

Цифровая трансформация промышленных предприятий: экономический аспект

Наумов Денис Владимирович

кандидат технических наук, доцент, первый проректор,

ФГБОУ ВО «Ярославский государственный технический университет», г. Ярославль, Российская Федерация

E-mail: naumovdv@ystu.ru

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА.

цифровая трансформация;
промышленность;
экономический эффект;
производительность;
инвестиции; Россия;
искусственный интеллект;
Индустрия 4.0

АННОТАЦИЯ.

Статья посвящена анализу экономических эффектов цифровой трансформации промышленных предприятий в глобальном и российском контексте. Цель исследования – выявить, в каких условиях цифровизация действительно приводит к росту эффективности и производительности, а когда она генерирует чрезмерные издержки и риски. Методологическая работа опирается на обзор современных зарубежных (европейских, американских, корейских, китайских) и российских исследований, а также на сопоставление статистических оценок макро- и микроэкономического влияния цифровых технологий. Показано, что внедрение решений Индустрии 4.0, промышленного интернета вещей, систем аналитики данных и искусственного интеллекта в большинстве случаев сопровождается ростом производительности труда, снижением издержек, повышением качества продукции и расширением экспортного потенциала. На макроуровне цифровая трансформация промышленности способствует ускорению экономического роста и повышению конкурентоспособности стран. Вместе с тем выявляются и негативные аспекты: высокий процент неудачных цифровых проектов, значительные капитальные затраты, киберриски, углубление неравенства между «цифровыми лидерами» и отстающими компаниями, а также структурные сдвиги на рынке труда. В российской промышленности фиксируется существенный потенциал экономической отдачи от цифровизации, но он реализуется фрагментарно из-за низкой цифровой зрелости большинства предприятий, дефицита компетенций и финансовых ограничений, усугубляемых санкционным давлением. Делается вывод, что экономический эффект цифровой трансформации не является автоматическим и зависит от качества управления изменениями, уровня развития институтов и согласованности государственной и корпоративной стратегий.

JEL codes: O14, O33, O32, L60, M15, E22, J24

DOI: <https://doi.org/10.52957/2221-3260-2025-9-80-93>

Для цитирования: Наумов, Д.В. Цифровая трансформация промышленных предприятий: экономический аспект /Д.В. Наумов - Текст : электронный // Теоретическая экономика. - 2025 - №9. - С.80-93. - URL: <http://www.theoreticaleconomy.ru> (Дата публикации: 30.09.2025)

Введение

Цифровая трансформация промышленности стала в последние годы стратегическим приоритетом для предприятий во всем мире. Под цифровой трансформацией понимается комплексное внедрение современных цифровых технологий (например, промышленный интернет вещей, большие данные, искусственный интеллект, облачные сервисы) с одновременным изменением бизнес-процессов и моделей управления. В результате цифровизация должна приводить к существенным улучшениям показателей деятельности компаний. В наиболее точном определении, предложенном Г. Вайалом, цифровая трансформация – это «процесс, направленный на улучшение объекта (компании, организации и т.д.) путем инициирования значительных изменений его характеристик посредством комбинации информационных, вычислительных, коммуникационных

и сетевых технологий»[1]. Данная концепция отражает, что трансформация затрагивает не только техническую сторону (внедрение ИТ-решений), но и организационную культуру, структуру и стратегию предприятия.

Актуальность цифровой трансформации обусловлена ее экономическим эффектом. Считается, что оцифровка производства повышает производительность труда, снижает издержки, ускоряет выпуск инноваций и в итоге усиливает конкурентоспособность компаний и отраслей. По мере развития технологий и удешевления вычислительных мощностей цифровые решения становятся все более доступными, и бизнес наращивает инвестиции в эту сферу. Мировые расходы на цифровую трансформацию колоссальны – по оценке IDC, они достигнут 3,4 трлн долл. к 2026 году[4]. Для сравнения, еще 10–15 лет назад цифровизация носила фрагментарный характер, тогда как сегодня она рассматривается как неотъемлемое условие долгосрочного экономического роста. Однако, вместе с оптимистичными ожиданиями появились и более сдержанные оценки: ряд исследований отмечает «парадокс продуктивности» – неочевидность влияния цифровых технологий на рост эффективности в некоторых случаях. Есть данные, что значительная часть проектов цифровой трансформации не достигает поставленных целей, а вложения окупаются не всегда. Таким образом, экономический аспект цифровизации промышленности включает как позитивные эффекты, так и возможные риски и ограничения.

В данном обзоре рассматривается современная литература по теме экономических эффектов цифровой трансформации промышленных предприятий. Особое внимание уделено работам европейских, американских, корейских и китайских авторов, а также статистическим данным и примерам, иллюстрирующим влияние цифровизации на экономику как в мире, так и в России. Статья имеет следующую структуру: во введении обоснована актуальность темы; в разделе «Обзор литературы» анализируются основные выводы научных исследований о влиянии цифровой трансформации на эффективность и производительность; в разделе «Методы» описывается подход к проведению обзора; в основной части представлены конкретные показатели и примеры экономических эффектов (положительных и отрицательных) цифровизации промышленности глобально и в российских реалиях; в заключении даны обобщающие выводы.

Обзор литературы

Концепция цифровой трансформации привлекает огромное внимание исследователей. Как показывают мета-обзоры, число научных публикаций на эту тему экспоненциально растет последние два десятилетия[2]. Ранние работы фокусировались преимущественно на использовании информационных технологий (ИТ) в бизнесе, однако со временем понятие цифровой трансформации расширилось. Сейчас оно охватывает не только внедрение отдельных технологий, но и глубокую перестройку процессов и бизнес-моделей под влиянием этих технологий[11][2]. Цифровая трансформация рассматривается как многоуровневое явление: изменения происходят на уровне отдельных предприятий, экосистем отрасли и даже макроэкономики[2].

Драйвером изменений являются технологии, запускающие процессы организационных новаций. С. Краус с соавт. (2021) в обзоре литературы отмечают, что новые технологии провоцируют трансформацию на всех уровнях – от фирмы до общества[2]. По словам Г. Вайала (2019), цифровая трансформация носит двойственный характер: с одной стороны, она инициируется внутренним стремлением компаний воспользоваться цифровыми возможностями, с другой – это ответ на внешние угрозы и давление среды. Таким образом, компании воспринимают цифровизацию одновременно как шанс для развития и как неизбежное требование рынка.

