

«Индустрія 4.0» в России: внедрение технологий, проблемы и пути развития промышленности

Балашов Алексей Михайлович 

Кандидат экономических наук, доцент

Новосибирский государственный педагогический университет, г. Новосибирск, Российская Федерация

E-mail: Ltha1@yandex.ru

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА.

цифровая трансформация, управление производством, достижения «Индустріи 4.0», интеграция, эффективность, устойчивое развитие, системный подход

АННОТАЦИЯ.

Данная статья посвящена вопросам цифровой трансформации, которая в настоящее время предопределяет приоритетные направления развития общества, экономики и производственной сферы большинства государств. В России цифровая трансформация приобретает стратегическую значимость, что подтверждается национальной программой «Цифровая экономика Российской Федерации». «Индустрія 4.0» основана на интеграции цифровых технологий в производственные процессы, и открывает новые возможности для повышения конкурентоспособности и обеспечения устойчивого развития бизнеса. Она направлена на создание «умных фабрик», способных к самоорганизации, самообучению и адаптации к изменяющимся условиям. Эти технологии позволяют предприятиям становиться более гибкими и адаптивными, что, в свою очередь, повышает их конкурентоспособность на глобальном рынке и обеспечивает устойчивое развитие бизнеса. Цель данной статьи – рассмотреть возможности и перспективы широкого внедрения достижений «Индустріи 4.0» на промышленных предприятиях и проанализировать возникающие при этом проблемы и сдерживающие факторы, а также дать рекомендации по дальнейшему развитию цифровой трансформации промышленности. На основе проведенного анализа можно сделать вывод о том, что цифровизация и внедрение технологий «Индустріи 4.0» в промышленное производство – это неизбежный процесс, который открывает огромные возможности для повышения эффективности и устойчивого развития. Данные технологии имеют существенный потенциал для трансформации традиционных отраслей экономики, повышая эффективность, производительность и конкурентоспособность. Однако для достижения успеха необходимо осознавать и преодолевать существующие проблемы, которые весьма многогранны и требуют системного подхода к решению. Новизна данного исследования заключается в попытке рассмотрения закономерностей и перспектив внедрения технологий «Индустріи 4.0» в производственные процессы предприятий, исходя из актуализации их потребностей в текущей ситуации и возможностей дальнейшего развития.

JEL codes: L26; L 86; O10

DOI: <https://doi.org/10.52957/2221-3260-2025-10-46-59>

Для цитирования: Балашов, А.М. «Индустрія 4.0» в России: внедрение технологий, проблемы и пути развития промышленности/А.М. Балашов . - Текст : электронный // Теоретическая экономика. - 2025 - №10. - С.46-59. - URL: <http://www.theoreticaleconomy.ru> (Дата публикации: 30.10.2025)

Введение

В настоящее время широкое распространение цифровых технологий предопределяет приоритетные направления развития общества, экономики и производственной сферы большинства государств. Цифровые технологии внедряются во все большее число областей производства и бизнеса, создавая новые возможности и преобразуя существующие процессы. В России цифровая трансформация приобретает стратегическую значимость, что подтверждается национальной программой «Цифровая экономика Российской Федерации». Это отражает важность и актуальность внедрения и использования цифровых технологий для бизнеса и экономики в целом.

Цифровая трансформация - это не просто технологическое обновление, но и глубокое структурное изменение, которое требует изменения мышления и подхода к управлению. Будущее за теми компаниями и государствами, которые смогут эффективно использовать новые технологии и адаптироваться к быстроменяющемуся цифровому миру. Цифровая трансформация понимается как глубокая трансформация бизнес-моделей, обусловленная внедрением передовых цифровых технологий [1]. Цифровизация экономики и широкое использование достижений «Индустрии 4.0» становится в настоящее время глобальной тенденцией, и российские компании не являются исключением.

«Индустрия 4.0» основана на интеграции цифровых технологий в производственные процессы, и открывает новые возможности для повышения конкурентоспособности и обеспечения устойчивого развития бизнеса. Она направлена на создание «умных фабрик», способных к самоорганизации, самообучению и адаптации к изменяющимся условиям. Эти технологии позволяют предприятиям становиться более гибкими и адаптивными, что, в свою очередь, повышает их конкурентоспособность на глобальном рынке и обеспечивает устойчивое развитие бизнеса.

«Индустрия 4.0» предоставляет возможности для решения для этих задач, предлагая технологии, которые позволяют улучшить качество продукции, сократить время на производство и снизить затраты. В результате, создание эффективной инфраструктуры информационных систем становится ключевым фактором, определяющим успех бизнеса в условиях современного рынка [2].

Развитие «Индустрии 4.0» также связано с необходимостью адаптации производственных процессов к требованиям устойчивого развития и повышению экологической эффективности. Современные предприятия стремятся снизить потребление ресурсов и минимизировать воздействие на окружающую среду, что становится возможным благодаря умным технологиям и цифровизации.

Цель данной статьи – рассмотреть возможности и перспективы широкого внедрения достижений «Индустрии 4.0» на промышленных предприятиях и проанализировать возникающие при этом проблемы и сдерживающие факторы, а также дать рекомендации по дальнейшему развитию цифровой трансформации промышленности. Новизна данного исследования заключается в попытке рассмотрения закономерностей и перспектив внедрения технологий «Индустрии 4.0» в производственные процессы предприятий, исходя из актуализации их потребностей в текущей ситуации и возможностей дальнейшего развития. Таким образом, данная работа направлена на всестороннее исследование возможностей, которые открываются при внедрении технологий Четвертой промышленной революции, что позволяет не только оценить текущее состояние дел, но и наметить пути для дальнейшего развития и оптимизации производственных процессов.

