

pISSN 2073-1477
eISSN 2311-8733

Социально-экономическая политика

ИННОВАЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ*

Елена Сергеевна МЕЗЕНЦЕВА

кандидат экономических наук,
старший научный сотрудник Центра структурной политики региона,
Институт экономики Уральского отделения РАН,
Екатеринбург, Российская Федерация
mezentsseva.es@uiec.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6213-6136>
SPIN-код: 4490-4209

История статьи:

Рег. № 690/2021
Получена 23.12.2021
Получена в
доработанном виде
27.02.2022
Одобрена 10.03.2022
Доступна онлайн
14.04.2022

УДК 332.1

JEL: L26, O14, O25,
O38

Ключевые слова:

промышленные
предприятия,
цифровая
трансформация,
Индустрия 4.0,
инновации

Аннотация

Предмет. Проблемы внедрения технологий Индустрии 4.0.

Цели. Оценка уровня цифровизации промышленных предприятий России.

Методология. Применены методы теоретического обобщения, системного, логического, структурного, сравнительного анализа, статистические методы.

Результаты. Предложены методы оценки инновационных эффектов цифровой трансформации промышленности через показатели патентной активности, затрат на цифровизацию. Систематизированы эффекты от внедрения наиболее востребованных цифровых технологий, применяемых в промышленности.

Выводы. Требуется разработка методического инструментария для оценки эффектов цифровизации промышленных предприятий России.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2021

Для цитирования: Мезенцева Е.С. Инновационные эффекты цифровой трансформации промышленных предприятий // Региональная экономика: теория и практика. – 2022. – Т. 20, № 4. – С. 659 – 677.
<https://doi.org/10.24891/re.20.4.659>

Введение

Цифровизация является наиболее ярким глобальным трендом последних десяти лет. Пандемия COVID-19, как отмечено в работе В.И. Салыгина и А.С. Маркина [1], показала важность цифровизации производства

* Статья подготовлена в соответствии с Планом НИР ФГБУН Институт экономики УрО РАН на 2021 г.

и бизнес-процессов. Эмпирические данные, представленные в работе [2], свидетельствуют о том, что цифровизация оказывает прямое положительное влияние на результаты деятельности компании. По оценкам специалистов из Высшей школы экономики, цифровая трансформация обеспечит дополнительный рост производительности труда в обрабатывающей промышленности на 20,2% до 2030 г. (накопленным итогом)¹.

В последние годы экономический анализ развития промышленности осуществляется в рамках концепции Индустрии 4.0. Теоретико-методологические основы этой концепции представлены в работах Н.S. Kang [3], V. Modrak и соавторов [4]. Концепция Индустрии 4.0 основана на интеграции информационных и коммуникационных технологий и передовых промышленных технологий в киберфизические системы, направленные на создание цифрового, интеллектуального и устойчивого предприятия [3]. Основное значение Индустрии 4.0 заключается в соединении продуктов, машин и людей с внешней средой и объединении производства, информационных технологий и Интернета [4]. Индустрия 4.0 направлена, с одной стороны, на внедрение высокоэффективных и автоматизированных процессов, характерных для массового производства, а с другой, на формирование промышленной среды, где индивидуальные и приспособленные под клиента продукты производятся в соответствии со стратегиями массовой кастомизации².

Цифровая трансформация промышленности предполагает перевод производственных процессов на новый технологический уклад³. В настоящее время большое внимание уделяется, прежде всего, техническим и технологическим вопросам текущего состояния и перспективам развития цифровизации экономики (К. Шваб [5], В.В. Иванов, Г.Г. Малинецкий⁴), а не социально-экономическим эффектам цифровой трансформации. Взаимосвязь между цифровой трансформацией и инновационным развитием рассматривается, в частности, в статье [6], где исследуются преимущества и проблемы цифровизации для развивающихся экономик.

¹ Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты.
URL: <https://conf.hse.ru/mirror/pubs/share/463148459.pdf>

² Securing the Future of German Manufacturing Industry. Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0. Final Report of the Industrie 4.0 Working Group.
URL: <https://www.din.de/blob/76902/e8cac883f42bf28536e7e8165993f1fd/recommendations-for-implementing-industry-4-0-data.pdf>

³ Стратегия цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности в целях достижения их «цифровой зрелости» до 2024 года и на период до 2030 года.
URL: https://www.tadviser.ru/images/8/83/Stateg_info_2021_compressed.pdf

⁴ Иванов В.В., Малинецкий Г.Г. Цифровая экономика: мифы, реальность, перспектива.
URL: <https://kc.hse.ru/wp-content/uploads/2018/05/10-ivanov-28129.pdf>

Что касается цифровой трансформации промышленных предприятий, то среди научных трудов, посвященных цифровой экономике и Индустрии 4.0, встречаются исследования, касающиеся отдельных аспектов цифровизации промышленности – инновационных стратегий модернизации, особенностей внедрения принципов четвертой промышленной революции (Е. Ключко, О. Брижак [7]), моделирования факторов эффективности производственных и технологических процессов (С.С. Кудрявцева и соавторы [8]), роли управления производством в условиях Индустрии 4.0 (P. Gölzer, A. Fritzsche [9], C. Grada [10]).

