ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ОПЕРАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ: ИНСТРУМЕНТЫ, ЭФФЕКТЫ И РИСКИ

DIGITAL TRANSFORMATION OF THE OPERATIONAL ACTIVITIES OF INDUSTRIAL ENTERPRISES: TOOLS, EFFECTS, AND RISKS

P. Grebennik

Summary. The article explores key aspects of the digital transformation of industrial enterprises' operational activities. Special attention is paid to digital tools such as IoT, Big Data, artificial intelligence, and digital twins. The main implementation effects are analyzed, including productivity growth, cost reduction, and increased resilience. Risks and barriers of digitalization, such as cyber threats and human capital shortages, are also discussed. Particular emphasis is placed on integrating digital solutions with the principles of circular economy and sustainable development.

Keywords: digital transformation, industry, operational activity, big data, artificial intelligence, circular economy, digital infrastructure.

Гребенник Павел Юрьевич

Аспирант, Среднерусский институт управления — филиал РАНХиГС
p.grebennik@gmail.com

Аннотация. В статье рассматриваются ключевые аспекты цифровой трансформации операционной деятельности промышленных предприятий. Акцент сделан на инструментах цифровизации, таких как IoT, Big Data, искусственный интеллект и цифровые двойники. Проанализированы основные эффекты внедрения, включая рост производительности, снижение издержек и повышение устойчивости. Также обозначены риски и барьеры, сопровождающие цифровую трансформацию, включая киберугрозы и кадровый дефицит. Особое внимание уделено интеграции цифровых решений с принципами циркулярной экономики и устойчивого развития.

Ключевые слова: цифровая трансформация, промышленность, операционная деятельность, большие данные, искусственный интеллект, циркулярная экономика, цифровая инфраструктура.

В XXI веке цифровая трансформация перестала быть модным термином и превратилась в насущную необходимость. Особенно это касается промышленности — ключевой отрасли национальной экономики, производящей материальные ценности, обеспечивающие базу для устойчивого развития. Под цифровой трансформацией операционной деятельности понимается комплексная трансформация процессов, структуры, управленческих и технологических практик предприятий с использованием цифровых решений. Она предполагает не просто автоматизацию отдельных этапов, а радикальное переосмысление бизнес-моделей, ориентированных на данные, гибкость и адаптацию¹.

Промышленный сектор сталкивается с растущими вызовами: нестабильной геополитической ситуацией, логистическими сбоями, высокой конкуренцией, необходимостью повышения экологической ответственности. В этих условиях цифровизация выступает не только как инструмент повышения эффективности, но и как механизм обеспечения адаптивности и устойчивости.

¹ Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы (утв. Президентом РФ 09.05.2017 № Пр-87) // КонсультантПлюс [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_216363/ (дата обращения: 09.05.2025).

Цифровая трансформация позволяет предприятиям по-новому выстраивать цепочки создания стоимости, сокращать издержки, быстро адаптироваться к внешним условиям, а также формировать принципиально новые направления бизнеса.

Как отмечают И.Л. Авдеева и П.Ю. Гребенник, именно цифровая трансформация производственной деятельности становится основным фактором конкурентоспособности, так как «разработка и реализация стратегии цифровой трансформации... позволяет выявить новые возможности и риски цифровизации»².

В условиях активной цифровизации промышленности на предприятиях формируется сложная многоуровневая инфраструктура, объединяющая различные технологические решения для повышения эффективности производственных процессов. Одной из ключевых составляющих этой системы является технология Интернета вещей (Internet of Things, IoT). С её помощью осуществляется непрерывный мониторинг работы оборудования: встроенные сенсоры фиксируют пара-

² Авдеева, И.Л. Стратегия цифровой трансформации производственной деятельности предприятия / И.Л. Авдеева, П.Ю. Гребенник // Форпост науки. — 2024. — Т. 18, № 3. — С. 73–82.

метры функционирования в режиме реального времени, а данные мгновенно передаются на аналитические платформы.

Значительную роль в повышении операционной эффективности играет также работа с большими объёмами данных. Современные производственные системы генерируют информацию на каждом этапе технологического цикла. Специализированные платформы обрабатывают и структурируют эти массивы, а также проводят их всесторонний анализ. На основе полученных выводов руководство может принимать более точные и обоснованные решения, адаптировать стратегии под изменение рыночной конъюнктуры, оптимизировать внутренние процессы и выявлять узкие места в производстве.

Одним из наиболее инновационных решений, внедряемых в промышленность, являются цифровые двойники (digital twins). Под этим термином понимаются виртуальные копии реальных объектов, созданные на основе точных данных и предназначенные для проведения симуляций, тестирования и оптимизации производственных процессов. Цифровой двойник позволяет моделировать различные сценарии работы оборудования без риска для фактических производственных мощностей, тем самым снижая затраты на разработку и апробацию новых решений.

