challenges for Russian industry based on the results of applied research conducted in November-December 2023 at 18 medium and large industrial enterprises. The main conclusions include not only the identified systemic problems and risks (shortcomings in digitalisation methodology, ambiguity in calculating economic parameters, lack of technical expertise), but also the

© Комаров Н.М., Голубев С.С., Пащенко Д.С., Щербаков А.Г., 2024

most promising areas for the development of AI technologies. The study finds significant potential for enhancing the technologies of the Industry 3.0 and Industry 4.0 paradigms using AI tools. Also, it describe the necessary changes in enterprise management and regulatory government activities aimed at realising the identified potential. In conclusion, the article emphasises the need to optimise parallel imports, develop human capital and adequately analyse the economic parameters of industrial enterprises' digital transformation project. The authors emphasise the relevance of studying the prospects for the development of AI in industry for Russian economic science in the period 2024–2026.

Keywords: industry 4.0; artificial intelligence; digital transformation; technology

For citation: Komarov N.M., Golubev S.S., Pashchenko D.S., Shcherbakov A.G. AI tools in the digital transformation programmes of industrial enterprises. *The World of the New Economy*. 2024;18(3):6-16. DOI: 10.26794/2220-6469-2024-18-3-6-16

ВВЕДЕНИЕ И ПОСТАНОВКА НАУЧНОЙ ЗАДАЧИ

Использование искусственного интеллекта (ИИ) — одно из основных технологических направлений развития цифровой трансформации промышленности. Само понятие «искусственный интеллект» появилось в середине XX в., когда начались фундаментальные исследования и эксперименты, определяющие, какие задачи он сможет выполнять лучше, быстрее и с меньшими, чем человек, ошибками. В отличие от роботов, ИИ должен был решать именно «человеческие» задачи — хотя и творческие (креативные), но хорошо алгоритмизированные и логичные. Поэтому первые практические попытки А. Ньюэлла и Г. Саймона в конце 50-х гг. прошлого века заключались в разработке программного обеспечения (ПО), имитировавшего человеческое мышление (например, при доказательстве математических теорем или в диалогах с себе подобными). Такой подход обеспечивает алгоритмичность работы ИИ, но требует, чтобы в программном коде были предусмотрены десятки тысяч зависимостей и правил. В то же время с середины 60-х гг. XX в. исследователи разрабатывали и другой подход — программирование алгоритмов не работы ИИ, а его обучения, схожих по смыслу с нейронными сетями в мозгу человека. Это привело к созданию первых перцептронов — искусственных нейронных сетей, которые способны обучаться и выполнять задачи, аналогичные работе нервных клеток человеческого мозга. Современные инструменты ИИ, применяемые в экономике и, в частности, в промышленности, сочетают оба подхода: так, экспертные системы обладают десятками тысяч сложных зависимостей в программном коде, а эффективные инструменты ИИ в области «компьютерного зрения» или «цифровых двойников» проходят длительное обучение на огромных массивах данных. К концу XX в. инструменты ИИ получили отраслевую и нишевую специализацию и уже решали отдельные классы задач не хуже, чем человек [1]. Такому

быстрому развитию способствовало преодоление самого важного ограничения — по вычислительным мощностям. Развитие машинного обучения к XXI в. значительно усложнилось, получило целый набор средств автоматизации и стало самостоятельным технологическим направлением в рамках развития искусственного интеллекта. Его эффективность непрерывно растет в течение последних 25 лет, и одной из значимых вех стала разработка принципов самообучения нейронных сетей (от «глубокого» обучения в 80-е гг. прошлого века до анализа «больших данных» в настоящее время) [2]. При этом наибольший вклад в современный прогресс в развитии обучения нейронных сетей внесла реализация концепции многослойности. В настоящее время многослойная архитектура нейронных сетей является наиболее популярной и хорошо разработанной. Многослойная нейронная сеть может моделировать деятельность и решать практически любые проблемы в области промышленности, причем число слоев и нейронов в каждом из них определяют сложность управленческой функции [3].

Появление и развитие на переломе веков технологической парадигмы «Промышленность 3.0» совпало с эволюцией ИИ. Следование концепции «Промышленность 3.0» означает масштабное использование электроники и автоматизации, а различные ИИ-инструменты того времени относятся к классу экспертных систем. Так, Volkswagen Group с помощью технологии машинного обучения контролировал качество продукции в начале текущего века. Путем анализа исторических данных о производственных процессах ИИ выявлял потенциальные неисправности на этапе производства, что повышало надежность автомобилей. Примерно в то же время уровень развития робототехники у промышленных лидеров и общие вычислительные мощности сделали возможным применение ИИ при управлении роботами. Например, компания Hyundai Heavy Industries уже более 10 лет для обслуживания судов и портов успешно задействует

роботов, оснащенных ИИ, который помогает им самостоятельно передвигаться в сложных условиях и выполнять множество разнообразных задач (погрузка, монтаж и обслуживание оборудования и т.д.). Одним из первых проектов в России в рамках парадигмы «Промышленность 3.0» было внедрение ИИ в процессы управления буровыми установками в «Газпром нефть», что повысило безопасность и эффективность бурения новых скважин.