Отметим ряд исследований, направленных на изучение конкретных технологий, связанных с цифровизацией промышленных предприятий: технологий больших данных (K. Lamba, S.P. Singh [11]), аддитивного производства (F. Liravi [12]), интегрированных структур данных в планировании ресурсов предприятия (P. Samaranayake, T. Laosirihongthong [13]), цифровых компетенций (N. Milanovich-Eagleson [14]).

Следует отметить, что большинство научных трудов посвящено цифровизации крупных промышленных предприятий, в то время как эффекты цифровой трансформации проявляются и имеют свои особенности на малых предприятиях. Имеющиеся по теме цифровизации малых предприятий в промышленности работы, в том числе работы D.T. Matt, E. Rauch [15], L. Safar [16], рассматривают, в основном, общие вопросы внедрения принципов Индустрии 4.0 на малых предприятиях.

В России исследований, посвященных цифровизации малого промышленного бизнеса, практически нет. В работе [17] была выявлена необходимость специальных исследований, посвященных проблемам внедрения технологий Индустрии 4.0 на малых промышленных предприятиях, которые позволят трансформировать их в «умные» фабрики. В работе [17] также выделены преимущества и ограничения для внедрения технологий Индустрии 4.0.

Целью данного исследования является выявление инновационных эффектов, связанных с цифровой трансформацией промышленных предприятий, и обоснование методов их оценки.

Материалы и методы

Основу цифровой трансформации промышленности составляют концепции Четвертой промышленной революции, Индустрии 4.0, «умных» фабрик. Теоретико-методологической основой исследования являются научные результаты, изложенные в публикациях, в которых рассмотрены различные аспекты четвертой промышленной революции, цифровизации промышленности.

Методологической базой исследования являются сетевой и институциональный подходы. Применены методы теоретического обобщения, системного, логического, структурного, сравнительного анализа, статистические методы. В процессе исследования проанализирована динамика изменения показателей цифровизации российских промышленных предприятий.

В работе проведен анализ «цифровой зрелости» промышленных предприятий, интенсивности использования цифровых технологий, уровня распространения ряда цифровых технологий на предприятиях разных отраслей промышленности. Рассмотрены показатели, позволяющие измерить уровень цифровизации отдельных отраслей экономики; индексы развития цифровой экономики, в частности индекс цифровизации для основных отраслей экономики России.

Информационную базу исследования также составили данные Федеральной службы государственной статистики, Института статистических исследований и экономики знаний, экспертные мнения руководителей промышленных предприятий и лидеров IT-рынка.

Результаты

В современных условиях особую важность приобретают выявление и измерение результатов и эффектов цифровой трансформации. Доказательный подход к принятию решений (evidence-based approach) формирует запрос на количественные оценки процесса цифровой трансформации. Основными аспектами, с точки зрения которых обычно производится оценка, выступают:

- структура (организационные, управленческие и операционные процессы);
- управление данными и информацией;
- инновационная деятельность (разработка и внедрение новых цифровых технологий, управление информационными технологиями);
- качество товаров и услуг;
- окружение/среда (ресурсы предприятия, регулирование);
- безопасность инфраструктуры и данных;
- финансирование (затраты, возврат на инвестиции);
- этические аспекты (отношение к новым цифровым технологиям).

Каждый из них можно охарактеризовать определенными показателями. Фокусом данного исследования является аспект, связанный с инновациями.

Если говорить о цифровизации экономики целом, то, по мнению А.В. Воронцовского [18], это современный этап развития научно-технического прогресса, который заключается во внедрении определенного типа инноваций в реальную хозяйственную практику. В промышленности принято различать два вида технологических инноваций – продуктовые и процессные. В настоящее время развиваются продуктовые инновации, связанные с цифровизацией, такие как робототехника в различных отраслях и сферах, 3D-принтеры, новые материалы, цифровые платформы и т.д.

Еще большее развитие получают процессные инновации в сфере цифровизации предприятий. Основная их особенность состоит в том, что их использование обеспечивает в первую очередь сокращение или экономию расходов на тот или иной вид деятельности, позволяет обрабатывать большие массивы информации, передавая их на значительные расстояния в режиме реального времени.

Цифровая трансформация промышленности ведет к созданию гибкого и высокоэффективного распределенного сетевого производства на основе цифровых платформ, объединяющих всех участников цепочки создания стоимости в единую экосистему. Цифровая трансформация промышленности не только ведет к снижению затрат и повышению производительности труда, качества продукции, но и позволяет сократить сроки вывода продуктов на рынок (time to market), обеспечить массовую кастомизацию и гибкое (быстро адаптируемое к внешним изменениям) производство.