Основная цель цифровой трансформации – повышение ценности и эффективности бизнеса через внедрение инноваций. Исследования фиксируют, что переход на цифровые технологии обычно сопровождается появлением новых бизнес-моделей и продуктов, ростом инновационной активности и улучшением клиентского опыта. Так, J. Berman еще в 2012 г. указывал на возможности создания принципиально новых моделей бизнеса благодаря цифровизации[11]. Более свежая работа китайских

авторов Zhang и др. (2023) подтвердила, что цифровая трансформация дает фирме конкурентные преимущества за счет формирования портфеля инноваций и перестройки процесса создания ценности[12]. Цифровые технологии позволяют компаниям активнее внедрять инновации в продуктах и услугах, точнее анализировать потребности клиентов и персонализировать предложения[13]. Всё это ведет к повышению финансовых результатов и устойчивости предприятий в долгосрочной перспективе[2]. В совокупности литература сходится во мнении, что для промышленных компаний цифровизация является важнейшим условием поддержания конкурентоспособности в цифровую эпоху.

Тем не менее, не всем компаниям цифровая трансформация необходима или одинаково полезна. Некоторые авторы подчеркивают, что эффект от цифровизации сильно зависит от отрасли и готовности самой организации к переменам. Например, по мнению M. Sebastian с соавт. (2017), крупные консервативные корпорации внедряют цифровые новшества медленнее, чем молодые и гибкие фирмы. Исследование Andriole (2017) даже называет ряд «мифов о цифровой трансформации», указывая, что простое внедрение технологий не гарантирует успеха без одновременных изменений в менеджменте и культуре организации[2]. Другими словами, цифровая трансформация эффективна только при комплексном подходе. Необходимо, чтобы компания умела перестроить бизнес-процессы и обучить персонал – иначе затраты на новые ИТ-решения могут не окупиться. В литературе подчеркивается роль организационной культуры: открытость инновациям, готовность к экспериментам и способность быстро принимать решения являются факторами, определяющими успех цифровых инициатив[12]. Внешняя среда также влияет: высокий уровень конкуренции и запросы клиентов подталкивают бизнес активнее внедрять цифровые технологии. Таким образом, исследования показывают, что детерминанты цифровой трансформации лежат как внутри компании, так и во внешнем окружении.

Большинство эмпирических работ посвящено оценке влияния цифровизации на эффективность компаний (микроуровень). Здесь преобладают выводы о положительном эффекте. Например, китайское исследование (Shao и др., 2024) по данным китайских промышленных предприятий в 2011–2021 гг. выявило, что цифровая трансформация статистически значимо повышает производственную эффективность компаний[11]. Причем эффект выражен сильнее у частных и высокотехнологичных компаний, чем у госпредприятий и традиционных производств[11]. Авторы объясняют это тем, что негибкие структуры и бюрократия в госкомпаниях тормозят реализацию цифровых инициатив, тогда как частный бизнес более восприимчив к инновациям и быстрее извлекает пользу из новых технологий[11]. Аналогичные результаты получены в ряде других работ: в целом цифровизация связана с ростом производительности труда, рентабельности и экспортного потенциала фирм[11]. В частности, использование искусственного интеллекта (ИИ) и аналитики данных на производстве приводит к сокращению простоев оборудования, снижению брака и оптимизации запасов, что улучшает финансовые показатели предприятий. Так, по данным McKinsey, внедрение систем предиктивного обслуживания и мониторинга на базе ИИ позволяет снизить незапланированные простои оборудования на 30–50%, а срок службы машин увеличить на 20–40% за счет раннего выявления неисправностей[11]. Это напрямую повышает производительность и экономит затраты на ремонт. Таким образом, множество эмпирических исследований из разных стран (США, ЕС, Китай и др.) подтверждают позитивное влияние цифровой трансформации на микроуровне – при условии грамотной реализации проектов.

Помимо прямых эффектов на компании, цифровизация промышленности рассматривается и через призму макроэкономики. Здесь исследования пытаются измерить вклад цифровых технологий в экономический рост, производительность экономики в целом и другие макропоказатели. Одно из первых влиятельных исследований (Röller & Waverman, 2001) показало, что развитие телекоммуникационной инфраструктуры обеспечило около 1/3 роста ВВП в 21 стране за 1970–1990 гг.[2]. В дальнейшем работы Vu (2011) и Toader и др. (2018) подтвердили значимый вклад развития ИКТ (интернета, мобильной

связи и пр.) в рост производительности и ВВП разных стран[2]. Современные исследования уже напрямую оценивают цифровую трансформацию. Так, Tudose и др. (2023) провели анализ по выборке из 46 стран с использованием индекса сетевой готовности (Network Readiness Index) как показателя цифрового развития экономики. Они выяснили, что увеличение значения этого индекса приводит к статистически значимому росту ВВП на душу населения, то есть цифровизация экономики вносит вклад в благосостояние[2]. По их оценкам, улучшение цифровой готовности прямо связано с ускорением экономического роста, хотя вклад различных компонентов (бизнес-среда, технологии будущего, человеческий капитал и пр.) может отличаться[2]. Отдельного упоминания заслуживает потенциал искусственного интеллекта на макроуровне. Согласно отчету Всемирного экономического форума, масштабное применение ИИ в промышленности способно ежегодно добавлять около 2% к мировому ВВП за счет роста эффективности и появления новых продуктов[13]. Это чрезвычайно высокий показатель, свидетельствующий о трансформационном эффекте новых технологий для всей экономики.

Вместе с тем, не все макроисследования однозначны. В литературе продолжается дискуссия о «парадоксе продуктивности» – ситуации, когда инвестиции в ИТ не приводят к ожидаемому ускорению производительности. Например, исследование Eller и др. (2020) обнаружило, что у ряда европейских МСП влияние цифровизации на производительность было незначительным или неоднозначным[11]. Причины могут заключаться в задержках эффекта (требуется время на обучение и настройку процессов), в неправильной реализации проектов или в том, что измеримые выгоды «съедаются» сопутствующими издержками. Некоторые авторы предупреждают, что без изменений в управлении цифровые проекты могут даже ухудшать показатели, вызывая хаос в процессах или сопротивление персонала. Однако консенсус состоит в том, что сам по себе «парадокс» преодолим – при накоплении опыта и правильных институциональных условиях цифровизация все же дает положительный экономический результат[11]. Более того, Shao и др. (2024) в своем анализе вводят в модель институциональные факторы и показывают, что в регионах с благоприятной деловой средой эффект цифровой трансформации на продуктивность значительно выше, чем там, где институциональная среда слабая[11]. Это указывает на важность поддержки цифровой экономики со стороны государства и регуляторов.