Основная часть

Концепция «Индустрии 4.0» охватывает комплексную цифровую трансформацию, использование искусственного интеллекта и нейросетей. Это приведет к повышению производительности, конкурентоспособности, оптимизации использования ресурсов, внедрению новых подходов к управлению производством и другим плюсам. В тоже время, на процесс формирования нового технологического уклада в настоящее время оказывают существенное влияние различные эпидемиологические и социально-экономические проблемы мирового сообщества, которые вероятно внесут сложные корректиры в обновление человеческой жизнедеятельности [3].

Цифровая трансформация проникает во все сферы нашей жизни, и промышленность не является исключением. Внедрение цифровых технологий обещает колossalный рост эффективности, снижение издержек и создание новых возможностей. Однако этот путь не усыпан розами. Цифровизация промышленности, как и любое масштабное преобразование, сопряжена с целым рядом проблем, которые требуют пристального внимания и комплексных решений. Современные производственные предприятия сталкиваются с многочисленными вызовами, включая растущие ожидания потребителей, необходимость соблюдения строгих экологических норм и требований, а также постоянное давление со стороны конкурентов [4]. Согласно исследованию Boston Consulting

Group, успешная цифровая трансформация требует учета нескольких ключевых аспектов [5]: определения стратегии цифровой трансформации, вовлечения руководства компании, интеграции новых технологий в существующие бизнес-процессы, обучения персонала и создания корпоративной культуры, поддерживающей инновации.

«Индустря 4.0» предоставляет возможности для решения для этих проблем, предлагая технологии, которые позволяют улучшить качество продукции, сократить время на производство и снизить затраты. В результате, создание эффективной инфраструктуры информационных систем становится ключевым фактором, определяющим успех бизнеса в условиях современного рынка [2]. Ключевые технологии «Индустрии 4.0» следующие:

- Интернет вещей (IoT): сеть взаимосвязанных устройств, датчиков и машин, собирающих и передающих данные в режиме реального времени.

- Киберфизические системы (CPS): интеграция вычислительных ресурсов с физическими процессами, позволяющая осуществлять мониторинг, управление и оптимизацию производственных операций.

- Облачные вычисления: предоставление вычислительных ресурсов, хранилища данных и программного обеспечения по запросу через Интернет, обеспечивая гибкость и масштабируемость.

- Большие данные и аналитика: сбор, обработка и анализ огромных объемов данных, генерируемых производственными процессами, для выявления закономерностей, прогнозирования и принятия обоснованных решений.

- Искусственный интеллект (ИИ) и машинное обучение (ML): использование алгоритмов для автоматизации задач, оптимизации процессов, прогнозирования отказов оборудования и улучшения качества продукции.

- Аддитивное производство (3D-печать): создание трехмерных объектов путем послойного наложения материала, обеспечивающее гибкость производства и возможность изготовления сложных изделий.

- Робототехника: использование промышленных роботов для автоматизации рутинных, опасных и трудоемких операций.

- Дополненная и виртуальная реальность (AR/VR): применение технологий для обучения персонала, удаленного обслуживания оборудования и проектирования новых продуктов.

Для промышленности и бизнеса основные преимущества внедрения «Индустрии 4.0» следующие:

- Повышение производительности за счет широкой автоматизации процессов, оптимизации использования ресурсов и улучшении управления производством позволяют значительно увеличить объемы выпускаемой продукции.

- Снижение затрат за счет оптимизации процессов, более точного прогнозирования поломок, уменьшения отходов производства и повышения энергоэффективности.

- Улучшение качества продукции: контроль качества в режиме реального времени, автоматизация процессов и использование данных для выявления дефектов позволяют улучшить качество продукции и снизить количество брака.

- Повышение гибкости производства: возможность быстро перенастраивать производственные линии, производить продукцию по индивидуальным заказам и адаптироваться к изменяющимся требованиям рынка.

- Повышение безопасности труда за счет автоматизации потенциально опасных процессов и использования датчиков для мониторинга условий труда снижают риски для работников.

- Оптимизация процессов принятия решений: анализ больших данных и использование искусственного интеллекта позволяют принимать более обоснованные и эффективные решения на всех уровнях управления.

- Разработка новых бизнес-моделей: «Индустря 4.0» открывает широкие возможности для

создания новых продуктов и услуг, а также для изменения способов ведения бизнеса.

- Создание новых продуктов и услуг за счет более быстрого проектирования, моделирования и тестирования.

- Повышение конкурентоспособности за счет более гибкого и оперативного реагирования на изменения рыночной конъюнктуры.

Поэтому, многие промышленные предприятия переходят к широкому внедрению достижений «Индустрии 4.0», что задает тенденции для цифровой трансформации производства и повышения эффективности бизнес-процессов не только крупных, но и мелких и средних предприятий [6]. При этом, важной гарантией достижения предприятиями необходимых результатов является трансформация технологических возможностей. Это нужно для того, чтобы ускорить внедрение цифровых технологий нового поколения и трансформацию традиционных методов производства [7, с. 347].

В тоже время на практике процесс может быть более сложным и требовать учета различных факторов, включая регулятивные требования, вопросы безопасности, сопротивление изменениям со стороны сотрудников и другие. Например, по данным KPMG, 70% проектов цифровой трансформации не достигают своих целей из-за недостатка понимания этих теоретических аспектов и особенностей их практического применения [8]. А согласно данным исследования компании PwC, в 2023 году только 57% российских компаний применяли технологии искусственного интеллекта, что заметно меньше среднемирового уровня (74%) [9]. При этом, по данным Аналитического центра при Правительстве РФ, более половины предприятий испытывают трудности с переходом на цифровые технологии из-за отсутствия квалифицированных специалистов и недостаточности финансовых средств [10].