Современная парадигма «Промышленность 4.0» представляет следующий этап в технологической эволюции промышленности, объединяя ИИ, интернет вещей и анализ больших данных для создания полностью автоматизированных и интеллектуальных производственных систем: «умного завода», «умной шахты», «умного склада» и т.п. Доступность технологий в парадигме «Промышленность 4.0» (интернет вещей, компьютерное зрение, промышленный Wi-Fi, хранилища данных, нереляционные базы данных и т.д.) позволяет работать с огромными пластами данных в режиме реального времени, а, значит, механизмы обучения и совершенствования ИИ становятся еще более эффективными [4]. Более того, парадигма «Промышленность 4.0» уже обогатила отрасли новыми концепциями, среди которых:

- интернет вещей;
- инжиниринг, движимый ИИ;
- предиктивные системы на основе больших данных.

Системы ИИ активно создаются в настоящее время, и их экономическая эффективность выступает одним из векторов конкурентоспособности в экономике. Например, в Германии создаются так называемые «умные заводы». Компания Siemens разрабатывает системы управления, автоматически регулирующие производственные процессы в реальном времени на основе данных о спросе и состоянии оборудования. Это позволяет предприятиям значительно повысить эффективность производства и снизить издержки. А компания Mercedes построила полностью автономный автомобильный завод, где в режиме реального времени производство автомобилей роботами управляется с помощью систем ИИ, обрабатывающих огромные потоки данных о всех производственных линиях во всех цехах, товарных и сырьевых остатках и даже процессах сбыта и логистики. Еще один пример — беспилотные транспортные средства, движение и эксплуатация которых осуществляются системами ИИ, способными анализировать окружающую среду

и принимать решения о безопасном перемещении автомобиля, что является ключевым элементом будущего автотранспорта. Корейский Hyundai, российский КАМАЗ и американская Tesla уже построили пилотные образцы для использования на дорогах общего пользования.

Вместе с тем постоянное удешевление и снижение затрат на обучение и эксплуатацию ИИ-инструментов со временем сделает такие решения стандартными для предприятий, развивающихся в парадигме «Промышленность 4.0». Понимание текущего состояния дел, объективных преград и сопутствующих рисков очень важно для российской экономической науки, что подчеркивает актуальность поставленной в работе задачи: определения уровня востребованности и перспектив внедрения технологий ИИ на промышленных предприятиях в условиях цифровой трансформации. Развитие ИИ-инструментов — это не только упрощение и удешевление технологий, но и правильные сценарии их использования, а также создание условий, при которых данные инструменты окажутся наиболее эффективными с учетом всех текущих ограничений. Совокупность определенных выше экономических аспектов позволяет проанализировать перспективы развития инструментов ИИ в цифровой трансформации промышленности в 2024–2026 гг.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИКЛАДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ИИ В ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Для реализации поставленной научной задачи в октябре-ноябре 2023 г. было проведено прикладное исследование. Оно охватило 18 средних (до 1000 сотрудников) и крупных промышленных предприятий из следующих регионов (в порядке убывания количества организаций, представленных в исследовании): Москва, Московская область, Новгородская область, Санкт-Петербург, Удмуртская Республика, Республика Саха, Краснодарский край. Целью было определение основных проблем в области практического внедрения технологий и элементов ИИ в производственные и деловые процессы промышленных предприятий с акцентом на опыт текущих проектов цифровой трансформации.

Методом исследования стало обобщение мнений и опыта панели экспертов (сотрудников и менеджеров промышленных предприятий) с опросом в два раунда: 1) дистанционный сбор мнений через



инструмент Google.Forms; 2) сбор обратной связи по структурированным результатам исследования от принявших участие экспертов (возражения, замечания, дополнения). Общие результаты показали, что:

1. Применение инструментов ИИ в промышленном производстве остается «кусочным», выделяются риски и сложности самого разного свойства:

- методология цифровизации далека от совершенства (неясны сценарии расчета окупаемости, не хватает понимания технических аспектов эксплуатации и развития ИИ-инструментов, ИИ-технологии слабо интегрированы в общие ИТ-ландшафты предприятий);

- среднюю стоимость проекта внедрения ИИ-технологий необходимо значительно снижать (устранять дефицит аппаратного и программного обеспечения, преодолевать изоляцию российского технологического сектора экономики, бороться за возвращение уехавших ИТ-специалистов).