В сравнении с традиционными подходами, предполагающими изготовление физического прототипа и проведение натурных испытаний, разработка продуктов на основе технологии цифровых двойников помогает снизить число ошибок при проектировании и может обеспечивать снижение временных, финансовых и иных ресурсных затрат более чем в десять раз⁵. Цифровое моделирование и цифровые двойники также позволяют «закладывать» в изделия характеристики глобальной конкурентоспособности, учитывать высокие потребительские требования, повысить уровень кастомизации.

Промышленность играет значительную роль в экономике России. Доля обрабатывающих отраслей в валовой добавленной стоимости в России

⁵ Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «Новые производственные технологии». URL: <https://digital.gov.ru/uploaded/files/07102019npt.pdf>

составляла в 2020 г. 15% (14,2 трлн руб.)⁶. Затраты на внедрение и использование цифровых технологий в обрабатывающей промышленности России по итогам 2019 г. составили 158,2 млрд руб. Доля этих затрат в валовой добавленной стоимости отрасли – 1,2%. Лидерами по инвестициям в цифровизацию стали предприятия машиностроительного и металлургического комплексов с затратами 82,2 и 49,1 млрд руб. соответственно.

По итогам 2020 г. общий уровень инновационной активности организаций в России составил 10,8%. В промышленном производстве соответствующее значение достигло 16,2%. Затраты на инновационную деятельность в промышленности составили 1 168,5 млрд руб. Объем инновационных товаров (работ, услуг) достиг 3 999,4 млрд руб., что составило 6,4% от общего объема отгруженных товаров (выполненных работ, услуг)⁷.

Об инновационных эффектах цифровой трансформации можно судить по уровню внедрения на предприятиях инновационных цифровых технологий. Уровень технологической оснащенности российской экономики за последнее десятилетие повысился: число организаций, использующих передовые производственные технологии (ППТ)⁸, увеличилось на 14% – с 13,3 тыс. до 15,1 тыс. В промышленности около трети предприятий используют ППТ. Что касается разработки ППТ, то эта задача является актуальной, но реализуется крайне небольшим числом российских организаций (1,4% от общего количества в 2020 г.)^{9, 10}. В табл. 1 представлены данные для предприятий промышленности.

Число используемых российскими организациями ППТ за 10 лет выросло на 27% и в 2020 г. достигло 242,9 тыс. В их структуре самую многочисленную группу (32,8%) составляют технологии производства, обработки, транспортировки и сборки. Наиболее популярная технология – оборудование с числовым программным управлением (13,5%).

⁶ Национальный проект «Производительность труда».

URL: https://www.economy.gov.ru/material/directions/nacionalnyy_proekt_proizvoditelnost_truda/

⁷ Инновационный ответ на последствия пандемии.

URL: <https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/505871967.pdf>

⁸ В рамках федерального статистического наблюдения (по форме № 1-технология) передовые производственные технологии (ППТ) охватывают технологии и технологические процессы (в том числе необходимое для их реализации оборудование и программное обеспечение), управляемые с помощью компьютера, основанные на микроэлектронике и/или применении цифровых технологий и используемые при проектировании, производстве или обработке продукции (товаров и услуг), включая организацию соответствующих процессов.

⁹ Использование передовых производственных технологий в России.

URL: <https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/510535029.pdf>

¹⁰ Разработка в России передовых производственных технологий.

URL: <https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/486647907.pdf>

Что касается обрабатывающей промышленности, то технологии производства, обработки, транспортировки и сборки составляют почти половину (45,7%) портфеля организаций; 16,2% технологий относятся к сфере проектирования и инжиниринга, 15,5% – к сфере связи, управления, геоматики, 8,2% составляют системы автоматизированной идентификации, наблюдения и/или контроля; 7,2% относятся к производственной информационной системе и автоматизации; 4,7% связаны с передовыми методами организации и управления производством; 1,4% составляют «зеленые» технологии»; 1% – технологии промышленных вычислений и больших данных.

В период до 2023 г. ожидается увеличение числа организаций, использующих ППТ, на 17%. По отдельным видам технологий намечается кратный рост, например, в части применения аддитивных технологий (в 3–4 раза), микроэлектромеханических систем (в 5 раз), технологий безопасного взаимодействия «человек–машина» (включая коллаборативных роботов) и альтернативной энергетики (в 3 раза).

Эффекты от внедрения инновационных технологий можно оценить по патентной активности. «Региональный разрез» этого аспекта представлен в исследовании, содержащем данные о патентной активности субъектов Российской Федерации по ключевым направлениям развития цифровых технологий¹¹. В 2010–2019 гг. российские заявители подали в Роспатент 28 тыс. патентных заявок на изобретения в сфере цифровых технологий. Почти все субъекты Российской Федерации (91%) подавали заявки на патентование новых передовых производственных технологий.