С другой стороны, во многих отраслях производства, например, в горнодобывающей отрасли, широкое внедрение таких направлений является сложным процессом, и требует существенных инвестиций в технологическое оборудование и нематериальные активы [11, с. 88]. В частности, горнодобывающие компании сейчас активно работают над увеличением уровня прозрачности основной деятельности, расширением возможностей онлайн-контроля за производственными процессами и мониторинга работы транспортных средств и технологического оборудования и повышением эффективности бизнес-процессов [12].

Таким образом, внедрение достижений «Индустрии 4.0» в производственные процессы сталкивается с рядом серьезных проблем, которые тормозят развитие и конкурентоспособность предприятий. Основные проблемы и вызовы в настоящее время следующие:

1. Отсутствие четкой стратегии и понимания целей: многие компании начинают внедрять цифровые технологии без предварительного анализа потребностей и определения конкретных целей. Это приводит к неэффективному использованию ресурсов, отсутствию ожидаемого результата и разочарованию в проектах. Отсутствует понимание, какие именно цифровые инструменты и технологии наиболее подходят для конкретных бизнес-процессов, а также как эти технологии будут интегрированы в существующую инфраструктуру. Часто отсутствует долгосрочная стратегия развития цифровых компетенций внутри компании.

2. Технические проблемы и инфраструктура: далеко не все российские компании обладают необходимой технической инфраструктурой для поддержки цифровых технологий. Это касается как скорости интернет-соединения, так и надежности серверных систем. Часто отсутствует достаточная инфраструктура для хранения и обработки больших объемов данных, что критично для многих цифровых решений. Проблемы с совместимостью различных систем и программного обеспечения также создают значительные сложности. Кроме того. Существенным препятствием для внедрения достижений Четвертой промышленной революции является невысокий уровень цифровизации на многих отечественных предприятиях, а также отсутствие данных, которые можно было бы анализировать. Существенную роль играет и фактор устаревшего технического регулирования, осложняющий внедрение новых технологий [13].

3. Недостаток квалифицированных кадров: внедрение цифровых технологий требует специалистов с определенными навыками и знаниями. В России наблюдается дефицит специалистов в области программирования, анализа данных, кибербезопасности и других смежных областях. Это затрудняет поиск и удержание квалифицированных сотрудников, а также обучение существующего персонала новым технологиям. Проблема усугубляется нехваткой специалистов, способных эффективно управлять и поддерживать внедренные цифровые системы.

4. Высокая стоимость внедрения: внедрение цифровых технологий требует значительных инвестиций в программное обеспечение, оборудование, обучение персонала и поддержку. Для многих компаний, особенно малых и средних предприятий, эти затраты могут быть непосильными. Отсутствие доступных финансовых инструментов и механизмов поддержки также усугубляет проблему.

5. Вопросы обеспечения кибербезопасности, т.к. широкое использование цифровых технологий открывают новые возможности для киберугроз, что делает компании более уязвимыми. В условиях широкой цифровизации бизнес-процессов все более актуализируются вопросы защиты информации от взлома, хакерских атак, несанкционированных утечек и других незаконных действий. В частности, большие данные требуют прочной и хорошо отлаженной системы защиты. Информация, а особенно ее большой объем, которую анализируют компании, имеет высокую цену. Ее утечка может привести к катастрофическим последствиям как для бизнеса, так и для конкретного человека [14].

Вопросы безопасности данных стали еще более актуальными в свете недавних кибератак. Согласно отчету «Cyber Threatscape Report» компании Accenture, в 2023 году уровень киберугроз увеличился на 30% [15]. Данные подтверждают, что защита информации и кибербезопасность являются ключевыми вопросами при проведении цифровой трансформации. В целом, современные угрозы значительно усложнились и приобрели новые формы. Они могут быть следующие:

- Вирусные программы и вредоносное ПО (вирусы, трояны, шифровальщики)
- Атаки типа «отказ в обслуживании» (DDoS)
- Атаки через уязвимости в программном обеспечении
- Фишинг и социальная инженерия
- Атаки на сети IoT (Интернет вещей)
- Внутренние угрозы и злоупотребления со стороны сотрудников
- Государственные кибератаки и кибершпионаж
- Другие формы угроз.

Российские компании часто не уделяют должного внимания вопросам кибербезопасности, что может привести к утечке данных, финансовым потерям и репутационному ущербу. Недостаток знаний и опыта в области кибербезопасности, а также слабая защищенность инфраструктуры – серьезные препятствия для внедрения цифровых технологий. Поэтому, многие страны внедряют законодательное и нормативное регулирование, в частности нормативные акты, стандарты и рекомендации в области кибербезопасности (например, GDPR в Евросоюзе, Федеральный закон о кибербезопасности в России). Они требуют от организаций соблюдения определенных требований, проведения оценки рисков и создания систем защиты.

В целом, кибербезопасность в современной инфраструктуре информационных систем представляет собой комплексную и постоянно эволюционирующую сферу, требующую системного подхода, внедрения современных технологий, использования нормативных мер и сознательности всех участников.

6. Культурные и организационные барьеры: широкое использование цифровых технологий может потребовать изменений в организационной структуре и культуре компании, т.к. переход к цифровым технологиям требует изменения рабочих процессов и корпоративной культуры. Не все сотрудники готовы к переходу на новые методы работы и могут испытывать сопротивление изменениям. Сопротивление со стороны персонала, привыкшего к традиционным методам работы,

может стать серьезным препятствием. Кроме того, отсутствие поддержки со стороны руководства и недостаток коммуникации также могут препятствовать успешному внедрению. И наконец, само руководство может иметь низкую цифровую культуру и недостаточное понимание механизма применения цифровых методов и их эффекта, и консервативное отношение к новшествам [16].

