



Эмпирический анализ барьеров перехода от этапа пилотного внедрения технологий четвертой промышленной революции к широкому внедрению

П.С. Кузьмин¹¹ АО «Техснабэкспорт» (Москва, Россия)

Аннотация

В текущий момент бизнес-процессы в промышленных компаниях претерпевают существенные изменения под действием трендов четвертой промышленной революции, а темпы и масштаб распространения цифровых технологий значительно ускорились вследствие пандемии коронавируса. Технологическим базисом цифровой трансформации промышленных компаний являются: промышленный интернет вещей, облачные вычисления и блокчейн, сбор больших данных и последующая их аналитика, технологии машинного обучения, цифровые двойники, человеко-машинное взаимодействие, включая виртуальную и дополненную реальности, робототехнику и автоматизацию.

Несмотря на то что технологии четвертой промышленной революции способны трансформировать деятельность предприятий и повышать их эффективность, на сегодняшний день большая часть проектов не переходит от пилотного этапа к широкому внедрению в компании. Целью настоящего исследования является идентификация и оценка основных барьеров, препятствующих успешной реализации проектов внедрения цифровых технологий. На первом этапе исследования на основе обзора отечественной и зарубежной литературы, а также глубинных интервью с экспертами были выявлены и верифицированы группы барьеров, препятствующих внедрению цифровых технологий в промышленных компаниях, а именно: экономические и финансовые, управленческие, компетентностные, нормативно-правовые и технологические барьеры. Также были разработаны анкеты для количественного этапа исследования.

На втором этапе исследования была проведена количественная оценка силы влияния барьеров. Барьерами с наибольшей силой влияния являются нехватка денежных средств, потребность в привлечении большого объема финансирования, а также недостаточная поддержка со стороны руководства организации. К наименее значимым для компаний барьерам по итогам анализа отнесены сложность внедрения новых технологий и необходимость изменения бизнес-модели компании.

В завершение работы разработан перечень предложений по преодолению барьеров перехода от этапа пилотного внедрения технологий четвертой промышленной революции к широкому внедрению.

Ключевые слова: цифровизация, четвертая промышленная революция, промышленные компании.

Для цитирования:

Кузьмин П.С. (2021). Эмпирический анализ барьеров перехода от этапа пилотного внедрения технологий четвертой промышленной революции к широкому внедрению. *Стратегические решения и риск-менеджмент*, 12(2): 157–169. DOI: 10.17747/2618-947X-2021-2-157-169.

Благодарность

Статья подготовлена на основе результатов исследования «Механизмы поддержки проектов в сфере развития цифровых высокотехнологичных направлений», выполненного за счет бюджетных средств по государственному заданию Финансового университета в 2021 году.

An empirical analysis of the barriers of transition from the fourth industrial revolution technologies pilot phase to widespread adoption

P.S. Kuzmin¹¹ TENEX JSC (Moscow, Russia)

Abstract

Nowadays business processes in industrial companies are undergoing significant changes under the influence of the trends of the fourth industrial revolution, and the pace and scale of the spread of digital technologies has significantly accelerated due to the coronavirus pandemic. The technological basis for the digital transformation of industrial companies is the industrial Internet of things, cloud computing and blockchain, the collection of big data and their subsequent analytics, machine learning technologies, digital twins, human-machine interaction, including virtual and augmented reality, robotics and automation.

Even though the technologies of the fourth industrial revolution can transform the activities of enterprises and increase their efficiency, today most of the projects do not move from the pilot stage to widespread implementation in the company. The purpose of this study is to identify and assess the main barriers that impede the successful implementation of digital technology implementation projects.

At the first stage of the study based on a review of domestic and foreign literature, as well as in-depth interviews with experts, groups of barriers were identified and verified that impede the implementation of digital technologies in industrial companies: economic and financial, managerial, competence, regulatory and technological barriers. Also, questionnaires were developed for the quantitative stage of the study.

At the second stage of the study, a quantitative assessment of the strength of the influence of barriers was carried out. The barriers with the greatest influence are lack of funds, the need to attract large amounts of funding, and insufficient support from the organization's management. According to the analysis, the least significant barriers for companies include the complexity of introducing new technologies and the need to change the company's business model.

At the end of the work, a list of proposals was developed to overcome the barriers to the transition from the stage of pilot implementation of technologies of the fourth industrial revolution to widespread implementation.

Keywords: digitalization, fourth industrial revolution, industrial companies.

For citation:

Kuzmin P.S. (2021). An empirical analysis of the barriers of transition from the fourth industrial revolution technologies pilot phase to widespread adoption. *Strategic Decisions and Risk Management*, 12(2): 157-169. DOI: 10.17747/2618-947X-2021-2-157-169. (In Russ.)

Acknowledgements

The article was prepared based on the results of the research "Project support mechanisms in digital high-tech areas development", carried out in 2021 on the Financial University state order at the expenses of budgetary funds.

1. Введение

В настоящее время бизнес-процессы в промышленных компаниях претерпевают кардинальные изменения под действием трендов четвертой промышленной революции, а темпы и масштаб распространения цифровых технологий значительно ускорились вследствие пандемии коронавируса.

В работе [Трачук, Линдер, 2017с] отмечается, что основной индустрии 4.0 являются технологические инновации, часть из которых уже широко распространена и успешно внедряется на предприятиях, в то время как другая часть находится на стадии разработки или пилотного проекта.

Промышленные компании – лидеры цифровой трансформации разрабатывают новые или усовершенствуют текущие способы ведения бизнеса, используя следующие технологии индустрии 4.0:

- промышленный интернет вещей;
- облачные вычисления и блокчейн;
- сбор больших данных и последующую их аналитику;
- технологии машинного обучения;
- цифровые двойники;
- человеко-машинное взаимодействие, включая виртуальную и дополненную реальности, робототехнику и автоматизацию.

Как показывает широкая практика развертывания цифровых технологий, их внедрение будет успешным только в том случае, если создастся положительный экономический эффект относительно способов производства и бизнес-моделей, используемых ранее [Трачук, Линдер, 2017а]. Тем не менее большинству компаний, пытавшихся осуществить цифровую трансформацию в масштабах всего предприятия, не удалось реализовать все возможности для бизнеса, доступные благодаря новым технологиям.

Несмотря на то что технологии четвертой промышленной революции способны существенным образом трансформировать деятельность предприятий и повысить их эффективность, на сегодняшний день большая часть проектов реализуется фрагментарно, не достигая стадии, когда компания получает существенный финансово-экономический эффект.

Согласно исследованию консалтинговой компании KPMG, проведенному на основе анализа российских фирм,

63% опрошенных указывают на наличие у них в компании программы по цифровой трансформации, однако чаще всего речь идет о реализации краткосрочных пилотных проектов. Схожие данные были получены в исследовании, проведенном консалтинговой компанией McKinsey, которое показало, что, несмотря на то что множество компаний осознают необходимость цифровой трансформации, этап перехода от реализации пилотных проектов до масштабирования использования цифровых технологий на уровне всей компании проходят только 30%.

Большинство исследователей проблематики внедрения цифровых технологий сходятся во мнении, что барьеры и факторы, влияющие на успешность внедрения технологий индустрии 4.0, остаются в значительной степени неисследованными и заслуживают дальнейшего изучения.

Таким образом, целью настоящего исследования является идентификация и оценка основных барьеров, препятствующих успешной реализации проектов внедрения цифровых технологий.