Наконец, существенный пласт исследований посвящен потенциально негативным последствиям цифровой трансформации. Их условно можно разделить на две группы: (1) проблемы реализации самих проектов и (2) социально-экономические издержки. К первой группе относится высокий процент неудач цифровых преобразований. Консалтинговые компании бьют тревогу: по данным McKinsey, около 70% программ цифровой трансформации проваливаются, не достигая заявленных целей[14]. Гартнер отмечает, что лишь 48% проектов полностью оправдывают ожидания[14]. В глобальном масштабе суммарные потери бизнеса от неудачных трансформаций оцениваются в 2,3 трлн долл. ежегодно[14] – колоссальная сумма утраченных инвестиций. Основные причины – недооценка сложности изменений, ошибки в управлении проектами, сопротивление изменениям внутри организации, нехватка компетенций и т.д. (Jon Garcia, 2020)[14]. Таким образом, риск экономических потерь при цифровизации довольно высок, если подходить к ней формально или спешно.

Ко второй группе негативных аспектов относятся социально-экономические эффекты для работников и общества. Автоматизация и внедрение ИИ порождают опасения насчет сокращения рабочих мест, особенно низкоквалифицированных. Хотя в долгосрочной перспективе цифровая экономика создает и новые рабочие роли (специалисты по данным, разработчики и пр.), в краткосрочном плане возможна структурная безработица в традиционных отраслях. Кроме того, внутри компаний цифровизация изменяет характер труда, предъявляет новые требования к навыкам и может вызывать стресс у персонала. Недавнее исследование китайских ученых (Zhou и др., 2025) описывает цифровую трансформацию как «обоюдоострый меч» для сотрудников: с одной

стороны, цифровые инструменты повышают адаптивность и эффективность работников, с другой – усиливают у них ощущение угрозы своему статусу[42][43]. Сотрудники с высокой мотивацией к обучению получают выгоды – благодаря ИТ они приобретают больше автономии и легче осваивают новые навыки, что повышает их продуктивность. Однако работники, ориентированные лишь на выполнение текущих задач, могут воспринимать цифровые нововведения как стресс: увеличение требований, риск стать невостребованными, необходимость осваивать трудные системы[44][45]. Это приводит к сопротивлению изменениям, что само по себе снижает экономический эффект от внедрения технологий. Для бизнеса данные риски означают, что успех цифровой трансформации требует инвестиций не только в технику, но и в человеческий капитал – обучение сотрудников, изменение корпоративной культуры, новые подходы к управлению. Без этого цифровые проекты могут буксовать или давать ограниченный результат, несмотря на высокий технический потенциал.

Подводя итог обзору литературы, можно заключить, что экономический эффект цифровой трансформации в промышленности в целом положительный, что подтверждается множеством исследований. Цифровизация выступает драйвером роста производительности и эффективности как на уровне отдельных предприятий, так и в масштабах экономики. Однако реализация этого потенциала сопряжена с серьезными организационными изменениями. В научных работах акцентируется, что для успешного получения экономической отдачи предприятия должны преодолеть внутренние барьеры, развивать необходимые компетенции и адаптироваться к новым бизнес-реалиям. Кроме того, государственная политика и институты могут как ускорять, так и замедлять распространение цифровых инноваций. Таким образом, экономические преимущества цифровой трансформации не являются автоматическими – они зависят от множества условий и усилий по их достижению. В дальнейшем, опираясь на изложенные теоретические положения, рассмотрим конкретные количественные показатели и примеры эффектов цифровизации промышленности в мире и в России.

Методы

Настоящее исследование представляет собой обзорно-аналитическую работу, основанную на синтезе данных из различных источников. В соответствии с целью – изучить экономический аспект цифровой трансформации – были отобраны публикации и отчеты как академического, так и прикладного характера. Основу литературного обзора составили научные статьи (в том числе из баз Scopus/Web of Science), посвященные влиянию цифровизации на показатели эффективности предприятий и экономики. Для обеспечения глобального охвата учитывались исследования из разных регионов: Европы, Северной Америки, Восточной Азии (Китай, Республика Корея), а также аналитические обзоры международных организаций (ВЭФ, ОЭСР и др.).

Помимо научной литературы, в анализ включены отраслевые отчеты и статистические данные. Например, использованы материалы консалтинговых компаний (McKinsey, Gartner) по статистике успеха/неуспеха трансформационных проектов, данные IDC по динамике инвестиций, а также сведения из профильных новостных изданий. Отдельное вниманиеделено российским источникам – отчетам Высшей школы экономики, публикациям деловых СМИ (РБК, Коммерсантъ) и кейсам ведущих российских компаний. Это сделано для учета специфики и реалий цифровизации промышленности в России, сопоставления их с мировыми трендами.

Методологически работа основана на качественном сравнительном анализе: выявляются общие черты и различия в оценках экономического эффекта цифровой трансформации в различных исследованиях. Количественные показатели (проценты роста производительности, объемы экономии затрат, доли внедрения технологий и т.п.) берутся из источников и приводятся для иллюстрации масштабов эффектов. Все показатели старательно сопоставляются и, по возможности, взаимно подтверждаются из нескольких независимых источников для повышения надежности выводов. Ограничением обзора является зависимость от доступных опубликованных данных; некоторые актуальные сведения (особенно по России) могут быть фрагментарными. Тем не менее, выбранный

комплексный подход – комбинация академической литературы и актуальной статистики – позволяет получить целостное представление об экономических плюсах и минусах цифровой трансформации в промышленности.