Нейротехнологии и искусственный интеллект развиваются в 80% регионов. Созданием новых патентуемых изобретений завершилась разработка технологий виртуальной и дополненной реальности в 67%, систем распределенного реестра – в 47%, робототехники и сенсорики – в 42%, технологий беспроводной связи – в 39% субъектов Российской Федерации. Результаты изобретательской деятельности в области квантовых технологий патентовали резиденты лишь четырех субъектов Российской Федерации: Москвы, Санкт-Петербурга, Московской и Иркутской областей.

Цифровая трансформация требует освоения новых технологий и соответствующего реструктурирования бизнес-процессов. В России достаточно широко распространены сравнительно зрелые цифровые технологии. Так, в России 90,4% промышленных предприятий имеют широкополосный доступ к сети Интернет. Вместе с тем новейшие технологии распространяются в отраслях значительно медленнее: 27,6% предприятий используют облачные сервисы, 29,6% – ERP-системы, 19,6% –

¹¹ Вовлечение регионов в разработку цифровых технологий.
URL: <https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/513324364.pdf>

электронные продажи и лишь 12% – RFID-технологии. Названные показатели входят в Индекс цифровизации, разработанный специалистами из Высшей школы экономики, который характеризует уровень распространения указанных цифровых технологий по отраслям экономики. Индекс цифровизации промышленности определяется по 36 пунктам. По значению индекса промышленность России занимает лишь 21 место среди 27 стран, по которым формируются соответствующие данные.

В соответствии с результатами опроса, проведенного среди экспертов Института статистических исследований и экономики знаний Высшей школы экономики, спрос сектора обрабатывающей промышленности на передовые цифровые технологии в 2020 г. оценивался на уровне 41,5 млрд руб. с перспективой роста в 14 раз к 2030 г. (до 587,5 млрд руб.)¹². В табл. 2 систематизированы характеристики основных цифровых технологий, применяемых в настоящее время в различных странах, и соответствующие им эффекты их внедрения на предприятиях.

Оценка эффективности традиционно проводится также по сопоставлению результатов и затрат. Рассмотрим данный подход с точки зрения затрат на цифровизацию и инновационных эффектов. Указом Президента России от 07.05.2018 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года»¹³ предусмотрен рост внутренних затрат на развитие цифровой экономики не менее чем в три раза. По оценкам экспертов^{14, 15}, это требует увеличения затрат на исследования и разработки, связанные с цифровыми технологиями, почти в 9 раз, а затрат на технологические инновации – почти в 6 раз к 2030 г. в постоянных ценах. Соответственно, интерес представляет сопоставление указанных затрат с эффектами цифровизации, в том числе с целевыми показателями развития цифровой экономики, заложенными в стратегических документах.

Цифровизация будет вносить свой вклад в темпы роста добавленной стоимости отдельных секторов экономики. В значительной мере рост будет связан с повышением эффективности производства за счет внедрения инновационных технологий. Процессы автоматизации и роботизации, сопровождающиеся кардинальным обновлением основных средств, будут приводить к снижению доли вклада фактора труда в экономический рост

¹² Цифровые технологии в российской экономике.

URL: <https://conf.hse.ru/mirror/pubs/share/462987994.pdf>

¹³ Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».

URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/43027>

¹⁴ Топ-15 цифровых технологий в промышленности.

URL: <https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/494926392.pdf>

¹⁵ Вклад цифровизации в рост российской экономики.

URL: https://issek.hse.ru/data/2018/07/04/1152915836/NTI_N_91_04072018.pdf

при одновременном росте вклада капитала. Оценки показывают, что цифровизация положительно повлияет на эффективность обрабатывающих отраслей (в наибольшей степени – химической промышленности и машиностроения).

Государственное регулирование процессов цифровизации промышленности и приоритеты в этой области отражены в ряде документов как федерального, так и регионального уровня. Среди основных документов – Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации»¹⁶, федеральные проекты «Нормативное регулирование цифровой среды»¹⁷ и «Цифровые технологии»¹⁸, ведомственный проект «Цифровая промышленность», План мероприятий («дорожная карта») «Технет» (передовые производственные технологии)¹⁹, Стратегия цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности в целях достижения их «цифровой зрелости» до 2024 года и на период до 2030 года.

В настоящее время в России действует система мер поддержки цифровизации промышленности, за которые ответственно Министерство промышленности и торговли Российской Федерации. Проект «Цифровая промышленность» предусматривает развитие регуляторной среды, возможностей платформы «Государственная информационная система промышленности» (ГИСП)²⁰. В соответствии с программой Фонда развития промышленности «Цифровизация промышленности», предоставляется заемное финансирование конкретных проектов на сумму от 20 до 500 млн руб. по льготной ставке от 1 до 3%²¹. Предусмотрено субсидирование возмещения части затрат на разработку цифровых платформ и программных продуктов для предприятий обрабатывающих производств²² – планируется выделять по 2 млрд руб. в год.