2. Идентификация барьеров: качественный этап исследования

Для того чтобы определить барьеры, препятствующие широкому распространению цифровых технологий в российских промышленных компаниях, было проведено исследование, включающее несколько этапов.

На первом этапе был проведен анализ зарубежных и российских источников, включающий статистику по внедрению технологий четвертой промышленной революции, научные публикации по данному направлению, а также отчеты и кейсы по внедрению различных технологий индустрии 4.0, опубликованные консалтинговыми, производственными и исследовательскими организациями.

Так, исследование консалтинговой компании McKinsey, проведенное на основе анализа промышленных предприятий, показало, что только 3 из 17 компаний, рассматриваемых в качестве лидеров цифровой трансформации в Европе, смогли преодолеть этап пилотного проекта и внедрить цифровые технологии по всей цепочке создания ценности¹.

¹ URL: <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/preparing-for-the-next-normal-via-digital-manufacturings-scaling-potential>.

Таблица 1
Классификация потенциальных барьеров внедрения цифровых технологий в промышленных компаниях
Table 1
Classification of potential barriers to digital adoption in industrial companies

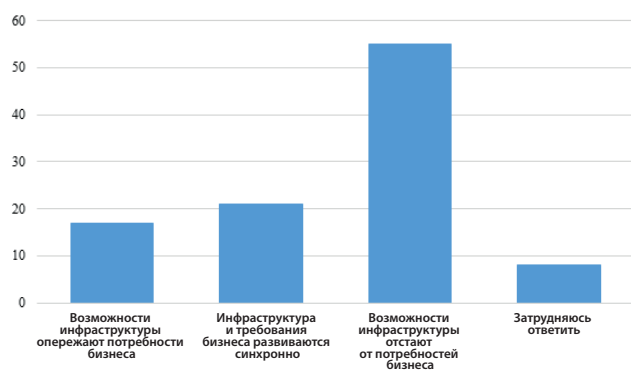
Группа барьеров	Характеристика
Финансово-экономические барьеры	Обусловлены потребностью больших объемов вложений при широком внедрении технологий в условиях значительной неопределенности получения положительного экономического эффекта
Управленческие барьеры	Обусловлены инерционностью и сопротивлением изменениям со стороны как руководства, так и самих сотрудников и, как следствие, отсутствием поддержки при внедрении технологий индустрии 4.0
Компетентностные барьеры	Связаны с низким уровнем квалификации кадров, осуществляющих как внедрение цифровых технологий, так и последующую эксплуатацию. Недостаток информации о цифровом решении снижает эффективность его применения и отталкивает от более широкого внедрения
Правовые барьеры	Обусловлены как перегруженностью и непрозрачностью нормативной правовой базы в сфере цифровизации, так и относительно высокими требованиями к обеспечению кибербезопасности для ряда предприятий и отраслей
Технические барьеры	Обусловлены сложностью внедрения цифровых технологий, невозможностью их тестирования, неготовностью инфраструктуры предприятия к их внедрению. В эту же группу можно отнести барьеры, связанные с недоверием потребителя к надежности технологии, а также низким уровнем технологической зрелости предприятия
Барьеры внедрения	Обусловлены потребностью в кардинальном изменении бизнес-модели компании

Источник: [Налбандян, Ховалова, 2020].

Согласно исследованию одним из основных препятствий широкого применения цифровых технологий в компаниях является устаревшая инфраструктура (оборудование), которая не отвечает требованиям интеграции новых технологий, но все еще используется промышленными компаниями. Устаревшая инфраструктура (оборудование) может стать причиной того, что цифровизация существующих производств рассматривается как более сложная по сравнению с создаваемыми цифровыми заводами или фабриками. Вместе с тем данная проблема актуальна не только для европейских, но и для российских компаний, которые рискуют оказаться неспособными конкурировать с технологически более продвинутыми промышленными предприятиями.

Согласно исследованию KMDA, проведенному в 2020 году среди российских компаний, 55% представителей этих фирм отмечают, что имеющаяся инфраструктура отстает от потребностей бизнеса (рис. 1).

Рис. 1. Сравнение возможностей инфраструктуры и потребностей бизнеса (%)
Fig. 1. Infrastructure capabilities and business needs comparison (%)



Источник: опрос KMDA.

Исследованию барьеров внедрения цифровых технологий в промышленных компаниях посвящено множество работ как в российской, так и зарубежной литературе. В [Налбандян, Ховалова, 2020] приведена классификация потенциальных барьеров на основе обзора отечественных и зарубежных публикаций. Авторы выделяют шесть основных групп барьеров (табл. 1).

В исследовании [Трачук, Линдер, 2017с] барьеры внедрения цифровых технологий предлагается классифицировать как финансовые, знаниевые и рыночные.

В группу финансовых барьеров отнесены нехватка собственного финансового капитала и сложность привлечения предприятием финансов для внедрения технологий четвертой промышленной революции, нехватка свободных денежных средств, а также отсутствие опыта в управлении рисками инвестиционных проектов [Зуев, 2012]. При этом финансовые барьеры оказывают негативное влияние как на этапе инвестирования в перспективные разработки, так и на этапе широкомасштабного внедрения цифровых технологий.

Знаниевые барьеры представлены в виде отсутствия культуры инноваций среди промышленных предприятий, нехватки квалифицированных кадров (сотрудников, способных осуществлять инновационную деятельность, коммерциализировать цифровые технологии, а также управленческого персонала, способного реализовать проекты по внедрению технологий четвертой промышленной революции) [Кузнецова, Рудь, 2011], а также недостаточной защищенности интеллектуальной собственности.

Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации выделяет схожие барьеры развития цифровой экономики России: по результатам опроса, проведенного среди региональных органов исполнительной власти, ключевые барьеры были ранжированы по относительной величине их упоминания (рис. 2).

Одним из важных выводов исследования аналитического центра является факт схожести барьеров для большей части территорий РФ, хотя уровень цифровизации Центрального региона и крупных городов в целом выше средних показателей по РФ.

Нетворкинг-платформа Digital Leader² при поддержке PwC, IDC и КРОК выявила аналогичный набор барьеров и приводит балльную оценку степени влияния перечисленных барьеров как в настоящий момент, так и на горизонте планирования 5–10 лет (рис. 3).

Большинство исследователей сходятся на том, что самым значимым барьером является недостаток квалифицированных кадров. Цифровая трансформация затрагивает как технологическую, так и организационную структуру компании, и для грамотного ее осуществления нужна команда, способная быстро меняться и приобретать навыки, необходимые для работы с инновационными решениями. По данным Accenture, в настоящий момент порядка 15% персонала, занимающего руководящие должности, не обладает навыками внедрения технологий индустрии 4.0.

Более того, менеджмент организации часто не может обеспечить оптимальный темп внедрения новых технологий. Необоснованно быстрый темп может задействовать слишком много ресурсов компании и снизить эффективность цифрового перехода, в то время как слишком медленный – подавить заинтересованность в переходе [Цифровые технологии..., 2019].

Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации отмечает, что помимо нехватки квалифицированных кадров существует недостаток образовательных программ и курсов повышения квалификации, отсутствует перечень цифровых компетенций. Как и в исследовании Accenture, акцент делается на недостатке именно руководящих и аналитических компетенций [Барьеры в развитии..., 2019]. Также в исследовании отмечается нехватка абитуриентов, обучающихся по высокотехнологичным и цифровым специальностям в регионах России, постепенный отток уже состоявшихся специалистов. Помимо кадров, работающих в сфере цифровой экономики, эти тенденции затрагивают и специалистов в сфере информационной безопасности.

Вследствие недостатка кадров большинство российских компаний не может успешно совершить цифровой переход, и эффективное внедрение технологий четвертой промышленной революции реализуют крупные компании, такие как ГК «Росатом», ПАО «Россети», АО «АЛРОСА», АО «РУСАЛ» и ряд других компаний топливно-энергетического комплекса и металлургии [Ismagilova et al., 2017].

Следующим барьером, отмечаемым во многих исследованиях, является управленческий [Голикова и др., 2012]. Как отмечалось ранее, помимо недостатка цифровых компетенций многие руководители не обладают достаточными навыками для внедрения цифровых инноваций [Гохберг и др., 2010].

Зачастую развертывание цифровых систем встречает сопротивление со стороны статичной организационной культуры компании [Казанцев, Логачева, 2014]. Сотрудники стремятся избегать кардинальных изменений в устоявшемся укладе их работы [The intelligent enterprise..., 2019]. По данным шведской компании IFS AB, специализирующейся на внедрении ERP-систем, таких сотрудников в организациях порядка 42%.

Согласно исследованию аналитического центра НАФИ [Пандемия и переход компаний..., 2020] одним из наиболее значимых ограничений являются бюджетные ограничения. Особенно критичен этот вопрос для региональных предприятий и субъектов малого и среднего предпринимательства, не обладающих достаточным объемом средств на приобретение аппаратного и программного обеспечения [Arnold et al., 2016]. Таким образом, приоритет во внедрении получают технологии, использование которых сопряжено с меньшими вложениями [Geissbauer et al., 2014].

К удорожанию внедрения цифровых решений также приводит устаревшая инфраструктура предприятий [Митяева, Заводилов, 2019], что может быть еще более затруднено большим разнообразием и отсутствием взаимной интегрируемости предлагаемых технологий.

Рис. 3. Основные барьеры внедрения технологий индустрии 4.0 и их балльная оценка по версии Digital Leader
Fig. 3. The main barriers to the adoption of industry 4.0 technologies and their score according to the Digital Leader version

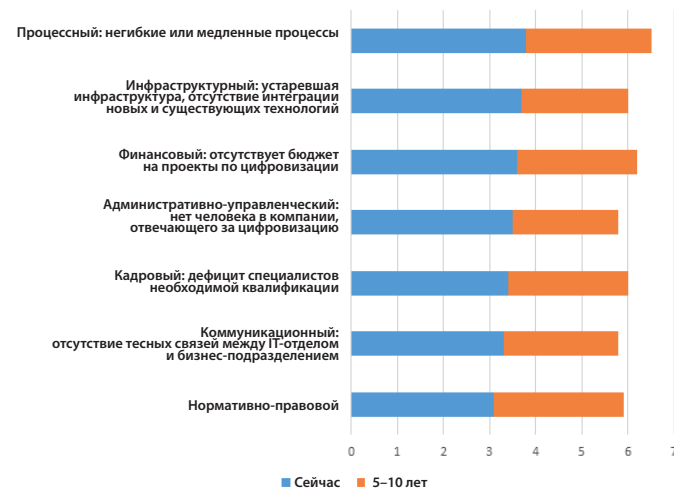
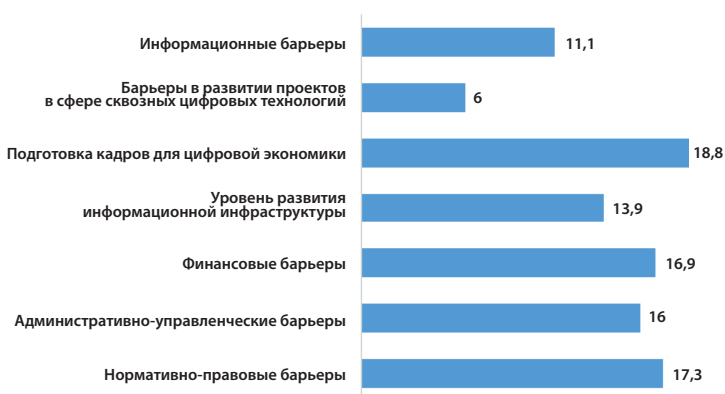


Рис. 2. Основные барьеры внедрения технологий индустрии 4.0
(% от общего числа ответов)

Fig. 2. The main barriers to the introduction of industry 4.0 technologies
(% of the total number of responses)



2 URL: <https://www.pwc.ru/publications/collection/tehnologii-2030.pdf>.

Следующая группа барьеров связана с нормативно-правовыми аспектами и особенностями государственного регулирования, она включает в себя несколько основных направлений.

Отсутствие нормативных правовых актов, определяющих целевое представление цифровизации государственных и муниципальных услуг. Ряд технологий, являющихся существенными для развития цифровой экономики, не находят отражения в нормативных правовых актах, например блокчейн или беспилотные пассажирские и грузовые автомобили, беспилотные летательные аппараты и т. п. В других случаях отсутствие требований к информационным системам препятствует разработке технических заданий для их внедрения, например в сфере медицины.

Недостаток стандартов как для самих цифровых технологий, так и для направлений их развития [Kamble et al., 2018]. Для широкого применения цифровых решений неоспоримую роль играет стандартизация, так как именно она может позволить широко масштабировать технологии и повысить уровень их интероперабельности [The Internet of things..., 2016].

Необходимо отметить, что темпы принятия стандартов существенно отстают от темпов развития цифровых технологий не только в России, но и во всем мире, что существенно замедляет проникновение технологий индустрии 4.0 в различные сектора, а также сферы медицины и образования [Барьеры в развитии..., 2019].

Недоработанность нормативного правового регулирования персональных данных и кибербезопасности. Несовершенство законодательства в сфере защиты персональных данных замедляет цифровизацию государственных и муниципальных услуг и в некоторых случаях препятствует широкому применению технологий обработки больших данных и искусственного интеллекта. Этот риск в первую очередь ассоциируется с несанкционированным доступом к данным пользователей и управляющим системам и является одной из самых значимых угроз, сопряженных с внедрением киберфизических систем [Трачук, Линдер, 2018]. Системы безопасности должны развиваться в темпе развития цифровых технологий, так как по мере проникновения цифровизации во все сферы жизнедеятельности под угрозами кибератак могут оказаться личные данные, работоспособность производств, системы энергоснабжения, городского транспорта и военно-промышленного комплекса.

Для корпораций и их клиентов недопустимым является риск потери денежных средств, распространения конфиденциальных корпоративных данных [Голикова и др., 2012]. Более того, распространение конфиденциальных данных по цепочке создания стоимости повышает риски мошенничества и репутационного урона для компаний [Haddud et al., 2017].

Эта угроза приводит к тому, что компании принимают решения внедрять более простые и понятные технологии, которые ассоциируются с меньшими рисками последующего использования и меньшей сложностью. Такая тенденция негативно сказывается на развитии технологически сложных цифровых решений.