Основная часть

Глобальные экономические эффекты цифровизации промышленности

Опыт индустриально развитых стран демонстрирует значительный экономический выигрыш от внедрения цифровых технологий на производстве. В обрабатывающей промышленности за счет цифровизации достигаются рост производительности, снижение издержек и улучшение качества продукции. Так, комплексное внедрение решений Индустрии 4.0 (интернет вещей, роботизация, аналитика данных) способно повысить производительность производства на 20–30%, а энергопотребление сократить на 5–10% – такие оценки дает консалтинговая компания McKinsey по результатам проектов на предприятиях Европы[10]. Достижение подобного эффекта подтверждается и национальными программами. Например, в Республике Корея с 2014 г. реализуется государственная стратегия «Умные фабрики», в рамках которой к 2023 году было модернизировано десятки тысяч предприятий. По официальным данным, 5000+ малых и средних заводов после внедрения цифровых технологий за первые годы работы продемонстрировали в среднем рост производительности на 25% и одновременное снижение доли дефектной продукции на 27%[12]. Это ярко показывает, что даже традиционный промышленный сектор (МСП в обрабатывающей промышленности) способен существенно увеличить эффективность за счет автоматизации и цифровых систем управления. Другой пример – Япония и Германия, где внедрение промышленных роботов и систем автоматизации позволило не только увеличить выпуск продукции, но и заметно улучшить ее качество, сократив долю брака и простоев. Сама роботизация ускоряется: по данным IFR, мировое количество промышленных роботов на предприятиях удвоилось за последнюю декаду, что сопряжено с ростом производительности труда в производстве. В уже упомянутой Корее, занимающей лидирующие позиции по плотности роботизации, отмечается повышение выпуска продукции на 10–16% в отдельных производственных процессах благодаря роботам (например, роботизированные буровые установки увеличивают скорость бурения на 16% по метражу)[13].

Искусственный интеллект (AI) и большие данные также приносят значимые экономические плоды. За счет AI-подходов предприятия могут оптимизировать планирование, техническое обслуживание и управление качеством. По оценке Всемирного экономического форума, систематическое применение AI в промышленности способно ежегодно добавлять порядка 2% к мировому ВВП[13]. Этот эффект складывается из повышения операционной эффективности, ускорения инноваций и появления новых продуктов и услуг. В практическом выражении AI снижает простои оборудования, оптимизирует цепочки поставок и минимизирует человеческий фактор в рутинных операциях. Например, алгоритмы машинного обучения позволяют в реальном времени прогнозировать спрос и подстраивать производственные планы, что уменьшает избыточные запасы и экономит оборотные средства. Крупнейшие мировые производители отмечают, что AI-инструменты при правильной интеграции дают ощутимую отдачу: сокращение незапланированных простоев на 30–50%, уменьшение затрат на техобслуживание до 20%, рост выпуска за счет устранения узких мест на 10% и более[11][48]. Особенno ярко преимущества AI проявляются в сложных непрерывных производствах (нефтехимия, металлургия), где даже небольшое снижение времени простоев эквивалентно значимой экономии. По данным исследования Siemens, среди 500 крупнейших мировых производственных компаний убытки от незапланированных остановок оборудования составляют до 11% годовой выручки (в совокупности около 1,4 трлн долл.), поэтому инвестирование в предиктивные аналитические системы вполне окупается[12].

Макроэкономический эффект промышленной цифровизации проявляется через рост совокупной производительности факторов (TFP) и ускорение экономического роста стран.

Цифровые технологии усиливают отдачу от капитала и труда за счет лучшего их использования. Исследования в странах ОЭСР фиксируют, что сектора, быстрее внедряющие ИКТ, показывают более высокие темпы роста производительности. Цифровизация промышленности также стимулирует экспортный потенциал (благодаря повышению конкурентоспособности продукции) и создает мультиплекативный эффект в смежных отраслях – например, спрос на услуги ИТ, телекоммуникаций, обучение персонала. По оценкам Минэкономразвития Республики Корея, распространение промышленных решений на базе AI может добавлять экономике около 30 млрд долл. в год за счет роста производительности и появления новых рынков[50]. В мировом масштабе выгоды цифровизации промышленности выражаются в повышении доли высокотехнологичной продукции в ВВП, создании новых рабочих мест в ИТ-секторе и общем повышении конкурентоспособности национальной экономики. Международные сравнения показывают прямую корреляцию между индексом цифрового развития промышленности и показателями экспорта высокотехнологичной продукции, долей добавленной стоимости в производстве. Иными словами, страны, инвестирующие в «умные фабрики» и индустриальные платформы, получают структурные преимущества в мировой экономике.

Несмотря на перечисленные плюсы, мировой опыт цифровой трансформации выявил и ряд негативных моментов, которые необходимо учитывать. Прежде всего, это высокий процент неудачных проектов. Как отмечалось в обзоре литературы, около 70% инициатив в области цифровизации не достигают поставленных целей[14]. Причины носят не технический, а организационный характер: недостаточная проработка стратегии, сопротивление изменений со стороны персонала, нехватка навыков у сотрудников, сбои в управлении проектом. Например, компания может инвестировать в дорогую систему IoT-сенсоров на производстве, но не добиться улучшений из-за того, что данные с них не интегрированы в процессы принятия решений. Или внедрить ERP-систему, но персонал продолжит работать по старым схемам, дублируя операции. Таким образом, риски неэффективности инвестиций в цифровизацию достаточно велики. По оценкам экспертов, в глобальном масштабе ежегодно теряются триллионы долларов на проекты, которые не принесли ожидаемой отдачи[14]. Это негативно сказывается на экономике компаний, снижая их прибыль и оттягивая ресурсы от других направлений. Кроме того, неудачные пилотные проекты могут формировать скептицизм руководства относительно цифровизации в целом, что тормозит инновации в дальнейшем.

Еще один риск – усиление цифрового неравенства. Крупные транснациональные корпорации обладают ресурсами для внедрения самых современных решений и получают от этого выгоду, тогда как малые и средние предприятия часто отстают. В результате разрыв в производительности между лидерами и аутсайдерами рынка может расти. Например, в ЕС крупные промышленники внедряют AI и аналитику данных гораздо быстрее, чем МСП, что ведет к повышению доли рынка первых за счет эффективности. Правительства многих стран (Германия, Южная Корея и др.) осознают эту проблему и запускают программы поддержки цифровизации МСП, субсидируя приобретение оборудования, софта, обучение персонала. Тем не менее, на глобальном уровне сохраняется ситуация, когда около половины предприятий малого бизнеса практически не используют современных цифровых технологий, что ограничивает их рост и конкурентоспособность. Это проявляется и между странами: развитые экономики уходят вперед, тогда как развивающиеся сталкиваются с нехваткой инфраструктуры и кадров для полноценной цифровой трансформации, из-за чего эффект для них ниже.