2. Практически все значимые технологии (автоматизация, роботизация, экспертные системы) из парадигмы «Промышленность 3.0», развиваемой с конца XX в., могут быть усилены инструментами ИИ. Однако для более чем половины предприятий, участвовавших в исследовании, эти шаги еще не реализованы.

3. Аналогичная ситуация — с технологиями из парадигмы «Промышленность 4.0». Несмотря на отдельные успехи, связанные с внедрением концепций искусственного интеллекта вещей (AIoT) и инжиниринга, движимого ИИ, ситуация в целом требует больших инвестиций в технологический контур и, в частности, ИИ-инструменты для более чем 2/3 предприятий, принявших участие в исследовании.

В данной статье, в соответствии с поставленной научной задачей, необходимо сфокусировать внимание на прогнозах экспертов по краткосрочным перспективам развития ИИ-технологий в проектах цифровой трансформации промышленных предприятий. Было выделено два наиболее важных фактора успешности программы:

- понимание участниками реальных целей программ цифровизации — 47% экспертов;
- экономическая рентабельность проектов цифровизации — 42% экспертов.

Также были определены два основных барьера для внедрения ИИ-систем в производственные процессы промышленного предприятия:

- высокая стоимость проектов цифровизации с ИИ — около 60% экспертов;

- нехватка людей, знаний, недостатки методологии цифровизации в промышленности — около 53% экспертов.

Оптимальное сочетание скорости внедрения (и сопутствующих затрат) с потенциальными экономическими выгодами определяет наиболее перспективные пути развития ИИ-технологий в промышленности. В горизонте планирования 2024–2026 гг. таковыми являются:

- анализ данных (включая телеметрию) и помощь в принятии управленческих решений — 84% экспертов;

- «умное производство», включая инжиниринг, движимый ИИ — 58% экспертов;

- автономное управление (цехами, машинами, техникой) — 42% экспертов;

- системы умной промышленной безопасности (для людей, оборудования, территорий) — 42% экспертов.

Кроме того, были согласованы наиболее принципиальные идеи и замечания, способствующие повышению успешности практик внедрения ИИ-инструментов в промышленности. Так, необходим поиск оптимальных решений из-за возросших рисков различного характера. Одни проблемы временно решаются [например, параллельный импорт позволяет поставлять в страну аппаратное обеспечение (АО)], а другие сейчас устранить невозможно (например, как импортозаместить американские ИИ-решения, не имеющие аналогов ни в России, ни в Китае). Регулятивное давление в области импортозамещения для части промышленных предприятий стало дополнительным фактором риска, ухудшило текущие бизнес-показатели, снизило общую вероятность быстрой цифровой трансформации отраслей промышленности. Более того, текущие методики расчета рентабельности внедрения ИИ-инструментов (и шире — проектов цифровой трансформации) требуют совершенствования. В целом, рентабельность ИИ-инструментов в промышленности остается спорным вопросом и сильно зависит от непредсказуемых факторов конъюнктурной экономики.

Также эксперты отметили некоторое увеличение объема инвестиций (с учетом инфляции) в проекты цифровой трансформации в области промышленности, связанные с внедрением ИИ-технологий. При этом на предприятиях у примерно трети экспертов инвестиции существенно выросли, обогнав предыдущий пик 2019–2020 гг. В краткосрочной перспективе участники исследования (около 80%) связывают развитие всех ИИ-инструментов с го-

сударственными инвестициями в отрасль, которые должны способствовать импортозамещению аппаратного обеспечения, без чего, по мнению примерно половины экспертов, невозможно развитие ИИ-технологий.

Вместе с тем следует отметить, что участники исследования показали приверженность развитию наиболее перспективных ИИ-технологий в промышленности, среди которых:

- инжиниринг, движимый ИИ;
- обработка больших данных и помощь в принятии управленческих решений.

Обе технологии считаются наиболее перспективными с точки зрения применения ИИ-инструментов.

ПЕРСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ ИИ-ИНСТРУМЕНТОВ

Перспективы развития ИИ-инструментов для проектов цифровой трансформации промышленных предприятий основываются на операционно-тактическом управлении многочисленными рисками, ставшим еще более актуальным после пандемии и украинского кризиса. Давление этих рисков делает долгосрочное стратегическое планирование и целеполагание малоэффективным, но позволяет упорядочить следующие подходы к развитию ИИ-инструментов в цифровой экономике России:

- форсированное ускорение цифровизации экономики и преодоление рисков «ИИ-зимы»;
- переход от декларируемого к реальному импортозамещению;
- создание значительного HR-капитала¹ для эксплуатации цифровых технологий.