Искусственный интеллект (AI) также стал неотъемлемой частью цифровой трансформации промышленности. Его применение позволяет предприятиям значительно расширить спектр аналитических возможностей. Системы на базе искусственного интеллекта используются для прогнозирования спроса, выявления узких мест в производстве, оптимизации логистики, проведения анализа рисков и даже автоматического принятия решений в рамках определённых регламентов. Таким образом, AI способствует повышению адаптивности предприятия к изменяющимся условиям внешней среды.

Интеграционную функцию выполняют такие системы, как PLM (Product Lifecycle Management), ERP (Enterprise Resource Planning) и MES (Manufacturing Execution Systems). Они обеспечивают полный контроль за жизненным циклом продукции, начиная от этапа проектирования и заканчивая её поставкой конечному потребителю. PLM-системы координируют разработку изделий, ERP охватывает планирование и управление ресурсами, а MES отвечает за мониторинг и управление текущими производственными операциями. В совокупности они формируют единое цифровое пространство предприятия, где все бизнес-процессы становятся прозрачными и управляемыми.

Важным направлением цифровой трансформации промышленности становится внедрение роботизиро-

ванных и автоматизированных систем. За счёт автоматизации удаётся существенно сократить влияние человеческого фактора: уменьшается количество ошибок, повышается точность и предсказуемость операций. Автоматические производственные линии поддерживают непрерывность технологических процессов, а промышленные роботы эффективно справляются с рутинными, трудоёмкими или опасными задачами. Особенно востребованы такие решения в отраслях с высоким уровнем технологической сложности и повышенными требованиями к безопасности — например, в машиностроении, химической и металлургической промышленности.

Значительное место в цифровой инфраструктуре занимают и облачные технологии. Благодаря им предприятия получают доступ к вычислительным мощностям и хранилищам данных, не ограниченными возможностями локального оборудования. Кроме того, облачные платформы упрощают объединение различных информационных систем и делают возможной удалённую работу с данными, что особенно важно для компаний с разветвлённой сетью производственных площадок или международным присутствием.

Именно выбор этих технологий и их последовательное внедрение составляют ядро цифровой стратегии предприятия. Согласно модели, предложенной И.Л. Авдеевой и П.Ю. Гребенником, стратегия цифровой трансформации должна основываться на оценке цифровой зрелости, выборе приоритетных направлений, управлении рисками и системах KPI оценки результатов³.

Цифровизация способна оказывать как прямое, так и косвенное воздействие на операционную деятельность предприятий:

1. Рост производительности труда: за счёт автоматизации и сокращения времени простоя оборудования.
2. Оптимизация логистических цепочек: интеграция данных по всей цепочке поставок.
3. Снижение затрат: минимизация ошибок, брака, энерго- и ресурсоёмкости.
4. Ускорение принятия решений: благодаря аналитике в режиме реального времени.
5. Гибкость производства: возможность быстро перенастраивать процессы.
6. Повышение качества продукции: на основе контроля в режиме реального времени.

Показательно, что в условиях Арктической зоны РФ наиболее высокие показатели экологической и цифровой зрелости демонстрируют обрабатывающие отрасли

³ Авдеева, И.Л. Стратегия цифровой трансформации производственной деятельности предприятия / И.Л. Авдеева, П. Ю. Гребенник // Форпост науки. — 2024. — Т. 18, № 3. — С. 73–82.

и водоснабжение — как отражено в кластерной модели, предложенной Т.А. Головиной и И.Л. Авдеевой⁴.

Интеграция с концепцией устойчивого развития

Современное промышленное предприятие должно учитывать не только экономические, но и социальные, экологические аспекты своей деятельности. Одним из ключевых направлений цифровой трансформации становится внедрение принципов циркулярной экономики, позволяющей минимизировать воздействие на окружающую среду.

Модель промышленного симбиоза, активно обсуждаемая в работах Т.А. Головиной и И.Л. Авдеевой, заключается в том, что «избыточные производственные ресурсы не утилизируются, а используются другими организациями различных отраслей»⁵. Такое цифровое взаимодействие между предприятиями позволяет формировать замкнутые производственные циклы, уменьшать углеродный след и добиваться устойчивости на макроэкономическом уровне.

Несмотря на множество несомненных преимуществ, цифровая трансформация промышленной операционной деятельности сопряжена с рядом значимых рисков, способных существенно повлиять на эффективность и устойчивость её реализации. Одним из наиболее острых вызовов выступают киберриски, обусловленные необходимостью надёжной защиты информационной инфраструктуры. С увеличением степени цифровизации предприятия становятся более уязвимыми к внешним атакам, утечкам данных и внутренним нарушениям. В связи с этим вопросы кибербезопасности выходят на первый план и требуют значительных затрат как на технические решения, так и на обучение персонала.