Социальные издержки цифровизации промышленности также ощущимы. Автоматизация может приводить к сокращению рабочих мест на заводах. Хотя в долгосрочной перспективе создаются новые рабочие места (например, разработчики, операторы сложных систем), работники с устаревшими навыками рисуют столкнуться с безработицей или снижением доходов. Это требует серьезных программ переквалификации и социальной поддержки, без которых негативные социальные последствия могут перевесить локальные экономические выгоды компании от сокращения

персонала. Кроме того, цифровизация повышает требования к уровню образования работников, что может усиливать неравенство на рынке труда: растет спрос на высококвалифицированных инженеров и data-сайентистов, тогда как менее образованные кадры становятся невостребованными. В краткосрочном периоде это тоже экономический риск – рост безработицы или необходимость сокращать избыточный персонал в период трансформации.

Нельзя не упомянуть и угрозы кибербезопасности. Оцифровывая производство и подключая оборудование к сетям, компании становятся уязвимыми для кибератак. В промышленности инциденты (вирусы, взлом систем управления) могут приводить к остановкам производств и прямым убыткам. Поэтому часть инвестиций должна идти в обеспечение информационной безопасности, что увеличивает издержки цифровизации. Если этого не сделать, экономический ущерб от потенциальных атак способен свести на нет выгоды от внедренных технологий. Многие мировые корпорации уже столкнулись с подобными инцидентами (вирус NotPetya парализовал в 2017 г. производственные площадки нескольких международных компаний, что привело к сотням миллионов долларов убытков). Следовательно, киберриски – еще один фактор, уменьшающий чистый экономический эффект цифровой трансформации, если ими пренебрегать.

Резюмируя, глобальный опыт показывает, что плюсы цифровой трансформации промышленности значительно перевешивают минусы, однако последние требуют активного управления. Экономический выигрыш выражается в росте эффективности, но чтобы его достичь, компаниям и государствам приходится преодолевать целый ряд вызовов: обучать кадры, менять устоявшиеся процессы, инвестировать в ИТ-инфраструктуру и безопасность. Те, кому это удается, получают существенные конкурентные преимущества на мировом рынке. В следующем разделе рассмотрим, как описанные тенденции проявляются в российской промышленности – какие экономические эффекты уже достигнуты и какие проблемы сдерживают цифровую трансформацию в отечественных реалиях.

Российская практика: результаты и проблемы цифровой трансформации

В Российской Федерации цифровизация промышленности официально признана одним из приоритетов экономического развития. С 2018 по 2024 год реализовывался национальный проект «Цифровая экономика», в рамках которого были созданы основы ИКТ-инфраструктуры, переведены в электронный вид государственные услуги, запущены проекты в отраслях. По итогам этого периода, например, обеспечена 100% доступность широкополосного интернета для социально значимых объектов и более 86% домохозяйств в стране[5]. На 2025–2030 гг. запланирован новый нацпроект «Экономика данных», призванный развивать инфраструктуру хранения и обработки данных и стимулировать внедрение ИИ в отраслях[5]. Другими словами, на государственном уровне созданы предпосылки для цифровой трансформации промышленности. Как же это отражается на экономических показателях предприятий?

Текущий уровень цифровизации российских предприятий можно охарактеризовать как умеренно низкий, с заметным отставанием от мировых лидеров, но с локальными примерами успеха. Согласно исследованию «Холдинга Т1», общий индекс технологического развития крупных и средних российских компаний в 2023 году составил лишь 38,5%[5]. Это интегральный показатель цифровой зрелости, учитывающий внедрение технологий AI, облаков, информационной безопасности и пр. Для сравнения, аналогичные индексы в передовых странах оцениваются экспертами в 60–70%. Особенno отстает российская обрабатывающая промышленность. По оценке консалтинговой компании SBS, уровень «цифровой зрелости» обрабатывающих предприятий в России – около 26,6%[6]. То есть менее трети необходимых технологий и практик внедрено. Даже на крупных заводах цифровизация часто ограничивается точечными решениями (учет энергоресурсов, электронный документооборот), тогда как сквозные цифровые системы управления производством почти не интегрированы[6]. В результате многие заводы формально имеют отдельные цифровые инструменты, но не получают системного эффекта – по выражению экспертов, «цифра присутствует, но не управляет»[6].

Конкретные показатели подтверждают фрагментарность внедрения технологий. Например, к 2024 году только 14% российских промышленных предприятий внедрили ERP-системы, а системы класса MES используются лишь на 6% заводов[57]. Для сравнения, на предприятиях Германии охват ERP превышает 90%, MES – около 40%. Более того, существующие автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) в России часто изолированы и не интегрированы с бизнес-системами[58]. Любые попытки доработать или связать устаревшие системы сопровождаются рисками для стабильности производства, поэтому предприятия предпочитают их минимизировать, сохраняя «статус-кво» без глубокой интеграции ИТ и операционных технологий[59]. Такой технологический разрыв приводит к тому, что менеджмент не обладает полной прозрачностью данных, решения принимаются без опоры на аналитику в реальном времени, а потенциал оптимизации процессов не реализуется. По сути, многие заводы продолжают работать по старым схемам, дополняя их лишь отдельными цифровыми решениями, не меняющими кардинально ситуацию.

Тем не менее, есть и отрасли-лидеры в России по уровню цифровизации. К их числу относятся, по данным того же исследования, финансовый сектор, розничная торговля и металлургия, где средний уровень внедрения цифровых технологий достигает 46–52%[6]. В банковской сфере (fintech) объем инвестиций в ИТ традиционно высок, что отражается в масштабной автоматизации, переходе на онлайн-сервисы и использовании больших данных для анализа клиентов. Розничная торговля активно внедряет аналитику больших данных и AI для управления ассортиментом, ценами и цепочками поставок – крупные ритейлеры (X5 Group, СберМаркет и др.) уже получили ощутимую отдачу от этих инструментов, выражющуюся в росте продаж и снижении уровня out-of-stock[61]. Металлургические компании России в последние годы также увеличили инвестиции: около половины металлургических предприятий развивают концепцию «умного производства» с высоким уровнем автоматизации и применением цифровых двойников[6]. Этот сектор показывает наиболее быстрые темпы роста вложений в оборудование и ПО. Причины во многом внешние – конкуренция на глобальном рынке металлов требует снижения себестоимости, а санкционные ограничения подталкивают к импортозамещению критического софта.