Форсированное ускорение цифровизации экономики, включая развитие ИИ-технологий, регулируется целым набором нормативных актов и федеральных программ развития РФ² [5]. Однако за целеполаганием должны следовать теория, методология и финансирование множества проектов на предприятиях и в промышленных холдингах. Экономически неясные результаты, демонстрируемые лидерами отечественной промышленности

¹ Здесь и далее понятие «человеческий капитал» употребляется в широком смысле, как производительный фактор развития экономики, включающий высокообразованную часть трудовых ресурсов, знания, инструментарий интеллектуального и управленческого труда, среду обитания и трудовой деятельности, позволяющие раскрыть и использовать кадровый потенциал предприятий или отрасли.

² URL: <https://ai.gov.ru/strategy/federalnyy-proekt-ii/>

и пионерами цифровизации при внедрении ИИ-технологий, говорят о необходимости совершенствования теории и методологии использования ИИ в цифровой трансформации промышленности. Текущий вектор развития, сочетающий опору на иностранные технологии, опыт западных консалтинговых компаний и сложно возвращаемые инвестиции, бесперспективен в условиях радикального снижения доступности всего вышеперечисленного.

Опыт европейских и американских промышленных корпораций показывает: ИИ-технологии окупаемы и являются магистральным путем развития усложняющихся концепций в парадигме «Промышленность 4.0». Однако, кроме фактора доступности аппаратного и программного обеспечения, существенную роль в данном случае играет понятная экономика каждого проекта. Для западных промышленных корпораций этап исследований и оценок завершен, проекты с ИИ-технологиями успешны и масштабируются по производственным площадкам с четким пониманием их роли в цепочке добавленной стоимости. Это больше не пилотные и исследовательские проекты, а полномасштабная цифровизация — инструмент повышения конкурентных возможностей. Вполне очевидно, что разработанная методология внедрения ИИ-инструментов поддерживает основные экономические параметры и позволяет окупить инновации в реально прогнозируемом горизонте событий. Можно предположить, что новой тенденцией для российского рынка ближайших лет станет появление отечественных консалтинговых компаний, которые будут принимать активное участие в цифровой трансформации отраслей промышленности, развивая методологию цифровизации с экономически понятным обоснованием и повторяемыми результатами внедрения ИИ-технологий [6].

В прикладном исследовании эксперты связывали преодоление текущих трудностей в практическом развитии ИИ-технологий с усилением государственной поддержки фундаментальных исследований в этой области. Существует объективный риск «ИИ-зимы», когда уже затраченных инвестиций не хватает для достижения поставленных целей, и масштабные инвестиционные программы и соответствующие исследования полностью останавливаются. Ретроспективно оценивая историю развития технологий, следует отметить, что подобные «зимы» — длительные этапы резкого снижения инвестиций и интереса (коммерческого, академического и т.д.) к ИИ-технологиям — уже случались



[7]. В целом в России наблюдается значительный рост стоимости проектов внедрения любых технологических инноваций в рамках цифровизации промышленных предприятий [5]. Поэтому эксперты вполне справедливо заметили, что наиболее существенным фактором в преодолении рисков очередной «ИИ-зимы» в России является увеличение фундаментальных государственных инвестиций в прикладные технологии искусственного интеллекта. Также значимым фактором выступает «устранение дефицита аппаратного обеспечения», которое реализуется в последние годы с помощью параллельного импорта [8].

Существенное влияние на перспективы развития ИИ-технологий оказывает еще одна тенденция 2022–2023 гг. — переход от декларируемого к реальному импортозамещению в области информационных технологий. С одной стороны, данный вектор выбран, поддерживается отраслевыми регуляторами и государственными институтами, а с другой, — на практическом уровне импортозамещение в некоторых областях информационных технологий не просто ухудшает конкурентные возможности российских предприятий, но и не представляется возможным в течение многих лет. Так, еще в одном авторском исследовании, проведенном в октябре 2023 г. по теме: «Стратегия и тактика развития корпоративного ИТ-ландшафта в условиях технологического эмбарго и ускоренного импортозамещения», представленного на конференции «Кутафинские чтения МГЮА — 2023» в секции «Экономика», был изучен опыт российской отрасли информационных технологий с точки зрения реального и декларируемого импортозамещения. Сбор информации проводился в формате интервью с менеджерами российских ИТ-компаний и корпораций-заказчиков и охватил следующие бренды: Яндекс, Сбер, ВТБ24, Банк Санкт-Петербург, Нестле Россия, Кока-кола Россия, Дом.РФ, Группа ПСБ, Ламода, Ауксо, Опен Вижен, Инфосистемы Джет и др. Далее ответы были обобщены, оценены подходы и результаты и составлена дорожная карта, позволяющая определить управленческие возможности, лучшие практики и усвоенные уроки из активной практики импортозамещения АО и ПО в 2022–2023 гг.