С учетом внебюджетных источников совокупное финансирование реализованных и реализуемых в настоящее время профильных проектов цифровизации промышленности составляет около 430 млрд руб. (из них около 57 млрд руб. – средства бюджетов различных уровней, около

¹⁶ Паспорт национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации». URL: <http://static.government.ru/media/files/urKHm0gTPPnzJlaKw3M5cNLo6gczMkPF.pdf>

¹⁷ Паспорт федерального проекта «Нормативное регулирование цифровой среды». URL: https://www.economy.gov.ru/material/file/241bf7fc3549e04e239cf4589269fd8a/pasport_fp_normativnoe_regulirovanie_cifrovoy_sredy.pdf

¹⁸ Паспорт федерального проекта «Цифровые технологии». URL: <https://turov.pro/wp-content/uploads/2019/09/pasport-czifrovye-tehnologii.pdf>

¹⁹ План мероприятий («дорожная карта») «Технет» (передовые производственные технологии) Национальной технологической инициативы. URL: https://nti2035.ru/docs/DK_technet_2021.pdf?ysclid=11b12q3f56

²⁰ Минпромторг России. Цифровая промышленность. URL: http://www.sef-kursk.ru/2019/wp-content/uploads/2019/07/Kuzmenko-TSifrovaya-promyshlennost_SEF2019.pdf

²¹ Цифровизация промышленности. URL: <https://frprf.ru/zaymy/tsifrovizatsiya-promyshlennosti/>

²² Навигатор мер поддержки. URL: <https://gisp.gov.ru/navigator-measures/ru-RU>

374 млрд руб. – средства предприятий и около 11 млрд руб. – заемные средства).

Правительство России планирует увеличивать финансирование наиболее эффективных мер поддержки промышленности. Они нацелены, в частности, на повышение конкурентоспособности продукции российских предприятий через трансформацию путем перехода на «цифру». Ожидается сокращение затрат на разработку и вывод высокотехнологичной продукции на рынок в 2 раза. На ближайшие три года в бюджете, в частности, заложено 25 млрд руб. на компенсацию бизнесу части затрат на научные исследования, 5,5 млрд руб. – на субсидии на разработку цифровых платформ и программных продуктов, 5 млрд руб. – на возмещение до 50% затрат на создание пилотных партий средств производства²³.

Кроме этого, Министерство экономического развития Российской Федерации приступило к созданию цифровой экосистемы в рамках национального проекта «Производительность труда». Она предоставляет доступ к цифровым сервисам, которые направлены на увеличение уровня цифровой зрелости и зрелости бизнес-процессов путем удаленной диагностики, предоставления аналитических данных о рынках, обучения, стимулирования кооперации.

В 2020 г. Министерство промышленности и торговли Российской Федерации оказало субсидиарную поддержку 79 комплексным проектам российских организаций по разработке цифровых технологий, продуктов, сервисов и платформенных решений в целях создания и развития производства высокотехнологичной промышленной продукции путем возмещения части затрат на разработку цифровых платформ и программных продуктов²⁴.

Выводы

Цифровая трансформация промышленности основана на концепции Индустрии 4.0 и «умных» фабрик. Они предполагают цифровизацию всего жизненного цикла продукта (концепт-идея, проектирование, производство, эксплуатация, сервисное обслуживание, утилизация), использование цифровых моделей (двойников) как новых проектируемых изделий, так и производственных процессов, что, в свою очередь, ускоряет процесс внедрения продуктовых и технологических инноваций.

В статье выявлены направления влияния цифровой трансформации промышленности на инновационные процессы на предприятиях –

²³ Промышленности рекомендована оцифровка. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/4888631>

²⁴ Основные результаты деятельности Минпромторга России за 2019 и 2020 годы. URL: https://minpromtorg.gov.ru/common/upload/files/docs/otchet_19_20.pdf

сокращение сроков вывода продуктов на рынок (time to market), массовая кастомизация, гибкое производство. Рассмотрены основные передовые производственные технологии и отдельные виды цифровых технологий, которые внедряются на предприятиях обрабатывающих производств. Проведена оценка уровня их внедрения, систематизированы эффекты от внедрения наиболее востребованных цифровых технологий, применяемых в промышленности.

Перспективным направлением исследований является разработка методики оценки инновационных эффектов цифровой трансформации промышленных предприятий, а также эффективности мер государственной поддержки цифровизации с точки зрения развития инновационной деятельности на предприятиях промышленности России.

Таблица 1

Российская Федерация: внедрение передовых производственных технологий на промышленных предприятиях (2011–2020 гг.)