В некоторых случаях ряд крупных инновационных и финансово устойчивых компаний не способен оперативно внедрять цифровые технологии вследствие высокого уровня потенциальных последствий от реализации риска кибератак

[Buer et al., 2018]. В частности, компании, проходящие международную сертификацию по таким стандартам систем менеджмента, как ИСО 27000 «Информационные технологии. Методы обеспечения безопасности. Менеджмент информационной безопасности...» или ИСО 28000 «Технические условия для систем менеджмента безопасности цепи поставок», вынуждены обеспечивать высокий уровень безопасности внедряемых цифровых решений или же отказаться от цифрового продукта, защищенность которого вызывает сомнения.

Отсутствие возможности заключения концессионного соглашения в области информационных технологий на уровне муниципалитетов препятствует реализации программ государственно-частного партнерства в сфере цифровых технологий в ряде регионов РФ.

Необходимость актуализации закона о контрактной системе. В настоящее время двумя основными законами, регламентирующими сферу закупок, являются Федеральный закон от 18.07.2011 № 223-ФЗ «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц» и Федеральный закон от 05.04.2013 № 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд». Эти законы существенно влияют на деятельность организаций в сфере закупок. Однако их специфика приводит к сдерживанию развертывания цифровых технологий и не позволяет части технологий четвертой промышленной революции реализовать свой полный потенциал [Кузьмин, 2020; Плещенко, 2020].

Следующим значимым барьером является *отсутствие согласования внедряемой технологии с бизнес-целями организации.* В случае если у руководства компании имеются свои планы относительно внедряемых цифровых решений и при этом они не согласуются со стратегическими целями компании, такой цифровой переход может привести к снижению экономических показателей компании.

Более того, неудачный опыт цифровизации вследствие несогласованности целей может привести к сокращению финансирования IT-отдела, закрытию программ цифровой трансформации и увольнению части сотрудников.

Технические барьеры, обусловленные сложностью внедрения цифровых технологий, невозможностью их тестирования, неготовностью инфраструктуры предприятия к их внедрению, также могут привести к замедлению цифрового перехода на предприятии [Цифровые технологии..., 2019].

При разработке гибкой интеллектуальной системы, способной быстро меняться согласно новым требованиям и задачам, можно столкнуться со сложностью взаимной интеграции различных элементов системы между собой, что является следствием недостатка стандартизации элементов интеллектуальных систем [Kamble et al., 2018].

Таким образом, в результате проведенного обзора литературы можно выделить барьеры, препятствующие широкому внедрению технологий четвертой промышленной революции. К ним относятся: недостаток финансирования, отсутствие инициативы со стороны руководства, сопротивление изменениям со стороны сотрудников, недостаток квалифицированных кадров, недостаток стандартизации и взаимной интегрируемости технологий, излишне быстрым

или чрезмерно медленный темп внедрения технологий, несогласованность стратегии цифровизации со стратегией компании, недоработанность нормативной правовой базы, риски со стороны недостаточного обеспечения кибербезопасности, а также технологические барьеры неготовности инфраструктуры предприятия к внедрению цифровых технологий. Выделенные в ходе анализа литературы барьеры можно классифицировать, выделив несколько основных групп, как представлено в табл. 2.

На следующем этапе исследования с целью верификации и дополнения ранее выявленных барьеров, препятствующих переходу от реализации пилотных проектов к широкомасштабному внедрению цифровых технологий в деятельность компании, были проведены глубинные интервью с представителями как промышленных, так и консалтинговых компаний, оказывающих услуги по консультированию предприя-

тий различных отраслей, в том числе по вопросам внедрения цифровых технологий. В качестве респондентов в исследовании приняли участие представители АО «НПК “Крип-тен”», АО «Сибур», АО «КПМГ», Accenture, госкорпорации «Росатом».

При формировании выборки в качестве респондентов были приглашены представители компаний, которые отвечают одному или нескольким из следующих критериев:

- занимает руководящую должность в рамках отдела, в котором проводилась реализация проекта по внедрению цифровых технологий, или является руководителем такого проекта;
- имеет непосредственное отношение к сфере развития цифровых технологий;
- осуществляет разработку технологий четвертой промышленной революции.

Таблица 2
Барьеры, препятствующие внедрению цифровых технологий в промышленных компаниях
Table 2
Barriers of digital technologies adoption in industrial companies

Группа барьеров	Барьер	Исследования
Экономические/финансовые	Потребность в привлечении большего объема инвестиций	[Теплых, 2015; Arnold et al., 2016; Трачук, Линдер, 2017b; Барьеры в развитии..., 2019; Комарова, 2019; Налбандян, Ховалова, 2020]
	Нехватка свободных денежных средств	[Зуев, 2012; Arnold et al., 2016; Трачук, Линдер, 2017b; Налбандян, Ховалова, 2020; Пандемия и переход компаний..., 2020]
Управленческие	Недостаточная поддержка со стороны руководства предприятием	[Гохберг и др., 2010; Голикова и др., 2012; Трачук, Линдер, 2017b; Ismagilova et al., 2017; Барьеры в развитии..., 2019; Налбандян, Ховалова, 2020]
	Необходимость изменения бизнес-модели компании	[Цифровые технологии..., 2019; Налбандян, Ховалова, 2020]
	Несогласованность внедряемых цифровых технологий со стратегическими целями компании	[De Boer et al., 2020]
Компетентностные	Недостаток квалифицированного персонала, способного внедрить/использовать цифровые технологии	[Гохберг и др., 2010; Голикова и др., 2012; Трачук, Линдер, 2017b; Ismagilova et al., 2017; Барьеры в развитии..., 2019; Налбандян, Ховалова, 2020]
	Сопrotивление со стороны статичной организационной культуры компании	[Казанцев, Логачева, 2014; Трачук, Линдер, 2017b; Ismagilova et al., 2017; The intelligent enterprise..., 2019]
	Недостаточное обеспечение кибербезопасности	[Голикова и др., 2012; Industry 4.0 after..., 2016; Haddud et al., 2017; Трачук, Линдер, 2018; Buer et al., 2018]
Нормативно-правовые	Недостаток стандартов для цифровых технологий и направлений их развития	[Kamble et al., 2018; Барьеры в развитии..., 2019; Налбандян, Ховалова, 2020]
	Недоработанность нормативного правового регулирования персональных данных и кибербезопасности	[Цифровое десятилетие..., 2017; Налбандян, Ховалова, 2020] ¹
	Необходимость актуализации законов о контрактной системе и закупках	[Кузьмин, 2020; Плещенко, 2020]
Технологические	Сложность внедрения цифровых технологий	[Цифровые технологии..., 2019; Налбандян, Ховалова, 2020]
	Неготовность инфраструктуры предприятия к внедрению цифровых технологий	[Митяева, Заводио, 2019; Цифровые технологии..., 2019; Налбандян, Ховалова, 2020] ¹

¹ Также: <https://www.pwc.ru/publications/collection/tehnologii-2030.pdf>.

Источник: составлено автором.