Указанное исследование продемонстрировало, что процессы декларируемого и реального импортозамещения в российской экономике в высокой степени зависят от трех факторов:

- регулятивного давления государственных органов власти;

- оптимальности параллельного импорта³;
- возможностей самой корпорации создавать программное и аппаратное обеспечение, т.е. готовые ИТ-решения.

Безусловно, национальная ИТ-отрасль показывает уверенный экономический рост, но этот процесс в большей степени связан с увеличением цен на услуги компаний, необходимостью параллельного импорта и государственной поддержкой, а не с созданием и продажей нового программного и аппаратного обеспечения взамен ушедших западных поставщиков (несмотря на декларации и выступления спикеров на масштабных профессиональных конференциях в ИТ-отрасли во второй половине 2023 г.).

В долгосрочной перспективе до 2030 г. сложно судить о том, является ли влияние регулятивного давления государственных органов в области ИТ-импортозамещения положительным или отрицательным для российской экономики в целом. В отличие от отраслевых и целевых программ поддержки или федеральных проектов, прямое регулятивное давление воспринимается многими участниками описанного выше исследования явно негативно, а управленческая реакция их руководителей (как в частных, так и государственных корпорациях) направлена на формальное соответствие регулятивным требованиям — в ущерб стратегическим интересам бизнеса и его клиентов в краткосрочной перспективе. Так, например, несмотря на очевидные сложности, для целого класса корпораций, чья деятельность для российской экономики на законодательном уровне определена как критическая и инфраструктурная, процессы импортозамещения обязательны. Для таких корпораций Указ Президента № 166⁴ является доминирующим мотивом при реализации развития информатизации и цифровизации, и это оказывает прямое влияние на выбор решений и особенности их внедрения. В исследовании были проанализированы все типичные классы ПО и АО: от средств коммуникаций — до серверов, от операционной системы — до периферийного оборудования. В рамках данной главы для нас наибольший интерес представляет совокупность технологий для создания ИИ-решения.

³ Здесь и далее под оптимальностью параллельного импорта подразумевается набор классических экономических параметров: конечная стоимость владения, гарантии качества и ремонта, сроки поставки до конечного потребителя, возможности введения в эксплуатацию в составе ИТ-решения.

⁴ URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/403684114/>

В таблице выделены элементы и доминирующее успешное ИИ-решение по реальному или декларируемому импортозамещению, примененное большинством корпораций, чьи представители приняли участие в исследовании. В последней колонке указаны альтернативные подходы, условно успешно применимые к российскому IT-рынку, а также описаны сценарии для государственных корпораций, обязанных перейти к полному замещению импортного ПО к 2025 г.

Следует принять во внимание, что весной 2023 г. не произошло массового отказа по аппаратному обеспечению. Даже в наиболее проблемных областях (телекоммуникационное оборудование CISCO и сервера всех мировых брендов) российские корпорации оказались готовы к соответствующим рискам. Хотя с марта 2022 г. наблюдался ажиотажный спрос на любое аппаратное обеспечение, к середине 2023 г. механизмы параллельного импорта (включая «серые» и «черные» схемы) смогли обеспечить минимальные потребности российской экономики. Очевидно, что аппаратные элементы ИИ-решений в краткосрочной перспективе будут опираться именно на параллельный импорт. Резюмируя перспективы развития ИИ-инструментов в рамках тенденции на импортозамещение, следует отметить следующее:

1. Отказ западных компаний от сотрудничества с российскими партнерами, регулятивный нажим государства и общая турбулентность бизнеса обеспечили явный интерес (и бюджеты) к реальному, а не декларируемому импортозамещению в области наиболее простых информационных технологий. Для более сложных ИИ-технологий это затруднительно, если вообще возможно.

2. Разработка (и удешевление) проектов цифровой трансформации с ИИ-технологиями в критической степени зависит от оптимальности развития параллельного импорта: усилия российской IT-отрасли направлены на другие цели.

3. Несмотря на обширный человеческий капитал и собственные IT-технологии, единичные российские корпорации (такие как Сбер или Яндекс) смогли продолжить развитие ИИ-технологий после 2022 г. Промышленные корпорации (за редким исключением) заняли выжидательную позицию.

Критически важным для эксплуатации ИИ-технологий остается фактор человеческого капитала — возможности промышленных предприятий вовлекать своих сотрудников в практическое внедрение и ежедневное использование цифровых

технологий. Широко известны организационные усилия в этом направлении: создание специализированных организационных структур, программы обучения и переподготовки кадров, специальное бюджетирование в интересах усиления человеческого капитала компании. Однако после 2022 г. появились дополнительные риски в этом направлении:

- уход западных технологических компаний и закрытие их центров обучения;
- массовый отъезд российских IT-специалистов за рубеж;
- кратное повышение цен на услуги российских IT-компаний, в том числе в области обучения специалистов.