Следует отметить успешные кейсы отдельных компаний, которые уже ощутили значительный экономический эффект от цифровой трансформации. Один из примеров – ПАО «ВТБ». Крупный банк, но с развитой инфраструктурой ИТ, он также обладает промышленными активами и активно внедряет цифровые решения в бизнес-процессы. По заявлению руководства, совокупный экономический эффект от реализованных проектов цифровой трансформации в банке ВТБ к концу 2024 года ожидается около 500 млрд руб.[6]. Это колоссальная сумма, эквивалентная примерно 6 млрд долларов, показывающая, насколько серьезные результаты могут дать масштабные цифровые инициативы. В эту цифру входят как прямое увеличение доходов (за счет новых цифровых сервисов, роста клиентской базы), так и сокращение издержек. Например, только переход ВТБ на собственные разработки и отказ от части иностранного софта дал экономику около 30 млрд руб. за 2023 год благодаря снижению расходов на лицензии и оборудование[7]. В промышленном секторе впечатляющих результатов добился нефтехимический холдинг СИБУР. Здесь программа цифровой трансформации реализуется с 2018 года и охватывает ключевые производственные и бизнес-процессы. По словам топ-менеджмента, накопленный экономический эффект от цифровизации в СИБУРе уже превысил 50 млрд руб.[64]. В числе наиболее эффективных решений – применение моделей искусственного интеллекта для оптимизации технологических режимов. Если на начальном этапе ИИ внедрялся для локальных задач (например, повышение эффективности отдельной установки), то сейчас акцент на проектах, где AI улучшает качество принятия решений во всех процессах компании[8]. СИБУР также стал одним из пионеров по разработке отечественных цифровых продуктов взамен ушедших западных: совместно с другими крупными компаниями («Еврохим», «Новатэк», «Газпром нефть») создана российская альтернатива сложному ПО для технологического моделирования процессов[8][66]. Это не только обеспечивает технологический суверенитет, но и открывает новый сегмент рынка

ПО, где российские решения могут распространяться и на другие предприятия.

Официальные прогнозные оценки также свидетельствуют о большой потенциальной отдаче от цифровизации российской промышленности. По данным агентства Statista, ожидается, что к 2025 году вклад цифровизации в рост российской экономики составит около 26 млрд долларов совокупно[8]. К 2030 году, по расчетам экспертов, мероприятия по цифровой трансформации обеспечат значительный дополнительный прирост производительности труда в основных секторах: в обрабатывающей промышленности – примерно на 20% выше базового сценария, в топливно-энергетическом комплексе – на 13%, в сельском хозяйстве – на 16%, в транспорте и логистике – на 20%, в финансовом секторе – на 14%[8]. Эти цифры приводятся в исследовании НИУ ВШЭ и базируются на моделировании эффекта от широкого внедрения ИИ, больших данных и роботизации в экономиках соответствующих отраслей. Фактически, реализуй Россия весь заложенный потенциал цифровизации, темпы роста производительности в промышленности могли бы удвоиться относительно нынешних. Для экономики, традиционно страдающей от стагнации производительности, это был бы мощный толчок вперед. Таким образом, резерв экономического роста за счет цифровой трансформации в России весьма велик.

Однако на пути к реализации этих эффектов встают серьезные препятствия, присущие текущим российским условиям. Во-первых, уже отмеченный низкий уровень текущей цифровой зрелости большинства предприятий. Многие заводы технологически отстали, их оборудование изношено и не поддерживает современные системы автоматизации. Цифровизация таких производств требует сперва крупных вложений в модернизацию основных фондов, что не все собственники готовы делать. Во-вторых, дефицит кадров и компетенций. Российские промышленные компании испытывают острую нехватку инженеров, разбирающихся в технологиях Industry 4.0 – системах SCADA, ПоТ, цифровых двойниках, анализе данных[11]. Также не хватает внутренних ИТ-специалистов, знакомых с производственными процессами. Этот кадровый разрыв приводит к тому, что даже при наличии денег на оборудование предприятия не могут эффективно его внедрить и использовать. Обучение персонала и привлечение новых специалистов требует времени и ресурсов. Некоторые компании решают проблему через сотрудничество: крупные игроки объединяются в отраслевые альянсы, создают центры компетенций, совместно разрабатывают типовые решения и обучают кадры[69] [70]. Пример – консорциумы под эгидой Минпромторга РФ, где ключевые корпорации отрасли обмениваются опытом цифровизации. Тем не менее, на общероссийском уровне проблема кадрового дефицита остается острой и сдерживает темпы трансформации.

В-третьих, финансово-экономические барьеры. Цифровые проекты в промышленности капиталоемки. Это приводит к тому, что нужно покупать датчики, прокладывать сети, внедрять софт, создавать ИТ-инфраструктуру и службу поддержки. Все это – значительные инвестиции, окупаемость которых не всегда очевидна. При высокой стоимости заемного капитала в России и общем экономическом фоне многие предприятия боятся вкладываться в длинные проекты. «Коробочные» решения (готовые системы) стоят десятки миллионов рублей, а срок возврата инвестиций может растянуться на годы[13]. Менеджмент порой не готов показывать временное снижение прибыли ради туманных перспектив роста эффективности через 3-5 лет. Отсюда следует склонность к минимизации рисков и затрат, что приводит к внедрению самого необходимого, либо ожидают субсидий от государства. Ситуацию усугубляют санкционные ограничения. Тем не менее, тут есть и обратная сторона. Уход иностранных вендоров побудил российские предприятия активно искать отечественные решения, и это стало своеобразным драйвером цифровизации[10]. Многие заводы, ранее откладывавшие переход на новые системы, были вынуждены заняться этим, поскольку больше не могли полагаться на импортное ПО и оборудование. Импортозамещение стало не просто заменой «один в один», а стимулом проектировать системы с нуля с учетом совместимости и масштабируемости, без исторического балласта. По сути, кризис заставил компанию спроектировать цифровую архитектуру заново, часто более продуманно. Как отмечают

эксперты, теперь предприятия стремятся к независимости от западных поставщиков и изначально закладывают открытые стандарты, модульность и возможность масштабирования решений[10]. Это в перспективе может повысить устойчивость и снизить расходы (например, не придется платить за дорогостоящие лицензии ежегодно). Таким образом, санкции и технологический разрыв с Западом одновременно и тормозят внедрение самых передовых технологий, и стимулируют рост локальных разработок и кооперацию российских участников.