Таблица 3
Анализ барьеров: вопросы анкеты, коэффициенты надежности (альфа Кронбаха)
Table 3
Barrier analysis: questionnaire questions, reliability factors (Cronbach's alpha)

Барьер	Обозначение	Измерение	Альфа Кронбаха
Потребность в привлечении большего объема инвестиций	FIN_{11}	Наша компания испытывает сложности с привлечением инвестиций, необходимых для масштабирования пилотных проектов на уровне всей организации	0,82
	FIN_{12}	Масштабирование новых технологий в несколько раз может превышать ожидаемые объемы инвестиций, поэтому мы откладываем/отказываемся от их внедрения	
Нехватка свободных денежных средств	FIN_{21}	Собственных средств нашей организации недостаточно для финансирования масштабного внедрения новых технологий	0,75
	FIN_{22}	Обоснованность инвестиций в цифровые технологии сложно доказать, поэтому инвестиции могут быть направлены на другие направления	
Недостаточная поддержка со стороны руководства предприятием	UPR_{11}	Менеджмент нашей компании имеет слабую мотивацию к внедрению новых технологий	0,71
	UPR_{12}	Менеджмент организации чрезмерно загружен операционной деятельностью	
Необходимость изменения бизнес-модели компании	UPR_{21}	Цифровые технологии изменяют бизнес-модель компании, что связано с высокими рисками	0,94
	UPR_{22}	Для осуществления трансформации бизнес-модели нашей компании необходимо привлечение дополнительных материальных и человеческих ресурсов	
Несо согласованность внедряемых цифровых технологий со стратегическими целями компании	UPR_{31}	Фокус на технологию саму по себе, а не как на средство для достижения стратегических целей	0,88
	UPR_{32}	Внедряемые новые технологии направлены на решение точечных текущих задач, а не на достижение стратегических целей компании	
Недостаток квалифицированного персонала, способного внедрить/использовать цифровые технологии	$COMP_{11}$	В нашей компании недостаточно сотрудников, которые могут использовать новые технологии, даже если они будут внедрены	0,75
	$COMP_{12}$	Менеджмент организации не обладает достаточными знаниями для управления масштабными проектами по внедрению цифровых технологий	
Сопротивление со стороны статичной организационной культуры компании	$COMP_{21}$	Сотрудники опасаются утраты рабочих мест вследствие внедрения цифровых технологий	0,93
	$COMP_{22}$	Сотрудники не хотят изменять привычный алгоритм работы, поэтому оказывают сопротивление изменениям	
Недостаточное обеспечение кибербезопасности	$COMP_{31}$	В нашей компании отсутствует методика оценки рисков, которые возникают в результате внедрения цифровых технологий	0,86
	$COMP_{32}$	В нашей компании нет достаточных финансовых средств для обеспечения кибербезопасности	
Недостаток стандартов для цифровых технологий и направлений их развития	NPA_{11}	Компания не вовлекается в национальные программы в части разработки отечественных цифровых технологий и стандартов	0,87
	NPA_{12}	Наша компания сталкивается с трудностями во внедрении цифровых технологий вследствие сложности их взаимной интеграции	
Недоработанность нормативного правового регулирования персональных данных и кибербезопасности	NPA_{21}	Затраты на исполнение требований всех нормативно-правовых актов (НПА) могут превысить положительный эффект от внедрения новых технологий	0,79
	NPA_{22}	Недоработанность НПА в области кибербезопасности и постоянные изменения в них отвлекают значительное количество ресурсов на переработку внутренней системы защиты информации	
Необходимость актуализации законов о контрактной системе и закупках	NPA_{31}	Наша компания испытывает сложности с поиском российских поставщиков необходимых цифровых технологий для соблюдения требований по импортозамещению	0,92
	NPA_{32}	Выбор поставщиков технологий нашей компании ограничивается конкурсными процедурами, определенными в законодательстве	
Сложность внедрения цифровых технологий	$TECH_{11}$	В связи со сложностью внедрения новых технологий и их комплексным характером нашей компании необходимо привлечение дополнительных материальных и человеческих ресурсов	0,81
	$TECH_{12}$	Результаты пилотного проекта показывают, что некоторые технологии требуют чрезмерного количества ресурсов для поддержки их функционирования	
Неготовность инфраструктуры предприятия к внедрению цифровых технологий	$TECH_{21}$	В рамках текущей инфраструктуры предприятия отсутствует возможность внедрения цифровых технологий	0,76
	$TECH_{22}$	Внедрение новых технологий потребует замены части уже используемого оборудования, к чему наша компания не готова	

Источник: составлено автором.

Online-версия журнала www.jsdrm.ru

По результатам проведенных интервью были подтверждены и актуализированы барьеры, выявленные ранее. Также полученные в ходе интервьюирования материалы послужили дополнительным обоснованием анкеты, разработанной для количественной оценки барьеров, влияющих на принятие цифровых технологий.

3. Оценка силы влияния барьеров: количественный этап исследования

Для дальнейшего исследования барьеров перехода от реализации пилотных проектов цифровых технологий к их тиражированию был проведен анализ с целью выявления силы влияния барьеров. В рамках этого этапа была подготовлена анкета, в которой респондентам предлагалось оценить степень своего согласия с предложенными утверждениями, приведенными в табл. 3, в соответствии с 7-балльной шкалой Лайкерта, где 1 – «совершенно не согласен с утверждением», 7 – «полностью согласен с утверждением».

С целью построения регрессионной модели и количественной оценки силы влияния барьеров анкета была разослана 405 промышленным компаниям, ответ получен от 173, отклик составил 42,7%. Характеристика выборки представлена в табл. 4.

На начальном этапе количественного анализа были рассчитаны коэффициенты надежности (альфа Кронбаха) для исследуемых барьеров, оцениваемых несколькими вопросами при помощи 7-балльных шкал Лайкерта. Полученные альфы Кронбаха соответствуют требованию к минимальному уровню надежности для полевого исследования, равному 0,65.

На следующем этапе был выполнен факторный анализ при помощи метода главных компонент для 26 вопросов, описывающих 13 барьеров для 6 групп барьеров. Результаты проведенного факторного анализа были применены в ре-

грессионной модели, призванной оценить степень влияния барьеров перехода от этапа пилотного внедрения технологий четвертой промышленной революции к широкому внедрению:

$$Y_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^2 \beta_j \cdot FIN_{ji} + \sum_{j=1}^3 \beta_{j+2} \cdot UPR_{ji} + \sum_{j=1}^3 \beta_{j+5} \cdot COMP_{ji} + \sum_{j=1}^3 \beta_j + 8 \cdot NPA_{ji} + \sum_{j=1}^2 \beta_{j+11} \cdot TECH_{ji} + \varepsilon_i. \quad (1)$$

Список переменных, использованных в регрессионной модели, представлен в табл. 5.

Регрессионный анализ позволил выявить степень влияния различных барьеров перехода от этапа пилотного внедрения технологий индустрии 4.0 к их широкому применению. Результаты анализа представлены в табл. 6.

Таким образом, проведенный анализ показал, что к барьерам, в наибольшей степени препятствующим переходу от реализации пилотных проектов к масштабному внедрению цифровых технологий на предприятиях, можно отнести нехватку денежных средств (коэффициент значимости – 0,631), потребность в привлечении большого объема инвестиций (коэффициент значимости – 0,552), недостаточная поддержка со стороны руководства предприятия (коэффициент значимости – 0,478). К наименее значимым для компаний барьерам по итогам анализа отнесены сложность внедрения новых технологий (коэффициент значимости – 0,098), а также необходимость изменения бизнес-модели компании (коэффициент значимости – 0,061).

4. Предложения по преодолению барьеров внедрения цифровых технологий

На основании выделенных барьеров, а также анализа проведенных интервью экспертов и результатов опросов промышленных компаний были сформулированы предложения по преодолению барьеров перехода от реализации пилотных проектов цифровых технологий к их тиражированию.