Table 1

The Russian Federation: Introduction of advanced production technologies at industrial enterprises for 2011–2020

Параметр	2011		2015	
	количество, ед.	удельный вес, %	количество, ед.	удельный вес, %
Использование передовых производственных технологий	6 926	–	7 692	–
Разработка передовых производственных технологий	147	–	–	–

Продолжение

Параметр	2019		2020	
	количество, ед.	удельный вес, %	количество, ед.	удельный вес, %
Использование передовых производственных технологий	7 128	–	5 882	31,3
Разработка передовых производственных технологий	275	–	293	1,6

Источник: данные Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Source: Authoring, based on the National Research University – Higher School of Economics data

Таблица 2**Эффекты применения цифровых технологий в промышленности****Table 2****The effects of digitalization in industry**

Аспект	Возможности использования и эффекты внедрения
Применение технологии цифровых двойников производственных процессов	Уменьшение числа сбоев, простоев и оптимизация работы предприятий. Возможность прогнозировать реакцию оборудования на эксплуатационные нагрузки с точностью 95%, снизить эксплуатационные расходы сложных промышленных комплексов на 5–10%
Анализ больших данных	Принятие (улучшение) решений, повышение эффективности промышленного производства и логистики, мониторинг состояния основных фондов и их предиктивного обслуживания. Значительное сокращение сроков окупаемости проектов
Использование промышленных роботов	Сокращение издержек на персонал, обеспечение стабильно высокого качества продукции, увеличение технологической гибкости производства
3D-печать	Увеличение скорости производства и прототипирования, экономия сырья и минимизация отходов
Цифровое прототипирование, VR-тестирование	Проектирование продуктов и визуализация всего процесса их производства. Сокращение сроков и стоимости разработки новых товаров, тестирование и улучшение качества продукции
Искусственный интеллект	Использование полуавтономных роботов-манипуляторов на гибких производственных линиях; управление автономными транспортными средствами, перемещающимися в цехах и между цехами. Перспектива полной автоматизации производственных процессов и оптимизации работы не только отдельных предприятий, но и отраслей промышленности
Машинное обучение	Используется для работы в труднодоступных местах, в условиях вечной мерзлоты или повышенной радиации, на вредных химических производствах. На основе накопления массивов данных о состоянии промышленного оборудования прогнозирование его остаточного ресурса и критически важных неисправностей, предотвращение внезапного выхода из строя и техническое обслуживание по состоянию

Источник: авторская разработка на основе данных Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Source: Authoring, based on the National Research University – Higher School of Economics data

Список литературы

1. Салыгин В.И., Маркин А.С. Цифровая экономика в условиях пандемии // Научные труды Вольного экономического общества России. 2020. Т. 223. № 3. С. 244–250.
URL: <https://doi.org/10.38197/2072-2060-2020-223-3-244-250>

2. *Abou-foul M., Ruiz-Alba J.L., Soares A.* The impact of Digitalization and Servitization on the Financial Performance of a Firm: An Empirical Analysis. *Production Planning & Control*, 2021, no. 32, iss. 12, pp. 975–989. URL: <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1780508>
3. *Kang H.S., Lee J.Y., Choi S. et al.* Smart Manufacturing: Past Research, Present Findings, and Future Directions. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 2016, vol. 3, iss. 1, pp. 111–128. URL: <https://doi.org/10.1007/s40684-016-0015-5>
4. *Modrak V., Marton D., Bednar S.* Modeling and Determining Product Variety for Mass-customized Manufacturing. *Procedia CIRP*, 2014, vol. 23, pp. 258–263. URL: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.10.090>
5. *Шваб К.* Четвертая промышленная революция. М.: Эксмо, 2018. 285 с.
6. *Туккель И.Л., Яшин С.Н., Иванов А.А.* Цифровая трансформация как важная часть инновационного развития // *Инновации*. 2019. № 3. С. 45–50. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-transformatsiya-kak-vazhnaya-chast-innovatsionnogo-razvitiya/viewer>
7. *Klochko E., Brizhak O.* Prospects of Using Virtual Technologies in Modern Corporate Business Systems. In: E. Popkova, V. Ostrovskaya (Eds) *Perspectives on the Use of New Information and Communication Technology (ICT) in the Modern Economy*. Cham, Springer, 2017, pp. 308–319. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-90835-9_36
8. *Kudryavtseva S.S., Shinkevich M.V., Ostanina S.S.* Modeling the Factors Behind Digitalization of the Real Sector of the Economy. In: V. Kumar, J. Rezaei, V. Akberdina, E. Kuzmin (Eds) *Digital Transformation in Industry. Lecture Notes in Information Systems and Organisation*. Cham, Springer, 2021, pp. 67–74. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-73261-5_7
9. *Gölzer P., Fritzsche A.* Data-driven Operations Management: Organisational Implications of the Digital Transformation in Industrial Practice. *Production Planning & Control*, 2017, vol. 28, iss. 16, pp. 1332–1343. URL: <https://doi.org/10.1080/09537287.2017.1375148>
10. *Gráda C.Ó.* Did Science Cause the Industrial Revolution? *Journal of Economic Literature*, 2016, vol. 54, no. 1, pp. 224–239. URL: <https://doi.org/10.1257/jel.54.1.224>