7. Недостаток доступной информации и грамотных экспертных мнений: Многие компании не имеют доступа к необходимой информации о современных цифровых технологиях и методах их внедрения. Отсутствие квалифицированных консультантов и экспертов, готовых помочь в решении конкретных задач, также является серьезной проблемой.

8. Недостаточная государственная поддержка: не во всех странах существует государственная поддержка цифровизации промышленности, что тормозит развитие этого направления.

9. Невысокий уровень стандартизации: отсутствие единых стандартов и протоколов для цифровых технологий затрудняет интеграцию и взаимодействие различных систем, что замедляет темпы цифровой трансформации. Интеграция подразумевает объединение различных программных и аппаратных компонентов так, чтобы они работали совместно как единое целое. Это позволяет обеспечить обмен данными, координацию процессов и унификацию бизнес-операций, а также масштабируемость системы при росте объема данных или расширении функций.

Необходимость интеграции различных технологий и систем между собой также может стать серьезной проблемой, т.к. на большинстве промышленных предприятий уже существуют различные системы управления и учета, которые часто плохо совместимы друг с другом и тем более, с новыми технологиями «Индустрии 4.0». Интеграция подразумевает объединение различных программных и аппаратных компонентов так, чтобы они работали совместно как единое целое. Это позволяет обеспечить обмен данными, координацию процессов и унификацию бизнес-операций, а также масштабируемость системы при росте объема данных или расширении функций.

В большинстве случаев компаниям нелегко принимать решения о внедрении технологий «Индустрии 4.0». Часто такой шаг не кажется обоснованным, так как эти технологии не всегда оказывают принципиальное влияние на производственный процесс, но требуют при этом значительных капиталовложений и внимания. Часто компании не видят необходимости повышать производительность труда в связи с невысокой стоимостью рабочей силы и наличием социальных обязательств перед персоналом, затрудняющих сокращение его численности [13].

В целом, несмотря на определенные успехи, на сегодняшний день в нашей стране не созданы необходимые условия для полного импортозамещения в этой области. Анализ результатов, полученных в ходе конференций в области внедрения достижений «Индустрии-4.0» в промышленное производство, свидетельствует о том, что работа в этой сфере во многом зависит от активных действий отдельных работников, которые не всегда согласованы и не всегда обеспечиваются необходимыми финансовыми ресурсами.

Все эти проблемы подчеркивают необходимость хорошо спланированного и организованного подхода к внедрению цифровых технологий в компаниях [17]. В частности, необходимо улучшение законодательной базы, инвестиции в образование и переподготовку кадров, а также поиск новых форм финансирования и стимулирования. И особое внимание следует уделить выбору подходящих технологий, обучению персонала и разработке стратегий для интеграции различных систем и технологий.

Основные стратегии внедрения технологий «Индустрии 4.0» в настоящее время следующие:

1. Поэтапный подход к внедрению технологий, начиная с небольших пилотных проектов и постепенно расширяя их масштаб.

2. Интеграция технологий «Индустрии-4.0» в производственные процессы: необходимо интегрировать данные системы в существующие производственные процессы.

3. Инвестирование в обучение и развитие персонала, чтобы была возможность эффективно использовать новые технологии. В частности, необходимо обучить персонал использованию

и обслуживанию технологий «Индустрии 4.0». Это обеспечит их принятие и эффективное использование.

4. Сотрудничество с поставщиками: активное взаимодействие с поставщиками технологий, чтобы получить доступ к передовым решениям и экспертным знаниям.

5. Использование государственных стимулов: необходимо активно использовать государственные стимулы и гранты, которые могут помочь в финансировании внедрения технологий «Индустрии 4.0».

6. Мониторинг и оценка: необходимо регулярно отслеживать и оценивать производительность и эффективность данных систем, а также вносить корректировки по мере необходимости для обеспечения оптимальной работы. Это позволит максимально использовать преимущества данных технологий.

Можно привести следующие примеры внедрения технологий «Индустрии 4.0» в различных отраслях экономики:

1. Промышленное производство: использование искусственного интеллекта (ИИ), цифровых двойников, больших данных, интернета вещей (IoT) и других технологий для оптимизации производственных процессов, повышения производительности, прогнозирования спроса, управления запасами и т.д. Например, компания Siemens активно внедряет технологии Индустрии 4.0, создавая умные фабрики, где все производственные процессы автоматизированы и связаны в единую сеть. Примером является завод в Амберге, Германия, который является одной из самых передовых производственных площадок в мире [18]. Siemens также активно сотрудничает с другими компаниями и исследовательскими учреждениями для разработки и внедрения новых технологий и решений в области Индустрии 4.0. Это способствует созданию экосистемы инноваций и обмену передовым опытом и знаниями. А для компании Schneider Electric интернет вещей важен и для продвижения своей миссии: возглавить цифровую трансформацию управления энергоснабжением и автоматизацией [19]. В дальнейшем компания Schneider Electric может возглавить сеть интернета вещей по управлению энергоснабжением, действуя как драйвер экосистемы, которая включала бы клиентов, партнеров, продукты, активы, данные и услуги.

Технологии «Индустрии 4.0» находят широкое применение в различных отраслях промышленности, преобразуя производственные процессы и открывая новые возможности для бизнеса.