Еще одним ограничением является организационная инертность и недостаток успешных примеров для тиражирования. Многие предприятия до сих пор не видели на своем опыте ощущимых выгод от цифровизации и относятся к ней как к модному слову или «игрушке айтишников». В корпоративной культуре промышленных гигантов сильны традиции иерархии, а цифровая трансформация требует более гибких, плоских структур, экспериментального подхода. Это сталкивается с внутренним сопротивлением менеджеров среднего звена, которые не хотят «ломать» привычные схемы. Выходом здесь может быть точечное создание команд цифровой трансформации со специальными полномочиями и поддержкой первого лица компании. В России такие практики только начинают появляться. Например, ряд крупных холдингов (Северсталь, СИБУР и др.) вводят должности Chief Digital Officer, создают цифровые подразделения, которые имеют свой бюджет и свободу в экспериментах. Без подобной реорганизации цифровые проекты тонут в бюрократии. То есть, экономический эффект возможен, когда цифровизация становится частью стратегии компании, подкрепленной волей руководства и изменениями бизнес-процессов.

Наконец, нельзя забывать про внешние макроусловия. Общая экономическая ситуация в РФ (замедленный рост экономики, санкционное давление) сокращает финансовые возможности компаний и спрос на продукцию, что снижает мотивацию инвестировать в модернизацию. Кроме того, небольшая конкуренция в отдельных секторах (монополизированные рынки) не стимулирует компании искать пути повышения эффективности. Государство пытается влиять – через налоговые льготы, субсидии на pilotные проекты, требования по цифровым метрикам в госкорпорациях. Например, действует программа налогового вычета на затраты по цифровой трансформации, грантовая поддержка от Российского фонда развития информационных технологий (РФРИТ) и др. Однако масштаб этих мер пока ограничен по сравнению с потребностями всей промышленности.

Подведем итоги по России: хотя отставание от мировых лидеров по цифровизации промышленности очевидно, в стране сформировались все предпосылки для ускорения этого процесса – есть стратегическое понимание, точечные успехи и даже принудительные стимулы (импортозамещение). Экономический эффект, продемонстрированный лидерами (миллиардные рублевые выгоды у ВТБ, СИБУРа и др.), служит доказательством, что цифровая трансформация может быть крайне выгодной. Потенциальный суммарный эффект для экономики измеряется десятками миллиардов долларов к 2030 г. Однако для его достижения необходимо устранить тормозящие факторы: подтянуть отстающие предприятия, решить проблему кадров, обеспечить финансирование и тиражировать лучшие практики. Если этого не сделать, существует риск усиления технологического разрыва: часть продвинутых компаний будет процветать, а остальные – терять конкурентоспособность, что негативно скажется на экономике в целом. Таким образом, российской промышленности еще предстоит пройти основной путь цифровой трансформации, и ближайшие годы станут определяющими в плане того, удастся ли получить масштабный положительный экономический эффект или трансформация останется локальной.

Заключение

Цифровая трансформация промышленных предприятий представляет собой сложный, многогранный процесс, который уже оказывает заметное влияние на экономику – как на уровне отдельных фирм, так и в масштабах стран и мира. Положительные экономические эффекты цифровизации промышленности трудно переоценить. Внедрение передовых технологий ведет к росту производительности труда, снижению издержек производства, улучшению качества

продукции и ускорению вывода инноваций на рынок. Предприятия, успешно прошедшие через трансформацию, получают ощутимые выгоды: повышение выручки и прибыли, усиление позиций на рынке, рост капитализации. На макроуровне цифровизация промышленности способствует ускорению экономического роста, повышению конкурентоспособности национальной экономики и ее технологической независимости. Как было показано, исследования фиксируют значимый вклад цифровых технологий в прирост ВВП и производительности. Практические примеры – от южнокорейских «умных фабрик» до российских цифровых прорывов в СИБУРе – наглядно демонстрируют, что грамотно реализованные цифровые проекты окупаются многократно, принося сотни миллионов и миллиарды рублей экономии и дополнительной продукции.

В то же время, экономический аспект цифровой трансформации нельзя считать однозначно благополучным. Высокий процент неудач в цифровых инициативах напоминает, что для достижения положительного эффекта недостаточно просто закупить технологии – необходимы изменения в управлении, вовлеченность персонала, развитие компетенций. Экономические риски цифровизации проявляются в виде возможных потерь инвестиций при провале проектов, а также во временном падении эффективности в период перестройки процессов (кривая обучения). Кроме того, цифровая трансформация вызывает определенные структурные сдвиги: меняется спрос на рабочую силу (возрастает потребность в ИТ-специалистах, снижается – в низкоквалифицированном труде), что требует адаптации рынка труда. Без проактивных мер эти сдвиги могут привести к социальным издержкам, которые в конечном счете тоже экономически ощутимы (расходы на переобучение, пособия и т.д.). Таким образом, получение положительного экономического эффекта от цифровизации сопряжено с необходимостью инвестиций не только в технологии, но и в людей и институты.

Российская промышленность находится сейчас на перепутье: с одной стороны, признаны и частично реализованы возможности цифровой трансформации (есть стратегии, нацпроекты, пилотные успехи), с другой – системный эффект на экономику пока ограничен. Реалии России накладывают свои особенности: необходимость технологического суверенитета в условиях санкций придает цифровизации дополнительное значение (как фактор независимости), но одновременно усложняет доступ к передовым достижениям. Тем не менее, тенденция последних лет внушает осторожный оптимизм – уровень цифровой зрелости предприятий постепенно растет, формируется рынок отечественных промышленных ИТ-решений, расширяется подготовка специалистов по цифре. Если удастся преодолеть инерцию и активно масштабировать успешные кейсы, российская промышленность может совершить рывок в эффективности за счет цифровизации. В противном случае сохраняется риск увеличения разрыва с лидерами мировой индустрии и упущения потенциальных выгод.