В вышеупомянутом прикладном исследовании эксперты с промышленных предприятий указывали на данные факторы, поэтому человеческий капитал следует отнести к одному из доминирующих факторов в развитии цифровых технологий, включая ИИ. Именно эксплуатация (а не проектирование или внедрение) ИИ-технологий в итоге определяет их экономическую эффективность, а значит, влияет на тактическом уровне на бесперебойность финансирования программ цифровизации. Развитие человеческого капитала остается базовым условием успешности в области практических программ цифровизации и ИИ.

ВЫВОДЫ

Обобщая результаты данного исследования, следует отметить, что область ИИ находится на стыке сложных технологических вызовов, факторов геополитической неопределенности и жестких экономических требований к своевременному возврату затрачиваемых инвестиций. Очевидно, что российская промышленность не может продолжать внедрение цифровых технологий за счет дотаций или без возврата инвестиций [9], а значит, развитие ИИ-технологий стало сложным научно-практическим вопросом и темой актуальных исследований. Быстрые изменения в окружающей экономической реальности не оставляют пространства для точного следования долгосрочным планам, а, наоборот, требуют гибко реагировать на любые важные изменения и подстраивать программы цифровой трансформации под новые ограничения и возможности [10]. Анализ основных результатов исследования выявил несколько ключевых аспектов, являющихся решением поставленной научной задачи:

Таблица / Table

Варианты импортозамещения в ИИ-решениях / Import substitution options in AI solutions

Элемент ИИ-решения	Роль элемента	Рекомендуемое решение	Особенности внедрения
Высокоуровневое бизнес-решение (конечная информационная система)	Обработка и хранение информации, поиск конечного решения по алгоритму и доставка его в нужную информационную систему	Импортозамещения требует только система управления базами данных (СУБД), рекомендуемое решение – переход на ПО с открытым исходным кодом PostgreSQL	Рекомендуется создавать самостоятельно или заказывать в системных интеграторах «под ключ»
Обучение нейронной сети	Создание работающего целевого алгоритма для принятия решения	Решение от Сбера – Kandinsky 2.1. Решение от Яндекса – YaLM	Корпорации с сильной внутренней разработкой делают собственные решения
Системное программное обеспечение для периферийных устройств (датчиков, камер, узлов сети и т.д.)	Сбор и транспортировка «сырых» данных (цифровых снимков, параметров сигнала и т.д.)	Нет вариантов для импортозамещения	Обычно поставляется вместе с устройствами
Аппаратное обеспечение – периферия	Получение и транспортировка «сырых» данных (цифровых снимков, параметров сигнала и т.д.)	Нет вариантов для импортозамещения. Параллельный импорт и поиск поставщиков из Китая	Сертификация китайского оборудования под российскими брендами
Основное аппаратное обеспечение	Обработка и хранение информации	Нет вариантов для импортозамещения. Параллельный импорт	Сертификация китайского оборудования под российскими брендами

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

Ограниченность применения ИИ в промышленности

Использование инструментов искусственного интеллекта в промышленном производстве остается фрагментированным. Они слабо интегрированы в ИТ-ландшафты промышленных предприятий, результаты их работы редко обрабатываются в автоматическом режиме. На данные процессы активно влияют риски и трудности, связанные с методологией цифровизации на базе ИИ-технологий, неопределенностью расчета окупаемости и экономической целесообразности инноваций, а также с дефицитом технической экспертизы в эксплуатации ИИ-инструментов.

Значительный потенциал в рамках парадигмы «Промышленность 3.0» и «Промышленность 4.0»

Все цифровые технологии в обеих парадигмах могут быть дополнены ИИ-инструментами. Однако многие предприятия еще не реализовали соответ-

ствующие проекты, что подразумевает необходимость значительных инвестиций в развитие ИИ-технологий в среднесрочной перспективе.

Прогнозы экспертов и перспективы развития ИИ

В горизонте 2024–2025 гг. эксперты выделили несколько перспективных технологических направлений для внедрения ИИ-технологий: анализ больших данных, «умное производство», автономное управление производственными системами и контроль промышленной безопасности. Также были определены основные факторы успеха при реализации программ цифровой трансформации промышленных предприятий: понимание целей программы сотрудниками предприятия и экономическая рентабельность инноваций и, наоборот, основные барьеры для внедрения ИИ-систем – это высокая стоимость проектов и нехватка знаний у участников проекта и отсутствие квалифицированной экспертизы.