1. На результативность и успешность реализации проектов внедрения цифровых технологий положительное влияние может оказать наличие разработанного бизнес-кейса, отражающего цели и результаты внедрения, требуемый объем средств, а также прогнозируемый эффект с точки зрения экономической составляющей.
2. Широкомасштабное внедрение технологий индустрии 4.0 требует значительных затрат. Таким образом, фактором успешности внедрения может стать наличие достаточного количества свободных средств организации или возможность привлечения дополнительного финансирования.
3. Для успешной цифровой трансформации руководством организации должна осуществляться поддержка с целью взаимной увязки текущих процессов, кадровых ресурсов и внедряемых технологий.
4. Фактором успешности может стать детальная проработка плана или дорожной карты по внедрению технологий. С целью обеспечения непротиворечивости и скоординированности отдельных внедряемых технологий, а также избежания распыления ресурсов не-

Таблица 4
Характеристики выборки
Table 4
Sample characteristics

Характеристики компаний выборки	Число компаний	%
Срок жизни компании (лет)	Менее 5 года	19
	5–10 лет	55
	Более 10 лет	99
Среднесписочная численность работников (чел.)	500–1000	12
	1001–5000	71
	Более 5000	90
Выручка за год от реализации (без НДС) (млн руб.)	Не более 50	21
	50–500	57
	Свыше 500 млн	95

Источник: составлено автором.

Таблица 5
Описание переменных
Table 5
Description of variables

Группа барьеров	Обозначение переменной	Описание переменной
—	Y_i	Показатель перехода от этапа пилотного внедрения технологии к широкому применению (бинарная переменная, где 0 – переход к широкому применению произошел, 1 – не произошел)
Экономические/финансовые	FIN_{1i}	Потребность в привлечении большего объема инвестиций
	FIN_{2i}	Нехватка свободных денежных средств
Управленческие	UPR_{1i}	Недостаточная поддержка со стороны руководства предприятием
	UPR_{2i}	Необходимость изменения бизнес-модели компании
	UPR_{3i}	Несо согласованность внедряемых цифровых технологий со стратегическими целями компании
Компетентностные	$COMP_{1i}$	Недостаток квалифицированного персонала, способного внедрить/использовать цифровые технологии
	$COMP_{2i}$	Сопrotивление со стороны статичной организационной культуры компании
	$COMP_{3i}$	Недостаточное обеспечение кибербезопасности
Нормативно-правовые	NPA_{1i}	Недостаток стандартов для цифровых технологий и направлений их развития
	NPA_{2i}	Недоработанность нормативного правового регулирования персональных данных и кибербезопасности
	NPA_{3i}	Необходимость актуализации законов о контрактной системе и закупках
Технологические	$TECH_{1i}$	Сложность внедрения цифровых технологий
	$TECH_{2i}$	Неготовность инфраструктуры предприятия к внедрению цифровых технологий

Источник: составлено автором.

обходимо разработать интегральный план внедрения с привязкой к стратегическим целям компании.

- Сопrotивление изменениям со стороны сотрудников организации оказывает значимое влияние на успешность внедрения технологий индустрии 4.0, в связи с чем для преодоления этого барьера рекомендуется реализовать в организации на всех уровнях культуру поддержки использования современных цифровых технологий.
- С целью успешного внедрения технологий и их дальнейшего эффективного использования необходимо сформировать у сотрудников организации высокий уровень цифровых компетенций, поскольку на эффективность оказывают влияние скорость и качество анализа и управления большими данными, а также качество применения в организации средств информационной безопасности.
- Немаловажным фактором успеха является инфраструктурная зрелость организации. Для внедрения технологий индустрии 4.0 может потребоваться внесение изменений в инфраструктуру организации с целью повышения уровня технической готовности к широкомасштабному применению технологий.
- Минимизировать влияние нормативно-правовых барьеров могут обратная связь и активное участие про-

мышленных компаний в формировании нормативно-правовой базы и стандартов в сфере цифровых технологий.

Таким образом, комплексная проработка промышленными компаниями барьеров перехода от этапа пилотного внедрения технологий четвертой промышленной революции к широкому внедрению способна ускорить распространение технологий индустрии 4.0, а также повысить уровень успешности внедрения и эффективность последующего применения данных технологий.

5. Заключение и выводы

В работе представлены результаты качественной и количественной оценки барьеров перехода от этапа пилотного внедрения технологий четвертой промышленной революции к их широкому внедрению.

Обзор отечественной и зарубежной литературы позволил выявить группы барьеров, препятствующих внедрению цифровых технологий в промышленных компаниях, а именно: экономические и финансовые, управленческие, компетентностные, нормативно-правовые и технологические. Глубинные интервью с представителями как промышленных, так и консалтинговых компаний, оказывающих услуги по кон-

сультуированию предприятий различных отраслей, в том числе по вопросам внедрения цифровых технологий, позволили верифицировать и дополнить перечень ранее выявленных барьеров.

На следующем этапе исследования была проведена количественная оценка силы влияния барьеров перехода от этапа пилотного внедрения технологий четвертой промышленной революции к их широкому внедрению. Барьерами с наибольшей силой влияния являются нехватка денежных средств, потребность в привлечении большого объема финансирования, а также недостаточная поддержка со стороны руко-

водства организации. К наименее значимым для компаний барьерам по итогам анализа отнесены сложность внедрения новых технологий и необходимость изменения бизнес-модели компании.

С целью достижения высокого показателя успешности внедрения технологий индустрии 4.0, а также их дальнейшего эффективного использования разработан перечень предложений по преодолению барьеров перехода от этапа пилотного внедрения технологий четвертой промышленной революции к их широкому внедрению.

Таблица 6
Сила влияния барьеров перехода от этапа пилотного внедрения технологий индустрии 4.0 к широкому применению
Table 6
The power of the barriers of transition from the pilot phase of Industry 4.0 technologies to widespread use

Независимые показатели	Нестандартизированные коэффициенты	Стандартизированные коэффициенты
Константа (β_0)	0,201 (0,019)	
<i>Экономические/финансовые барьеры</i>		
Потребность в привлечении большего объема инвестиций FIN_{1i}	0,552*** (0,125)	0,561***
Нехватка свободных денежных средств FIN_{2i}	0,631*** (0,101)	0,640*
<i>Управленческие барьеры</i>		
Недостаточная поддержка со стороны руководства предприятия UPR_{1i}	0,478** (0,073)	0,491***
Необходимость изменения бизнес-модели компании UPR_{2i}	0,061** (0,014)	0,065***
Несогласованность внедряемых цифровых технологий со стратегическими целями компании UPR_{3i}	0,148** (0,031)	0,159***
<i>Компетентностные барьеры</i>		
Недостаток квалифицированного персонала, способного внедрить/использовать цифровые технологии $COMP_{1i}$	0,317** (0,091)	0,323**
Сопротивление со стороны статичной организационной культуры компании $COMP_{2i}$	0,231*** (0,037)	0,242***
Недостаточное обеспечение кибербезопасности $COMP_{3i}$	0,198** (0,025)	0,205***
<i>Нормативно-правовые барьеры</i>		
Недостаток стандартов для цифровых технологий и направлений их развития NPA_{1i}	0,167** (0,064)	0,176**
Недоработанность нормативно-правового регулирования персональных данных и кибербезопасности NPA_{2i}	0,078** (0,016)	0,095*
Необходимость актуализации законов о контрактной системе и закупках NPA_{3i}	0,108*** (0,033)	0,123***
<i>Технологические барьеры</i>		
Сложность внедрения цифровых технологий $TECH_{1i}$	0,098** (0,013)	0,101***
Неготовность инфраструктуры предприятия к внедрению цифровых технологий $TECH_{2i}$	0,246** (0,068)	0,255***
Скорректированный R^2	0,721	
Количество наблюдений	173	

Примечание. * – $p < 0,10$; ** – $p < 0,05$; *** – $p < 0,01$. В скобках даны стандартные ошибки.