– Автомобильная промышленность: автоматизация сборочных линий, использование роботов для сварки и покраски, внедрение систем предиктивного обслуживания оборудования, использование IoT для мониторинга состояния автомобилей и оптимизации логистики.

– Аэрокосмическая промышленность: аддитивные технологии для изготовления сложных деталей, использование роботов для сборки и контроля качества, внедрение систем управления жизненным циклом продукта (PLM).

– Электроника: автоматизация производства микросхем и электронных компонентов, использование роботов для сборки и тестирования, внедрение систем управления запасами и логистики.

– Химическая промышленность: автоматизация процессов, мониторинг и контроль параметров производства в режиме реального времени, использование датчиков для обнаружения утечек и аварий, оптимизация энергопотребления.

– Пищевая промышленность: автоматизация процессов упаковки и фасовки, использование роботов для сортировки и обработки продуктов, внедрение систем отслеживания продукции для обеспечения безопасности пищевых продуктов.

– Металлургия: автоматизация процессов плавки и литья, использование роботов для обработки металла, внедрение систем мониторинга и контроля качества.

– Энергетика: мониторинг и анализ данных о потреблении электроэнергии и производственных

мощностях позволяет оптимизировать распределение энергии, снижать потери и улучшать надежность энергоснабжения. А также предсказывать возможные поломки оборудования. Кроме того, искусственный интеллект (ИИ) позволяет делать прогнозы по спросу на электроэнергию: анализируя исторические данные и данные в реальном времени можно прогнозировать спрос на электроэнергию и планировать необходимые мощности по генерации электрической энергии.

– Нефтегазовая промышленность: мониторинг и управление добычей нефти и газа в режиме реального времени, использование датчиков для обнаружения утечек и аварий, оптимизация логистики и транспортировки.

В рамках внедрения достижений «Индустрія 4.0» в промышленное производство необходимо особо упомянуть об искусственном интеллекте, который становится неотъемлемым элементом современной эпохи, внедряясь с целью оптимизации производственных процессов. Искусственный интеллект стремительно изменяет производственные процессы, открывая новые возможности для повышения эффективности, производительности и качества. От систем мониторинга до автономных решений применение искусственного интеллекта в промышленности играет ключевую роль в создании более устойчивых, гибких и адаптивных производственных экосистем. Основная роль ИИ заключается в создании интеллектуальных систем, способных автоматизировать и улучшать ряд операций на производстве. Алгоритмы машинного обучения и нейронные сети используются для анализа данных, выявления паттернов и принятия автономных решений на основе накопленного опыта [20].

В контексте оптимизации, ИИ предоставляет возможность прогнозирования и предсказания потенциальных сбоев или простоев в производственных циклах. Это позволяет компаниям принимать предупреждающие меры, минимизируя временные и финансовые потери. Кроме того, ИИ способен адаптироваться к изменяющимся условиям, оптимизируя параметры процессов в реальном времени. Такой подход содействует повышению общей эффективности и конкурентоспособности предприятий в условиях динамичного промышленного развития. Ключевым элементом роли ИИ в оптимизации производственных процессов является также улучшение качества производства. Алгоритмы машинного обучения позволяют анализировать данные о качестве продукции и выявлять тенденции, которые могут быть упущены человеческим взглядом. Это способствует более точному контролю за процессами производства, снижению доли брака и повышению общей надежности выпускаемой продукции.

Еще одним важным аспектом является оптимизация расходов и ресурсов. Искусственный интеллект способен анализировать данные по эффективности использования ресурсов, таких как энергия, сырье и трудовые ресурсы. Это позволяет оптимизировать расходы, сокращать потребление ресурсов и создавать более устойчивые и эффективные производственные процессы [21]. Кроме того, основной целью внедрения ИИ может быть автоматизация рутинных процессов, что освобождает рабочую силу и предоставляет возможность сосредоточиться на более сложных задачах. Внедрение интеллектуальных систем управления приводит к улучшению планирования и снижению необходимых затрат на рабочую силу, что, в свою очередь, увеличивает общую продуктивность [22].

Нейронные сети используются для предсказания неисправностей оборудования, тем самым минимизируя время простоев и увеличивая надежность производственного процесса. Важно отметить, что при таком подходе особенно важным становится правильный учет и обработка данных, которые влияют на обучение алгоритмов [23].

Внедрение ИИ требует значительных инвестиций в технические решения и обучение персонала. Тем не менее, преодоление этих препятствий позволит предприятиям воспользоваться преимуществами и потенциалом нейросетей и ИИ [24], а долгосрочные выгоды могут значительно превышать начальные затраты, включая повышение эффективности работы и снижение потерь. Объединение технологий ИИ с традиционными производственными методами стимулирует инновации, что, в свою очередь, способствует росту конкурентоспособности компаний на рынке.

Применение ИИ не ограничивается одной отраслью; технологии находят эффективное применение в производстве, энергетике, а также в логистике, что подчеркивает их универсальность [25].

2. Горное дело: в условиях необходимости разработки месторождений в удаленных регионах со сложными горно-геологическими условиями перед отраслью стоят вызовы повышения эффективности и безопасности производства [26]. В связи с этим, на многих шахтах и рудниках активно внедряются в рабочие процессы цифровые двойники, инструменты для работы с большими данными, нейросети, облачные технологии, технологии компьютерного зрения и др. Это позволяет повысить безопасность и эффективность производства. Например, финансовый эффект от реализуемой компанией «Металлоинвест» комплексной программы цифровой трансформации бизнеса по итогам 2022 года составил 1,7 млрд. руб. [27, с. 32]. Технологии «Индустрини 4.0» в горной промышленности позволяют осуществить повсеместную интеграцию цифровых решений в технологические процессы и разработку, и внедрение интегрированных цифровых модулей [28]. И первостепенной целью реализации данного направления является увеличение производительности. В частности, сформулирована стратегическая цель достижения роста указанного показателя в пять раз и улучшения ключевых экологических критериев как минимум в 2-3 раза [7, с. 209].