Импортозамещение и роль параллельного импорта

Вопреки напрасным ожиданиям участников рынка, реальное импортозамещение ИИ-технологий оказывается крайне сложным в ближайшей перспективе. Применяемые подходы часто носят декларативный характер, не являются реальным импортозамещением и лишь увеличивают бюджеты программ цифровизации промышленных предприятий. Фактические возможности развития рынка ИИ-технологий в России в значительной степени зависят от успешности (оптимальности) параллельного импорта.

Человеческий капитал как ключевой фактор

Несмотря на сложные и неоднозначные перспективы развития ИИ-технологий в России, фактор

человеческого капитала остается доминирующим. Успешное внедрение и эксплуатация ИИ-технологий зависит от возможности предприятий привлекать к этому квалифицированных и мотивированных сотрудников. После 2022 г. появились дополнительные риски, снижающие возможности полноценного использования фактора человеческого капитала, что уже сейчас оказывает заметное негативное влияние.

С учетом вышеизложенного стоит отметить, что эффективное развитие и внедрение ИИ в промышленности требуют существенных изменений в менеджменте предприятий. Ключевыми направлениями при этом выступают оптимальность и бесперебойность параллельного импорта, развитие человеческого капитала и методологии цифровой трансформации с акцентом на оценку экономических показателей соответствующих инноваций.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Brooks R.A. Elephants don't play chess. *Robotics and Autonomous Systems*. 1990;6(1–2):3–15. DOI: 10.1016/S 0921–8890(05)80025–9
2. Сабанин В.Р., Смирнов Н.И., Репин А.И. Автоматические системы регулирования на основе нейросетевых технологий. Труды Международной научной конференции Control-2003. М.: Изд-во МЭИ; 2003:45–51.
3. Баскин И.И., Палюлин В.А., Зефирова Н.С. Применение искусственных нейронных сетей в химических и биохимических исследованиях. *Вестник Московского университета. Серия 2: Химия*. 1999;40(5):323–326.
4. Калацкая Л.В., Новиков В.А., Садов В.С. Организация и обучение искусственных нейронных сетей. Экспериментальное учеб. пособие. Минск: Изд-во БГУ; 2003. 72 с.
5. Доржиева В.В. Национальные приоритеты развития промышленного искусственного интеллекта в условиях новых технологических вызовов. *Вопросы инновационной экономики*. 2022;12;(1):111–122. DOI: 10.18334/vines.12.1.114205
6. Комаров Н.М., Пашенко Д.С. Повышение скорости внедрения инноваций в промышленности в условиях цифровизации. *Вестник евразийской науки*. 2023;15(2):58. URL: <https://esj.today/PDF/68ECVN 223.pdf>
7. Crevier D. AI: The tumultuous history of the search for artificial intelligence. New York, NY: Basic Books; 1993. 400 p.
8. Бабанов А.Б., Бохан П.А., Шетов А.А. Перспективы использования параллельного импорта в Российской Федерации. *Государственное и муниципальное управление. Ученые записки*. 2023;(1):54–60. DOI: 10.22394/2079–1690–2023–1–1–54–60
9. Туккель И.Л., Яшин С.Н., Иванов А.А. Цифровая трансформация как важная часть инновационного развития. *Инновации*. 2019;(3):45–50. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-transformatsiya-kak-vazhnaya-chast-innovatsionnogo-razvitiya>
10. Пашенко Д.С., Комаров Н.М. Управление затратами на постоянные изменения в деятельности высокотехнологических предприятий. *Мир новой экономики*. 2022;16(3):104–112. DOI: 10.26794/2220–6469–2022–16–3–104–112

REFERENCES

1. Brooks R. A. Elephants don't play chess. *Robotics and Autonomous Systems*. 1990;6(1–2):3–15. DOI: 10.1016/S 0921–8890(05)80025–9
2. Sabanin V. R., Smirnov N. I., Repin A. I. Automatic control systems based on neural network technologies. In: Proc. Int. sci. conf. Control-2003. Moscow: Moscow Power Engineering Institute Publ.; 2003:45–51. (In Russ.).
3. Baskin I. I., Palyulin V. A., Zefirov N. S. Application of artificial neural nets to the chemical and biochemical investigations. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 2: Khimiya = Moscow University Chemistry Bulletin*. 1999;40(5):323–326. (In Russ.).