Источник: составлено автором.

Литература

1. Барьеры в развитии цифровой экономики в субъектах Российской Федерации: Аналитический доклад (2019). М.: Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации.
2. Голикова В.В., Гончар К.Р., Кузнецов Б.В. (2012). Влияние экспортной деятельности на технологические и управленческие инновации российских фирм. *Российский журнал менеджмента*, 1(10): 3–28. ISSN 1729-7427.
3. Гохберг Л.М., Кузнецова Т.Е., Рудь В.А. (2010). Анализ инновационных режимов в российской экономике: методологические подходы и первые. *Форсайт*, 3(4): 18–30. ISSN 1995- 459X.
4. Зуев В.Е. (2012). К вопросу о факторах и финансовых инновациях, определяющих эффективность производственной деятельности. *Финансы и кредит*, 10(490): 12–19. ISSN 2071-4688.
5. Казанцев А.К., Логачева А.В. (2014). Инновационные способности российских компаний: измерение и управление развитием. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 8: Менеджмент*. 4: 3–26. ISSN 2304-022X.
6. Комарова В.В. (2019). Актуальные проблемы внедрения цифровых технологий в промышленность России. *Креативная экономика*, 13(6): 1107–1116. DOI: 10.18334/ce.13.6.40782.
7. Кузнецова Т.Е., Рудь В.А. (2011). Факторы эффективности и мотивы инновационной деятельности российских промышленных предприятий. *Форсайт*, 2(5): 34–47. ISSN 1995-459X.
8. Кузьмин П.С. (2020). Закупочная деятельность субъектов малого и среднего предпринимательства в рамках закона № 223-ФЗ: рекомендации по стимулированию на основе цифровых платформ. *РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция*, 4: 98–103.
9. Митяева Н.В., Заводилов О.В. (2019). Барьеры цифровой трансформации и пути их преодоления. *Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета*, 3(77). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bariery-tsifrovoy-transformatsii-i-puti-ih-preodoleniya>.
10. Налбандян Г.Г., Ховалова Т.В. (2020). Выявление барьеров использования субъектами МСП цифровых платформ и разработка предложений по их преодолению. *РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция*, 4: 104–108.
11. Пандемия и переход компаний на «удаленку». *Индекс цифровизации малого и среднего бизнеса* (2020). Совместное исследование НАФИ, Банка «Открытие» и Московской школы управления «Сколково». URL: <https://nafi.ru/analytics/pandemiya-i-perekhod-kompaniy-na-udalenu-indeks-tsifrovizatsii-malogo-i-srednego-biznesa/>.
12. Плещенко В.И. (2020). Цифровые закупки производственных компаний в рамках закона № 223-ФЗ: тенденции развития и проблемы регулирования. *Менеджмент качества*, 1: 46–53. URL: <https://grebennikon.ru/article-q8w2.html>.
13. Теплых Г.В. (2015). Драйверы инновационной активности промышленных компаний в России. *Прикладная эконометрика*, 38(2): 83–110. ISSN 1993-7601.
14. Трачук А.В., Линдер Н.В. (2017а). Инновации и производительность российских промышленных компаний. *Инновации*, 4(222): 53–65.
15. Трачук А.В., Линдер Н.В. (2017б). Инновации и производительность: эмпирическое исследование факторов, препятствующих росту методом продольного анализа. *Управленческие науки*, 3(7): 43–58. ISSN 2304-022X.
16. Трачук А.В., Линдер Н.В. (2017с). Распространение инструментов электронного бизнеса в России: результаты эмпирического исследования. *Российский журнал менеджмента*, 15(1): 27–50.
17. Трачук А.В., Линдер Н.В. (2018). Четвертая промышленная революция: как влияет интернет вещей на взаимодействие промышленных компаний с партнерами? *Стратегические решения и риск-менеджмент*, 3: 16–29.
18. *Цифровое десятилетие: в ногу со временем* (2017). Всемирное исследование Digital IQ за 2017 год: десятое, юбилейное издание. URL: <https://www.pwc.ru/publications/global-digital-iq-survey-rus>.
19. *Цифровые технологии в российских компаниях* (2019). KPMG. URL: <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/ru/pdf/2019/01/ru-digital-technologies-in-russian-companies.pdf>.
20. Arnold C., Kiel D., Voigt K.I. (2016). How the industrial Internet of things changes business models. *International Journal of Innovation Management*, 20(8): 1640015.
21. Buer S.V., Strandhagen. J.O., Chan F.T. (2018). The link between Industry 4.0 and lean manufacturing: Mapping current research and establishing a research agenda. *International Journal of Production Research*, 56(8): 2924–2940.
22. De Boer E., Fritzen S., Khanam R., Lefort F. (2020). *Preparing for the next normal via digital manufacturing's scaling potential*. McKinsey. URL: <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/preparing-for-the-next-normal-via-digital-manufacturings-scaling-potential>.
23. Geissbauer R., Schrauf S., Koch V., Kuge S. (2014). Industrie 4.0 – Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution. *PricewaterhouseCoopers (PWC)*, 227: 13.
24. Haddud A., DeSouza A., Kliare A., Lee H. (2017). Examining potential benefits and challenges associated with the Internet of things integration in supply chains. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 28(8): 1055–1085.
25. Ismagilova L.A., Gileva T.A., Galimova M.P., Glukhov V.V. (2017). *Digital business model and smart economy sectoral development trajectories*. Lecture Notes in Computer Science, 10531 LNCS: 13–28. DOI 10.1007/978-3-319-67380-6_2.
26. Kamble S.S., Gunasekaran A., Sharma R. (2018). Analysis of the driving and dependence power of barriers to adopt Industry 4.0 in Indian manufacturing industry. *Computers in Industry*, 101: 107–119.

27. *Industry 4.0 after the initial hype. Where manufacturers are finding value and how they can best capture it* (2016). McKinsey Digital. McKinsey & Company. URL: https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/business%20functions/mckinsey%20digital/our%20insights/getting%20the%20most%20out%20of%20industry%204%200/mckinsey_industry_40_2016.ashx.
28. *The intelligent enterprise index, zebra technologies* (2019). URL: https://www.zebra.com/content/dam/zebra_new_ia/en-us/campaigns/brand-campaign/harvard-symposium/how-intelligent-enterprise-survey-index-en-us.pdf.
29. *The Internet of things and the new industrial revolution* (2016). Morgan Stanley. URL: <https://www.morganstanley.com/ideas/industrial-internet-of-things-and-automation-robotics>.