В заключение подчеркнем, что цифровая трансформация – не дань моде, а объективная необходимость для промышленности, стремящейся оставаться конкурентоспособной в XXI веке. Ее экономический эффект уже ощутим и по преимуществу позитивен, что подтверждается как исследованиями, так и практикой. Однако достижение этого эффекта требует целенаправленной работы и от бизнеса, и от государства. Ключевыми факторами успеха являются: стратегическое видение руководства, инвестиции в кадры, готовность к организационным инновациям, а также благоприятная внешняя среда (стимулы, инфраструктура, нормативная поддержка). Страны и компании, сумевшие выстроить эти элементы, получают значительные экономические дивиденды от цифровизации. Те же, кто отстает, рисуют понести экономические потери в виде снижения эффективности и утраты позиций. Можно с уверенностью сказать, что в ближайшие годы цифровая трансформация останется одним из главных драйверов изменений в промышленности, и ее экономический аспект – рост эффективности – будет в фокусе внимания руководителей и экономистов. Цифровая экономика открывает перед промышленными предприятиями огромные перспективы, и от того, насколько успешно они будут реализованы, во многом зависит будущее экономическое развитие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Vial G. Understanding digital transformation: a review and a research agenda // Journal of Strategic Information Systems. 2019. 28(2). P. 118–144
2. Tudose M. B., Georgescu A., Avăsilcăi S. Global Analysis Regarding the Impact of Digital Transformation on Macroeconomic Outcomes // Sustainability. 2023. 15(5): 4583. DOI: 10.3390/su15054583
3. Zhou Q., Cheng S., Fu F., Zhang J., Jiang Y. Enterprise digital transformation as a double-edged sword for employees: an investigation based on the Job Demands-Resources model // Humanities and Social Sciences Communications. 2025. 12, Article 1718. DOI: 10.1057/s41599-025-05985-4
4. Taylor & Francis Group. \$2.3 trillion Wasted Globally in Failed Digital Transformation Programs – Costly and Complex Business Strategies are ‘Not Necessary’ (Press Release) // newsroom.taylorandfrancisgroup.com. 13.09.2023. URL: <https://newsroom.taylorandfrancisgroup.com/costly-business-overhauls-are-not-needed-to-embrace-new-digital-technologies-according-to-specialist/> (дата обращения: 14.11.2025)
5. Как экономика становится цифровой // РБК, 11.11.2024. URL: <https://www.rbc.ru/industries/news/672dd29f9a7947234ef1a350> (дата обращения: 14.11.2025)
6. Заводы будущего: как запустить цифровую трансформацию промышленных производств // Журнал «Сибур», 29.07.2025. URL: <https://magazine.sibur.ru/publication/trends/zavody-budushchego-kak-zapustit-tsifrovuyu-transformatsiyu-promyshlennykh-proizvodstv/> (дата обращения: 14.11.2025)
7. «Цифра» в деле. Как технологии помогают бизнесу повысить эффективность в разных отраслях // SberPro Медиа, 16.04.2024. URL: <https://sber.pro/publication/cifra-v-dеле-kak-tehnologii-pomogayut-biznesu-povysit-ehffektivnost-v-raznyh-otraslyah/> (дата обращения: 14.11.2025)
8. Perducat C., Schwertner A. L. Industrial AI gives people “superpowers” in advanced manufacturing. Here’s how // World Economic Forum, 12.01.2024. URL: <https://www.weforum.org/stories/2024/01/industrial-ai-superpowers-advanced-manufacturing/> (дата обращения: 14.11.2025)
9. Shao X. et al. Digital transformation and production efficiency in China’s manufacturing // International Review of Economics & Finance. 2024 (в печати). DOI: 10.1016/j.iref.2024.01
10. South Korea – Manufacturing Technology – Smart Factory // Country Commercial Guide, U.S. International Trade Administration, обновлено 05.12.2023. URL: <https://www.trade.gov/country-commercial-guides/south-korea-manufacturing-technology-smart-factory> (дата обращения: 14.11.2025)
11. Wang D., Shao X. Research on the impact of digital transformation on the production efficiency of manufacturing enterprises: Institution-based analysis of the threshold effect // International Review of Economics and Finance. 2024. Vol. 91. P. 883–897.
12. Цифровая трансформация с ИИ: как данные меняют промышленность // Ec[ON]omyKZ. – 2025. – 21 октября. – Режим доступа: <https://economykz.org/?p=21768#:~:text=Экономическая%20цена%20отказа%20от%20ИИ,миллионов%20в%20зависимости%20от%20отрасли.> – Дата обращения: 15.09.2025.
13. Industrial AI is giving advanced manufacturing new superpowers. World Economic Forum, 29 Jan. 2024, www.weforum.org/stories/2024/01/industrial-ai-superpowers-advanced-manufacturing/
14. 70 per cent of transformation projects fail – and everyone’s ignoring the same fix // Financial Times. – 2025. – 3. – URL: <https://www.ft.com/partnercontent/teamviewer/70-per-cent-of-transformation-projects-fail-and-everyones-ignoring-the-same-fix.html> (дата обращения: 14.09.2025).

Digital transformation of industrial enterprises: the economic aspect

Naumov Denis Vladimirovich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, First Vice-Rector
Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russian Federation
E-mail: naumovdv@ystu.ru

KEYWORDS.

digital transformation; industry; economic impact; labor productivity; Industry 4.0; artificial intelligence; Russia; investment

ABSTRACT.

The article examines the economic effects of digital transformation in industrial enterprises, focusing on both global developments and the specific context of Russia. The purpose of the study is to identify the conditions under which digitalization leads to tangible improvements in efficiency and productivity, and when it instead generates excessive costs, risks, or limited returns. Methodologically, the work relies on a comprehensive review of contemporary academic research from European, American, Korean, Chinese, and Russian scholars, complemented by comparative analysis of statistical data at the micro- and macroeconomic levels. The findings show that the deployment of Industry 4.0 technologies, industrial IoT, data analytics systems, and artificial intelligence generally results in higher labor productivity, reduced operational costs, improved product quality, and enhanced export potential. At the macro level, industrial digitalization contributes to faster economic growth and strengthened national competitiveness. However, the study also highlights significant challenges, including the high failure rate of digital transformation projects, substantial capital expenditures, cybersecurity threats, widening gaps between "digital leaders" and lagging firms, and structural shifts in the labor market. In Russia, the potential economic benefits of digitalization are considerable, yet remain only partially realized due to low digital maturity across many enterprises, shortages of skilled personnel, financial constraints, and technological restrictions intensified by sanctions. The article concludes that the economic impact of digital transformation is not automatic; it depends on effective change management, institutional quality, and strategic alignment between government initiatives and corporate priorities.