3. Сельское хозяйство: внедрение технологий и концепций «Индустрини 4.0» в сельское хозяйство обсуждается примерно с 2018 года. Концепции Индустрини 4.0 затрагивают все уровни иерархии управления и предлагают новые возможности для сотрудничества и цифрового общения со всеми партнерами в цепочке поставок, включая потребителя [29]. Например, использование технологии IoT в агропромышленном комплексе открыло новые возможности для развития интенсивного сельского хозяйства, характеризующегося низким севооборотом и высоким уровнем использования ресурсов [30].

Применение технологий «Индустрини 4.0» в сельском хозяйстве охватывает широкий спектр направлений:

- Точное земледелие: Использование GPS, сенсоров и дронов для картографирования полей, мониторинга состояния почвы и растений, а также для точного внесения удобрений, пестицидов и воды.
- Автоматизированный сбор урожая: Использование роботов для сбора урожая фруктов, овощей и других культур.
- Автоматизированное животноводство: Использование сенсоров и датчиков для мониторинга здоровья животных, автоматизированного кормления и доения.
- Управление теплицами: Использование сенсоров, автоматизированных систем полива и освещения, а также систем управления климатом для оптимизации условий выращивания растений в теплицах.
- Мониторинг и прогнозирование погоды: Использование метеорологических станций, спутниковых данных и моделей прогнозирования погоды для планирования сельскохозяйственных работ и защиты урожая от неблагоприятных погодных условий.
- Управление цепочками поставок: Использование блокчейна для отслеживания продукции от фермы до потребителя, обеспечения прозрачности и безопасности.
- Управление ресурсами: Оптимизация использования воды, удобрений и пестицидов для снижения затрат и экологического воздействия.
- Дистанционное управление и мониторинг: Использование мобильных приложений и интернета вещей для удаленного мониторинга и управления сельскохозяйственными операциями. Например, применение интернета вещей для мониторинга состояния сельскохозяйственных культур, управления орошением, оптимизации процессов роста и повышения урожайности.

В целом, перспективы развития «умного сельского хозяйства» остаются очень многообещающими. Ожидается, что дальнейшее развитие технологий, снижение их стоимости, повышение квалификации кадров и совершенствование нормативно-правовой базы приведут к

более широкому внедрению технологий «Индустрии 4.0» в сельском хозяйстве.

4. Логистика: использование IoT и ИИ для отслеживания грузов, оптимизации маршрутов, увеличения эффективности цепочки поставок и скорости доставки грузов. В частности, появляются широкие возможности автоматического отслеживания остатков на складе и отображения их в режиме реального времени, точно и без ошибок [31]. Кроме того, использование технологий «Индустрии 4.0» позволяет обеспечить эффективное взаимодействие между грузоотправителями, перевозчиками и грузополучателями, том числе и в режиме реального времени. А, к примеру, совместный продукт по грузоперевозкам одного из крупнейших транспортно-логистических операторов группы компаний «Деловые Линии» и компании «1С» позволил на 10% снизить транспортные расходы, увеличить пропускную способность складов на 25% и снизить время обработки грузов на 35% [32]. «Помимо непосредственно сокращения издержек, внедрение современных технологий повышает оборачиваемость не только нашего бизнеса, но и бизнеса всех наших клиентов, поскольку ускоряет взаимодействие с заказчиком на всех этапах — от отгрузки до доставки конечному потребителю», заявил Андрей Воленко, советник по развитию ГК «Деловые Линии» [32].

В целом, использование искусственного интеллекта в логистике, на транспорте и в автомобильной промышленности имеет значительные перспективы. Например, в США пробки на дорогах обходятся грузовой автомобильной отрасли в 50 млрд. долларов ежегодно. Чтобы снизить издержки в области доставки грузов, логистические компании используют специальные приложения с искусственным интеллектом, которые разрабатывают оптимальные маршруты, а также прогнозируют спрос на перевозки, для снижения нагрузок на распределительные сети [33].

Преимущества Четвертой промышленной революции очевидны: повышение производительности, большая безопасность работников за счет сокращения рабочих мест в опасных условиях труда, повышение конкурентоспособности, принципиально новые продукты и многое другое [14]. Внедрение современных технологий и подходов, таких как цифровые решения, позволяет компаниям оптимизировать свои бизнес-процессы, повысить эффективность работы и снизить затраты и повысить конкурентоспособность. Использование достижений «Индустрии 4.0» также актуально для решения проблем устойчивого развития. Умные технологии позволяют снижать потребление ресурсов и минимизировать негативное воздействие на окружающую среду, что становится всё более важным в условиях глобального изменения климата. Компании, внедряющие данные технологии могут не только улучшить свои экономические показатели, но и внести вклад в решение глобальных экологических проблем.

Таким образом, подходы, базирующиеся на использовании достижений Четвертой промышленной революции, открывают новые возможности и перспективы перед компаниями. Помимо повышения эффективности, они также уменьшают воздействие на окружающую среду, что особенно актуально в условиях глобальных экологических вызовов. Успешные кейсы внедрения технологий «Индустрии-4.0» уже формируют новое обличие производителей, которые стремятся обогнать своих конкурентов за счет технологий, которые когда-то казались лишь концептуальными [15]. В последние годы «Индустрия-4.0» становится неотъемлемой частью современного производственного процесса, открывая новые горизонты для повышения эффективности и конкурентоспособности предприятий. Исследования, проведенные в рамках данной работы, показывают, что данные технологии способны значительно улучшить производственные показатели, оптимизировать процессы и повысить качество продукции.