4. Kalatskaya L.V., Novikov V.A., Sadov V.S. Organization and training of artificial neural networks. Experimental tutorial. Minsk: Belarusian State University Publ.; 2003. 72 p. (In Russ.).
5. Dorzhieva V.V. National priorities for the development of industrial artificial intelligence amidst new technological challenges. *Voprosy innovatsionnoi ekonomiki = Russian Journal of Innovation Economics*. 2022;12;(1):111–122. (In Russ.). DOI: 10.18334/vinec.12.1.114205
6. Komarov N.M., Pashchenko D.S. Increasing the speed of innovation in industry in the context of digitalization. *Vestnik evrazijskoi nauki = The Eurasian Scientific Journal*. 2023;15(2):58. URL: [https://esj.today/PDF/68ECVN 223.pdf](https://esj.today/PDF/68ECVN%2023.pdf) (In Russ.).
7. Crevier D. AI: The tumultuous history of the search for artificial intelligence. New York, NY: Basic Books; 1993. 400 p.
8. Babanov A.B., Bokhan P.A., Shetov A.A. Prospects of using parallel imports in the Russian Federation. *Gosudarstvennoe i munitsipal'noe upravlenie. Uchenye zapiski = State and Municipal Management. Scholar Notes*. 2023;(1):54–60. (In Russ.). DOI: 10.22394/2079–1690–2023–1–1–54–60
9. Tukkel I.L., Yashin S.N., Ivanov A.A. Digital transformation as an important part of innovative development. *Innovatsii = Innovations*. 2019;(3):45–50. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-transformatsiya-kak-vazhnaya-chast-innovatsionnogo-razvitiya> (In Russ.).
10. Pashchenko D.S., Komarov N.M. Managing the costs of constant changes in the activities of high-tech enterprises. *Mir novoi ekonomiki = The World of New Economy*. 2022;16(3):104–112. (In Russ.). DOI: 10.26794/2220–6469–2022–16–3–104–112

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / ABOUT THE AUTHORS



Николай Михайлович Комаров — доктор экономических наук, научный консультант, Всероссийский научно-исследовательский институт «ЦЕНТР», Москва, Россия
Nikolai M. Komarov — Dr. Sci. (Econ.), Scientific Advisor, All-Russian Research Institute “CENTER”, Moscow, Russia
<http://orcid.org/0000-0002-2431-6195>
nikolai_komarov@mail.ru



Сергей Сергеевич Голубев — доктор экономических наук, начальник отдела, Всероссийский научно-исследовательский институт «ЦЕНТР», Москва, Россия
Sergey S. Golubev — Dr. Sci. (Econ.), Department Head, All-Russian Research Institute “CENTER”, Moscow, Russia
<http://orcid.org/0000-0001-8745-6235>
sergei.golubev56@mail.ru



Денис Святославович Пащенко — кандидат технических наук, независимый исследователь в области разработки программного обеспечения, Москва, Россия
Denis S. Pashchenko — Cand. Sci. (Tech.), independent researcher in the field of software development, Moscow, Russia
<http://orcid.org/0000-0001-9089-8173>
Автор для корреспонденции / Corresponding author:
denpas@rambler.ru



Антон Григорьевич Щербаков — кандидат экономических наук, управляющий партнер группы компаний АСПИ, Москва, Россия
Anton G. Shcherbakov — Cand. Sci. (Econ.), managing partner of the ASPI group of companies
<http://orcid.org/0000-0002-3298-1638>
otadow@gmail.com

Заявленный вклад авторов:

Н. М. Комаров — куратор прикладного исследования «Использование прикладных технологий искусственного интеллекта в проектах цифровой трансформации промышленных предприятий», частичные результаты которого изложены в разделе статьи «Инструменты искусственного интеллекта в программах цифровой трансформации промышленных предприятий».

С. С. Голубев — куратор прикладного исследования «Стратегия и тактика развития корпоративного ИТ-ландшафта в условиях технологического эмбарго и ускоренного импортозамещения», частичные результаты которого изложены в разделе «Перспективный анализ развития ИИ-инструментов».

Д. С. Пащенко — разработка общей концепции статьи, подбор источников в обоих прикладных исследованиях.

А. Г. Щербаков — разработка элементов концепции прикладных исследований, подбор источников в обоих прикладных исследованиях.

Authors' declared contributions:

N. M. Komarov — curator of the applied research “The use of Applied AI Technologies in Industrial Enterprises’ Digital Transformation Projects”, which results are partially presented in the article “AI Tools in the Digital Transformation Programmes of Industrial Enterprises”.

S. S. Golubev — curator of the applied research “Strategy and tactics for the development of the corporate IT landscape in the context of technological embargo and accelerated import substitution” which results are partially presented in the article’s chapter “Analysis of the prospects for the development of AI tools”.

D. S. Pashchenko — article’s general concept development, sources’ selection in both applied studies.

A. G. Shcherbakov — elements’ development for the applied research concept, sources’ selection in both applied studies.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflicts of Interest Statement: The authors have no conflicts of interest to declare.

Статья поступила 10.02.2024; после рецензирования 13.03.2024; принята к публикации 10.04.2024.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The article was received on 10.02.2024; revised on 13.03.2024 and accepted for publication on 10.04.2024.

The authors read and approved the final version of the manuscript.