Ещё одним серьёзным ограничением являются финансовые риски. Внедрение цифровых технологий требует крупных инвестиций, особенно на начальном этапе. Закупка оборудования, лицензий, программных комплексов, обучение сотрудников, изменение организационной структуры — всё это приводит к значительным капитальным затратам. Не каждая компания, особенно в сегменте малого и среднего бизнеса, обладает достаточными ресурсами для реализации полноценной цифровой стратегии.

Организационные сложности также часто сопровождают цифровую трансформацию. Сопротивление из-

менениям со стороны персонала, дефицит цифровых компетенций у сотрудников и управленцев, недостаток квалифицированных специалистов затрудняют внедрение новых решений. Многие сотрудники ощущают угрозу своей профессиональной роли и статуса, что провоцирует скрытую или открытую оппозицию цифровым инициативам.

Дополнительный риск представляет собой низкий уровень цифровой зрелости отдельных отраслей или предприятий. Это особенно характерно для регионов с ограниченным доступом к современным технологиям, а также для производств с устаревшим оборудованием и технологиями. В таких условиях цифровизация превращается в изолированный и несистемный процесс, не приводящий к ожидаемому эффекту⁶.

Наконец, отсутствие универсальной и адаптируемой методологии внедрения цифровых решений затрудняет реализацию даже самых перспективных инициатив. Универсальные подходы часто оказываются неэффективными из-за отраслевой специфики, особенностей производственного цикла и структуры управления.

Кроме того, значительный вызов представляет собой недостаток квалифицированных кадров, способных проектировать, внедрять и поддерживать цифровые решения. Это особенно критично для отдалённых регионов, таких как российская Арктика, где кадровая и технологическая изолированность снижает потенциал трансформации.

Цифровая трансформация операционной деятельности промышленных предприятий — это не просто технологический процесс, но системное переосмысление роли предприятия в экономике XXI века. Она объединяет в себе элементы инновационного менеджмента, устойчивого развития, интеграции с глобальными цифровыми платформами. Эффективность цифровизации зависит от глубокой подготовки, наличия стратегии, поддержки со стороны государства и высокой квалификации персонала.

Интеграция цифровых решений с экологическими практиками (циркулярной экономикой, промышленным симбиозом) формирует новый тип промышленного предприятия — устойчивый, технологически продвинутый, открытый к кооперации и инновациям.

⁴ Головина, Т.А. Интегральная оценка готовности отраслей промышленности Арктической зоны России к внедрению технологий циркулярной экономики / Т.А. Головина, И.Л. Авдеева // Экономика промышленности. — 2025. — Т. 18, № 1. — С. 78–89.

⁵ Авдеева, И.Л. Стратегия цифровой трансформации производственной деятельности предприятия / И.Л. Авдеева, П.Ю. Гребенник // Форпост науки. — 2024. — Т. 18, № 3. — С. 73–82.

⁶ Киселёва О.Н., Шейко С.Б. Цифровая трансформация экономики: риски и барьеры внедрения инноваций // Экономика и управление: анализ тенденций и перспектив развития. 2022. № 12(2). С. 45–52. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49903063> (дата обращения: 09.05.2025).

ЛИТЕРАТУРА

1. Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы (утв. Президентом РФ 09.05.2017 № Пр-87) // Консультант-Плюс [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_216363/ (дата обращения: 09.05.2025).
2. Авдеева, И.Л. Стратегия цифровой трансформации производственной деятельности предприятия / И.Л. Авдеева, П.Ю. Гребенник // Форпост науки. — 2024. — Т. 18, № 3. — С. 73–82.
3. Головина, Т.А. Интегральная оценка готовности отраслей промышленности Арктической зоны России к внедрению технологий циркулярной экономики / Т.А. Головина, И.Л. Авдеева // Экономика промышленности. — 2025. — Т. 18, № 1. — С. 78–89.
4. Головина, Т.А. Развитие циркулярной экономики на основе модели промышленного симбиоза / Т.А. Головина, И.Л. Авдеева // Циркулярная экономика для целей устойчивого развития отраслей и территорий: Материалы Национальной научно-практической конференции, Воронеж, 14–15 мая 2024 года. — Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2024. — С. 79–84.
5. Киселёва О.Н., Шейко С.Б. Цифровая трансформация экономики: риски и барьеры внедрения инноваций // Экономика и управление: анализ тенденций и перспектив развития. 2022. № 12(2). С. 45–52. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49903063> (дата обращения: 09.05.2025).

© Гребенник Павел Юрьевич (p.grebennik@gmail.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»