Заключение

На основе проведенного анализа можно сделать вывод о том, что современная инфраструктура цифровых систем представляет собой динамичную и развивающуюся область, требующую постоянного внимания и адаптации к новым вызовам и возможностям. Основные принципы, технологические особенности, вопросы кибербезопасности, интеграция компонентов и актуальные тенденции развития формируют комплексный подход к управлению цифровыми системами.

Изменения, которые происходят в промышленности под воздействием цифровых технологий, помогают значительно увеличить качество выпускаемой продукции и услуг. Это повышает лояльность и удовлетворенность клиентов. Производители также заинтересованы: новые подходы и бизнес-модели, которые рождаются в ходе освоения технологий «Индустрии 4.0», позволяют им больше зарабатывать, а это дает возможность инвестировать средства в улучшение качества продукции.

Цифровизация и внедрение технологий «Индустрии 4.0» в промышленное производство — это неизбежный процесс, который открывает огромные возможности для повышения эффективности и устойчивого развития. Данные технологии имеют существенный потенциал для трансформации традиционных отраслей экономики, позволяя компаниям оптимизировать свои бизнес-процессы, снизить затраты, увеличить эффективность работы и повысить конкурентоспособность. Использование достижений «Индустрии 4.0» также актуально для решения проблем устойчивого развития. Умные технологии позволяют снижать потребление ресурсов и минимизировать негативное воздействие на окружающую среду, что становится всё более важным в условиях нарастания глобальных экологических проблем.

Однако для достижения успеха компаниям всех размеров понадобится переосмыслить свой бизнес и проводить значительные изменения в своих организациях, в том числе изменять бизнес-модели, подходы к управлению персоналом, структуры, критически важные компетенции и культуру [19]. Также необходимо разработать государственные программы поддержки, направленные на повышение квалификации кадров, снижение стоимости внедрения для компаний, создание благоприятной среды для развития цифровых компетенций и укрепление кибербезопасности. Только совместными усилиями государства, бизнеса и научных сообществ можно создать цифровую промышленность будущего, которая будет эффективной, устойчивой и конкурентоспособной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Verhoef P. C. Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda / P. C. Verhoef, T. Broekhuizen, Y. Bart, A. Bhattacharya, J. Qi Dong, N. Fabian, M. Haenlein// Journal of Business Research. - 2021. - V. 122. - P. 889-901. DOI: 10.1016/j.jbusres.2019.09.022
2. Авдеева И. Л. Новые формы развития информационных систем поддержки бизнеса в условиях глобализации // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2017. Т. 13. №. 4 (349). С. 760-772.
3. Хаяров Д.Г. Социум в цифровом измерении: настоящее и будущее. // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. 2021. Т.5. С. 66-70.
4. Левенцов В.А., Радаев А.Е., Николаевский Н.Н. Аспекты концепции «Индустрія 4.0» в части проектирования производственных процессов // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2017. Т.10. № 1. С. 19–31.
5. «Digital Transformation: A Roadmap for Billion-Dollar Organizations». Boston Consulting Group, 2022. [Электронный ресурс]. URL: www.bcg.com. (дата обращения: 02.09.2025).
6. Балашов А.М. Использование облачных технологий в целях модернизации производственных процессов промышленных предприятий // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2024. № 7. С. 99-101.
7. Панфилов, В. Д. Борзых Д.М. Цифровая трансформация горнодобывающей отрасли: проблемы перехода и методы внедрения технологий / В. Д. Панфилов, Д. М. Борзых // Новокузнецк: Сибирский государственный индустриальный университет, 2021. С. 345-350.
8. «Unlocking Value from your Digital Investments». KPMG, 2022. [Электронный ресурс]. URL: home.kpmg. (дата обращения: 04.08.2025).
9. «AI in Russia: PwC Research 2023». [Электронный ресурс]. URL: www.pwc.ru (дата обращения: 18.08.2025).
10. «Цифровизация бизнеса в России: Проблемы и перспективы 2023». [Электронный ресурс]. URL: ac.gov.ru (дата обращения: 15.08.2025).
11. Головцова, И. Г., Ким А.А. Цифровой двойник как инструмент повышения эффективности и качества бизнес-процессов. // Экономика и бизнес: теория и практика. 2022. № 11-1(93). С. 85-94.
12. Балашов А.М. Использование достижений «Индустріи 4.0» для повышения конкурентоспособности современного производства // Финансовый менеджмент. 2025. № 4. С. 27-35.
13. Балашов А.М. Цифровизация и внедрение технологий «Индустріи 4.0» в бизнес-процессы предприятий традиционных отраслей экономики // Теоретическая экономика. 2024. № 6 (114). С. 41-49.
14. Что такое индустрія 4.0 и что нужно о ней знать [Электронный ресурс]. URL: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/5e740c5b9a79470c22dd13e7> (дата обращения: 29.08.2025).
15. «Cyber Threatscape Report». Accenture, 2023. [Электронный ресурс]. URL: www.accenture.com. (дата обращения: 11.08.2025).
16. Коротковская Е.С., Смолов Ф.М. Технологии «Индустріи 4.0» как инструмент цифровой трансформации промышленности. В сборнике: Экономическая наука в Саратовском университете: прошлое и современность. Материалы Международной конференции в рамках Международного научного симпозиума, посвященного 100-летию гуманитарного образования в СГУ «Столетие гуманитарного образования в Саратовском государственном университете: диалог времен - прошедшего, настоящего и будущего». Под редакцией О.Ю. Челноковой. 2017. С. 40-43.
17. «The 2023 CIO Agenda: Enabling the Digital Business at Scale». IDC, 2023. [Электронный ресурс]. URL: www.idc.com. (дата обращения: 10.08.2025).
18. Гаврилович, А. О. Индустрія 4.0: понятие и основные технологии // Молодой ученый. 2022. № 3 (398). С. 154-158.