11. *Lamba K., Singh S.P.* Big Data in Operations and Supply Chain Management: Current Trends and Future Perspectives. *Production Planning & Control*, 2017, vol. 28, iss. 11-12, pp. 877–890.
URL: <https://doi.org/10.1080/09537287.2017.1336787>
12. *Liravi F., Darleux R., Toyserkani E.* Additive Manufacturing of 3D Structures with Non-Newtonian Highly Viscous Fluids: Finite Element Modeling and Experimental Validation. *Additive Manufacturing*, 2017, no. 13, pp. 113–123.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.addma.2016.10.008>
13. *Samaranayake P., Laosirihongthong T.* Production Planning and Scheduling Using Integrated Data Structures in ERP: Implementation and Numerical Simulation. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 2015, vol. 10, iss. 3, pp. 176–190.
URL: <https://doi.org/10.1080/17509653.2014.939726>
14. *Milanovich-Eagleson N., Howes S., Fattahi B.* The Role of Soft Skills in a Challenging Environment. *Journal of Petroleum Technology*, 2015, vol. 67, iss. 9, pp. 102–108. URL: <https://doi.org/10.2118/0915-0102-JPT>
15. *Matt D.T., Rauch E.* SME 4.0: The Role of Small- and Medium-Sized Enterprises in the Digital Transformation. In: D.T. Matt, V. Modrák, H. Zsifkovits (Eds) *Industry 4.0 for SMEs. Challenges, Opportunities and Requirements*. Cham, Palgrave Macmillan, 2020, pp. 3–36.
URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-25425-4>
16. *Safar L., Sopko J., Bednar S., Poklemba R.* Concept of SME Business Model for Industry 4.0 Environment. *TEM Journal*, 2018, vol. 7, iss. 3, pp. 626–637.
URL: <https://doi.org/10.18421/TEM73-20>
17. *Мезенцева Е.С.* Эффекты цифровизации промышленных малых и средних предприятий в условиях Индустрии 4.0 // Региональная экономика: теория и практика. 2021. Т. 19. Вып. 11. С. 2086–2106.
URL: <https://doi.org/10.24891/re.19.11.2086>
18. *Воронцовский А.В.* Цифровизация экономики и ее влияние на экономическое развитие и общественное благосостояние // Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика. 2020. Т. 36. Вып. 2. С. 189–216. URL: <https://doi.org/10.21638/spbu05.2020.202>

Информация о конфликте интересов

Я, автор данной статьи, со всей ответственностью заявляю о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

pISSN 2073-1477
eISSN 2311-8733

Socioeconomic Policy

INNOVATIVE EFFECTS OF DIGITAL TRANSFORMATION OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

Elena S. MEZENTSEVA

Institute of Economics of Ural Branch of RAS,
Yekaterinburg, Russian Federation
mezentseva.es@uiec.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6213-6136>

Article history:

Article No. 690/2021
Received 23 Dec 2021
Received in revised
form 27 February 2022
Accepted 10 Mar 2022
Available online
14 April 2022

JEL classification:

L26, O14, O25, O38

Keywords: industrial
enterprise, digital
transformation,
Industry 4.0,
innovation

Abstract

Subject. This article discusses the problems of implementation of Industry 4.0 technology.

Objectives. The article aims to assess the level of digitalization of industrial enterprises in Russia.

Methods. For the study, I used the methods of theoretical generalization, systems, logical, structural, and comparative analyses, and statistical methods.

Results. The article proposes methods for assessing the innovative effects of the digital transformation of industry through indicators of patent activity and digitalization cost. The article also presents the systematized effects of the introduction of the most popular digital technologies used in industry.

Conclusions. It is necessary to develop methodological tools for assessing the effects of digitalization of industrial enterprises in Russia.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2021

Please cite this article as: Mezentseva E.S. Innovative Effects of Digital Transformation of Industrial Enterprises. *Regional Economics: Theory and Practice*, 2022, vol. 20, iss. 4, pp. 659–677.
<https://doi.org/10.24891/re.20.4.659>

Acknowledgments

The article was prepared in accordance with the R&D Plan of the Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences for 2021.