References

1. *Barriers of the development of the digital economy in the constituent entities of the Russian Federation: Analytical report* (2019). Moscow, Analytical Center for the Government of the Russian Federation. (In Russ.)
2. Golikova V.V., Gonchar K.R., Kuznetsov B.V. (2012). Impact of exports on technological and management innovations of the firm. *Russian Management Journal*, 1(10): 3-28. ISSN 1729-7427. (In Russ.)
3. Gohberg L.M., Kuznetsova T.E., Rud V.A. (2010). Analysis of innovation modes in the Russian economy: Methodological approaches and first results. *Foresight-Russia*, 3(4): 18-30. ISSN 1995-459X. (In Russ.)
4. Zuev V.E. (2012). On the issue of factors and financial innovations that determine the effectiveness of production activities. *Finance and Credit*, 10(490): 12-19. ISSN 2071-4688. (In Russ.)
5. Kazancev A.K., Logacheva A.V. (2014). Innovative capabilities of Russian companies: Measuring and managing development. *Bulletin of St. Petersburg University. Ser. 8: Management*, 4: 3-26. ISSN 2304-022X. (In Russ.)
6. Komarova V.V. (2019). Actual problems of introducing digital technologies into the Russian industry. *Creative Economy*, 13(6): 1107-1116. DOI: 10.18334/ce.13.6.40782. (In Russ.)
7. Kuznetsova T.E., Rud V.A. (2011). Efficiency factors and motivations driving innovative activity of Russian industrial enterprises. *Foresight-Russia*, 2(5): 34-47. ISSN 1995-459X. (In Russ.)
8. Kuzmin P.S. Procurement activities of small and medium-sized businesses in the framework of Law no 223-FL: Recommendations for incentives based on digital platforms. *RISK: Resources, Information, Procurement, Competition*, 4: 98-103. (In Russ.)
9. Mityaeva N.V., Zavodilo O.V. (2019). Barriers to digital transformation and ways to overcome them. *Bulletin of the Saratov State Social and Economic University*, 3(77). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bariery-tsifrovoy-transformatsii-i-puti-ih-preodoleniya>. (In Russ.)
10. Nalbandyan G.G., Khovalova T.V. (2020). Identification of barriers to the use of digital platforms by SMEs and development of proposals to overcome them. *RISK: Resources, Information, Procurement, Competition*, 4: 104-108. (In Russ.)
11. *Pandemic and the transition of companies to "remote work". Small and medium business digitalization index* (2020). Joint research by NAFI, Otkrytie Bank and the Skolkovo Moscow School of Management. URL: <https://nafi.ru/analytics/pandemiya-i-perekhod-kompaniy-na-udalennyy-indeks-tsifrovizatsii-malogo-i-srednego-biznesa/>. (In Russ.)
12. Pleshchenko V.I. (2020). Digital purchases of manufacturing companies under the Law no 223-FL: Development trends and regulatory problems. *Quality Management*, 1: 46-53. URL: <https://grebennikon.ru/article-q8w2.html>. (In Russ.)
13. Teplykh G.V. (2015). Drivers of innovation activity of industrial companies in Russia. *Applied Econometrics*, 38(2): 83-110. ISSN 1993-7601. (In Russ.)
14. Trachuk A.V., Linder N.V. (2017a). Innovation and productivity of Russian industrial companies. *Innovations*, 4(222): 53-65. (In Russ.)
15. Trachuk A.V., Linder N.V. (2017b). Innovations and productivity: The empiric study of barriers to advancement through longitudinal analysis. *Management Sciences*, 3(7): 43-58. ISSN 2304-022X. (In Russ.)
16. Trachuk A.V., Linder N.V. (2017c). The spread of e-business tools in Russia: The results of an empirical study. *Russian Management Journal*, 15(1): 27-50. (In Russ.)
17. Trachuk A.V., Linder N.V. (2018). Fourth industrial revolution: How the Internet of things influences on industrial business relationships? *Strategic Decisions and Risk Management*, 3: 16-29. (In Russ.)
18. *Digital decade: Keeping up with the times* (2017). Global digital iq survey 2017: 10th anniversary edition. URL: <https://www.pwc.ru/publications/global-digital-iq-survey-rus.pdf>. (In Russ.)
19. *Digital technologies in Russian companies* (2019). KPMG. URL: <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/ru/pdf/2019/01/ru-rus-digital-technologies-in-russian-companies.pdf>. (In Russ.)
20. Arnold C., Kiel D., Voigt K.I. (2016). How the industrial Internet of things changes business models. *International Journal of Innovation Management*, 20(8): 1640015.
21. Buer S.V., Strandhagen J.O., Chan F.T. (2018). The link between Industry 4.0 and lean manufacturing: Mapping current research and establishing a research agenda. *International Journal of Production Research*, 56(8): 2924-2940.
22. De Boer E., Fritzen S., Khanam R., Lefort F. (2020). *Preparing for the next normal via digital manufacturing's scaling potential*. McKinsey. URL: <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/preparing-for-the-next-normal-via-digital-manufacturing-scaling-potential>.

23. Geissbauer R., Schrauf S., Koch V., Kuge S. (2014). Industrie 4.0 – Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution. *PricewaterhouseCoopers (PWC)*, 227: 13.
24. Haddud A., DeSouza A., Kliare A., Lee H. (2017). Examining potential benefits and challenges associated with the Internet of things integration in supply chains. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 28(8): 1055-1085.
25. Ismagilova L.A., Gileva T.A., Galimova M.P., Glukhov V.V. (2017). *Digital business model and smart economy sectoral development trajectories*. Lecture Notes in Computer Science, 10531 LNCS: 13-28. DOI 10.1007/978-3-319-67380-6_2.
26. Kamble S.S., Gunasekaran A., Sharma R. (2018). Analysis of the driving and dependence power of barriers to adopt Industry 4.0 in Indian manufacturing industry. *Computers in Industry*, 101: 107-119.
27. *Industry 4.0 after the initial hype. Where manufacturers are finding value and how they can best capture it* (2016). McKinsey Digital. McKinsey & Company. URL: https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/mckinsey%20digital/our%20insights/getting%20the%20most%20out%20of%20industry%204%200/mckinsey_industry_40_2016.ashx.
28. *The intelligent enterprise index, zebra technologies* (2019). URL: https://www.zebra.com/content/dam/zebra_new_ia/en-us/campaigns/brand-campaign/harvard-symposium/how-intelligent-enterprise-survey-index-en-us.pdf.
29. *The Internet of things and the new industrial revolution* (2016). Morgan Stanley. URL: <https://www.morganstanley.com/ideas/industrial-internet-of-things-and-automation-robotics>.

Информация об авторе

Павел Сергеевич Кузьмин

Главный специалист отдела по управлению рисками, АО «Техснабэкспорт» (Москва, Россия). SPIN-код: 8042-4060, AuthorID: 991705.

Область научных интересов: цифровая трансформация предприятий, стратегия и управление развитием компаний, формирование стратегии развития компаний.

kuzminps.fa@yandex.ru

About the author

Pavel S. Kuzmin

Chief specialist of the Risk Management Department, JSC TENEX (Moscow, Russia). SPIN-код: 8042-4060, AuthorID: 991705.

Research interests: digital transformation, company development strategy and management, company development strategy formation.

kuzminps.fa@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 5.09.2021; после рецензирования 21.09.2021 принята к публикации 10.10.2021. Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The article was submitted on 5.09.2021; revised on 21.09.2021 and accepted for publication on 10.10.2021. The authors read and approved the final version of the manuscript.