19. Вайл Питер, Ворнер Стефании. Цифровая трансформация бизнеса: Изменение бизнес-модели для создания компании нового поколения; перевод с англ. М.: Альпина Паблишер, 2023. – 257 с.
20. Болотова, Л.С. Системы искусственного интеллекта: модели и технологии, основанные на знаниях: Учебник / Л.С. Болотова. - М.: Финансы и статистика, 2012. - 664 с.
21. Гаврилова, А.Н., Попов А.А. Системы искусственного интеллекта. М.: КноРус, 2011. - 248 с.
22. Ледовская Е.Д. Искусственный интеллект против автоматизации: способны ли нейросети заменить человека в креативных индустриях// Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2024. №5-1 (92). С. 246-248.
23. Ларионова М.А., Бабешко В.Н. Перспективы применения искусственного интеллекта в легкой промышленности // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. №7-1 (109). С. 89-92.
24. Сопина Н.В., Маккаева Р.С.А.. Перспективы внедрения нейросетей и искусственного интеллекта на промышленном производстве // Journal of Monetary Economics and Management. 2023. №3. С. 222-227.
25. Михайлов С.С. Развитие искусственного интеллекта: от середины XX века до современных технологических достижений // международный научный журнал «Вестник науки». 2024. №1 (70). Т.2. С. 716-719.
26. Uyan M., Dursun A.E. Determination and modeling of lignite reserve using geostatistical analysis and GIS. Arabian Journal of Geosciences. 2021;14(4):312. URL: <https://doi.org/10.1007/s12517-021-06633-2> (дата обращения: 02.09.2025).
27. Долгосрочные стратегические цели Металлоинвеста остаются актуальными // Горная промышленность. 2023. №3. С.29-33.
28. Особенности и тенденции цифровой трансформации российской горнодобывающей отрасли / Д. В. Лютягин, В. П. Яшин, Ю. В. Забайкин, М. А. Якунин // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2019. Т. 9. № 7-1. С. 147-159.
29. Тарасова Д.И., Скворцов Е.А. Внедрение технологий, связанных с парадигмой «Сельское хозяйство 4.0» // Молодежь и наука. 2023. № 9. С. 48.
30. Тусков А.А., Грошева Е.С., Палаткин И.В., Шорохова О.С. Индустрия 4.0 в АПК: основные тенденции применения технологий интернета вещей в сельском хозяйстве // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2018. № 1 (25). С. 55–64.
31. Череповская Ю.А. Инновационный потенциал логистики и его влияние на риски цепочки поставок в эпоху Индустрии 4.0. Актуальные исследования. 2021. № 47 (74). URL: <https://apni.ru/article/3255-innovatsionnij-potentsial-logistiki-i-ego-vli?ysclid=mhnf3mzdvm628389231> (дата обращения 15.09.2025 г.)
32. Маркин М.И. Цифровая трансформация промышленных предприятий: экономический аспект // Теоретическая экономика. 2025. №. 9. С. 80-93. DOI: <https://doi.org/10.52957/2221-3260-2025-9-80-93>
33. Макурова Т. Логистика как инфраструктура Индустрии 4.0. URL: <https://plus.rbc.ru/news/5b7d22507a8aa933217df4d1> (дата обращения 16.09.2025 г.)
34. Развитие искусственного интеллекта [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-iskusstvennogo-intellekta/viewer> (Дата обращения: 24.08.2025 г.)

«Industry 4.0» in Russia: technology introduction, problems and ways of industrial development

Balashov Alexey Mikhailovich

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,
Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia;
E-mail: Lthal@yandex.ru

KEYWORDS

digital transformation, production management, Industry 4.0 achievements, integration, efficiency, sustainable development, and a systematic approach

ABSTRACT

This article is devoted to the issues of digital transformation, which currently determines the priority directions of the development of society, economy and production sector in most states. In Russia, digital transformation is gaining strategic importance, which is confirmed by the national program «Digital Economy of the Russian Federation». «Industry 4.0» is based on the integration of digital technologies into production processes, and opens up new opportunities to increase competitiveness and ensure sustainable business development. It aims to create «smart factories» capable of self-organization, self-learning and adaptation to changing conditions. These technologies enable enterprises to become more flexible and adaptive, which in turn increases their competitiveness in the global market. and ensures sustainable business development. The purpose of this article is to consider the possibilities and prospects for the widespread implementation of Industry 4.0 achievements in industrial enterprises and to analyze the problems and constraints that arise in this process, as well as to make recommendations for the further development of the digital transformation of industry. Based on the analysis, it can be concluded that digitalization and the introduction of Industry 4.0 technologies into industrial production is an inevitable process that opens up huge opportunities for efficiency improvement and sustainable development. These technologies have significant potential to transform traditional sectors of the economy, increasing efficiency, productivity and competitiveness. However, to achieve success, it is necessary to recognize and overcome existing problems, which are very multifaceted and require a systematic approach to solving. The novelty of this study lies in an attempt to consider the patterns and prospects of introducing Industry 4.0 technologies into the production processes of enterprises, based on the actualization of their needs in the current situation and the possibilities for further development.