References

1. Salygin V.I., Markin A.S. [Digital economy in the pandemic context]. *Nauchnye trudy Vol'nogo ekonomicheskogo obshchestva Rossii = Scientific Works of the Free Economic Society of Russia*, 2020, vol. 223, iss. 3, pp. 244–250. (In Russ.)
URL: <https://doi.org/10.38197/2072-2060-2020-223-3-244-250>

2. Abou-foul M., Ruiz-Alba J.L., Soares A. The impact of Digitalization and Servitization on the Financial Performance of a Firm: An Empirical Analysis. *Production Planning & Control*, 2021, no. 32, iss. 12, pp. 975–989. URL: <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1780508>
3. Kang H.S., Lee J.Y., Choi S. et al. Smart Manufacturing: Past Research, Present Findings, and Future Directions. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 2016, vol. 3, iss. 1, pp. 111–128. URL: <https://doi.org/10.1007/s40684-016-0015-5>
4. Modrak V., Marton D., Bednar S. Modeling and Determining Product Variety for Mass-customized Manufacturing. *Procedia CIRP*, 2014, vol. 23, pp. 258–263. URL: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.10.090>
5. Schwab K. *Chetvertaya promyshlennaya revolyutsiya* [The Fourth Industrial Revolution]. Moscow, Eksmo Publ., 2018, 285 p.
6. Tukkel' I.L., Yashin S.N., Ivanov A.A. [Digital transformation as an important part of innovative development]. *Innovatsii = Innovations*, 2019, no. 3, pp. 45–50. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-transformatsiya-kak-vazhnaya-chast-innovatsionnogo-razvitiya/viewer>
7. Klochko E., Brizhak O. Prospects of Using Virtual Technologies in Modern Corporate Business Systems. In: Popkova E., Ostrovskaya V. (Eds) *Perspectives on the Use of New Information and Communication Technology (ICT) in the Modern Economy*. Cham, Springer, 2017, pp. 308–319. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-90835-9_36
8. Kudryavtseva S.S., Shinkevich M.V., Ostanina S.S. Modeling the Factors Behind Digitalization of the Real Sector of the Economy. In: V. Kumar, J. Rezaei, V. Akberdina, E. Kuzmin (Eds) *Digital Transformation in Industry. Lecture Notes in Information Systems and Organisation*. Cham, Springer, 2021, pp. 67–74. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-73261-5_7
9. Gölzer P., Fritzsche A. Data-driven Operations Management: Organisational Implications of the Digital Transformation in Industrial Practice. *Production Planning & Control*, 2017, vol. 28, iss. 16, pp. 1332–1343. URL: <https://doi.org/10.1080/09537287.2017.1375148>
10. Gráda C.Ó. Did Science Cause the Industrial Revolution? *Journal of Economic Literature*, 2016, vol. 54, no. 1, pp. 224–239. URL: <https://doi.org/10.1257/jel.54.1.224>

11. Lamba K., Singh S.P. Big Data in Operations and Supply Chain Management: Current Trends and Future Perspectives. *Production Planning & Control*, 2017, vol. 28, iss. 11-12, pp. 877–890.
URL: <https://doi.org/10.1080/09537287.2017.1336787>
12. Liravi F., Darleux R., Toyserkani E. Additive Manufacturing of 3D Structures with Non-Newtonian Highly Viscous Fluids: Finite Element Modeling and Experimental Validation. *Additive Manufacturing*, 2017, no. 13, pp. 113–123.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.addma.2016.10.008>
13. Samaranayake P., Laosirihongthong T. Production Planning and Scheduling Using Integrated Data Structures in ERP: Implementation and Numerical Simulation. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 2015, vol. 10, iss. 3, pp. 176–190.
URL: <https://doi.org/10.1080/17509653.2014.939726>
14. Milanovich-Eagleson N., Howes S., Fattahi B. The Role of Soft Skills in a Challenging Environment. *Journal of Petroleum Technology*, 2015, vol. 67, iss. 9, pp. 102–108.
URL: <https://doi.org/10.2118/0915-0102-JPT>
15. Matt D.T., Rauch E. SME 4.0: The Role of Small- and Medium-Sized Enterprises in the Digital Transformation. In: D.T. Matt, V. Modrák, H. Zsifkovits (Eds) *Industry 4.0 for SMEs. Challenges, Opportunities and Requirements*. Cham, Palgrave Macmillan, 2020, pp. 3–36.
URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-25425-4>
16. Safar L., Sopko J., Bednar S., Poklemba R. Concept of SME Business Model for Industry 4.0 Environment. *TEM Journal*, 2018, vol. 7, iss. 3, pp. 626–637.
URL: <https://doi.org/10.18421/TEM73-20>
17. Mezentseva E.S. [Effects of digitalization of industrial small and medium-sized enterprises in Industry 4.0]. *Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika = Regional Economics: Theory and Practice*, 2021, vol. 19, iss. 11, pp. 2086–2106. (In Russ.) URL: <https://doi.org/10.24891/re.19.11.2086>
18. Vorontsovskii A.V. [Digitalization of the economy and its impact on economic development and social welfare]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Ekonomika = St. Petersburg University Journal of Economic Studies*, 2020, vol. 36, iss. 2, pp. 189–216. (In Russ.)
URL: <https://doi.org/10.21638/spbu05.2020.202>

Conflict-of-interest notification

I, the author of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.