



Цифровизация промышленности: эмпирическая оценка цифровой зрелости предприятий

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

Аннотация

Внедрение цифровых технологий индустрии 4.0 – один из ключевых вызовов, стоящих перед промышленными компаниями. Современные технологии, такие как промышленный интернет вещей, облачные вычисления и блокчейн, сбор и аналитика больших данных, технологии машинного обучения, цифровые двойники, а также человеко-машинное взаимодействие, порождают широкий спектр эффектов для промышленных компаний и способны кардинальным образом изменить их способы ведения бизнеса или привести к созданию новых.

Проекты по внедрению технологий индустрии 4.0 носят комплексный характер, поскольку требуют вовлечения различных специалистов из множества профессиональных областей. При этом развитие того или иного направления деятельности внутри компаний может находиться на различных стадиях, что оказывает влияние на успешность или неудачу реализации отдельных направлений деятельности в рамках проектов по внедрению технологий индустрии 4.0.

Таким образом, в рамках исследования поставлена цель разработать метод, позволяющий оценить готовность промышленных предприятий к внедрению цифровых технологий.

На первом этапе исследования разработан перечень направлений и аспектов цифровой трансформации. На втором этапе при помощи интервью с экспертами рассчитаны степени значимости каждого из предложенных аспектов. В завершение проведена оценка цифровой зрелости на выборке промышленных предприятий с использованием объединения ранее полученных экспертных оценок и опросов внутри предприятий.

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

Для цитирования:

Кузьмин П.С. (2021). Цифровизация промышленности: эмпирическая оценка цифровой зрелости предприятий. *Стратегические решения и риск-менеджмент*, 12(3): 220–235. DOI: 10.17747/2618-947X-2021-3-220-235.

Статья подготовлена на основе результатов исследования «Цифровизация промышленности как инструмент повышения эффективности производства», выполненного за счет бюджетных средств по государственному заданию Финансового университета в 2021 году.

Industrial digitalization: An empirical assessment of the digital maturity of enterprises

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

Abstract

The digitalization of Industry 4.0 is one of the key challenges facing industrial companies. Modern technologies such as the Industrial Internet of Things, cloud computing and blockchain, big data collection and analytics, machine learning technologies, digital twins, and human-machine interaction have a wide range of effects for industrial companies and can fundamentally change the way they do business or lead to the creation of new ones.

Industry 4.0 technology implementation projects are complex in nature, as they require the involvement of various specialists from a variety of professional fields. At the same time, the development of one or another area of activity within companies can be in different stages, which affects the success or failure of the implementation of certain areas of activity in the framework of projects for the introduction of Industry 4.0 technologies.

Thus, within the framework of the study, the goal is to develop a method that allows you to assess the readiness of industrial enterprises to implement digital technologies.

At the first stage of the study, a list of directions and aspects of digital transformation was developed. At the second stage, using interviews with experts, the degrees of significance of each of the proposed aspects were calculated. In conclusion, the assessment of digital maturity was carried out on a sample of industrial enterprises using a combination of previously obtained expert assessments and surveys within enterprises.

Keywords: digitalization, fourth industrial revolution, industrial companies.

For citation:

Kuzmin P.S. (2021). Industrial digitalization: An empirical assessment of the digital maturity of enterprises. *Strategic Decisions and Risk Management*, 12(3): 220-235. DOI: 10.17747/2618-947X-2021-3-220-235. (In Russ.)

Acknowledgements

The article was prepared based on the results of the research “Industry digitalization as a tool to improve production efficiency”, carried out in 2021 on the Financial University state order at the expenses of budgetary funds.

Введение

На сегодняшний день развитие технологий четвертой промышленной революции является одним из основных драйверов изменений в промышленных компаниях. Технологические инновации, являющиеся основой индустрии 4.0, или уже успешно внедрены в части компаний, или находятся на стадии пилотных проектов [Трачук, Линдер, 2017b]. При этом пандемия коронавируса существенно увеличила как темпы разработки новых технологий, так и скорость их развертывания на промышленных предприятиях.

Среди цифровых технологий индустрии 4.0, применяемых промышленными предприятиями для усовершенствования способов ведения бизнеса или разработки новых, можно выделить:

- 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.

Проекты по внедрению технологий индустрии 4.0, как правило, включают в себя несколько связанных направлений деятельности. Развертывание технологий индустрии 4.0 включает в себя аппаратную часть, которая по объему работ и количеству вовлеченных специалистов различных отделов и направлений может рассматриваться в качестве самостоятельного проекта, в рамках которого осуществляются уста-

новка нового или дооснащение существующего оборудования, его настройка и тестирование. В целях обеспечения возможности взаимодействия установленного оборудования к нему разрабатывается и сложное микропрограммное обеспечение, которое также необходимо поддерживать. В целях обработки и анализа полученных данных необходимо разработать или обеспечить интеграцию аппаратного обеспечения с приложениями и сервисами, которые с точки зрения внедрения выступают в качестве традиционного ИТ-проекта [Цифровые технологии..., 2019].

При этом практика внедрения технологий индустрии 4.0 демонстрирует, что применение цифровых решений признается успешным, если компаниям удалось достигнуть положительного экономического эффекта относительно способов производства и бизнес-моделей, используемых ранее [Трачук, Линдер, 2017a].

Решение на базе цифровых технологий включает в себя множество компонентов, которые объединяются в единую систему: датчики, устройства, шлюзы, сетевая инфраструктура, облачные или локальные серверы, аналитические платформы. Успешное объединение указанных компонентов требует наличия у организации определенного уровня компетенций, а также определенного уровня зрелости применяемых технологий и используемой инфраструктуры, соответствие которому формирует предпосылки для успешного внедрения технологий индустрии 4.0 [Кузнецова, Рудь, 2011].

Проекты по внедрению технологий индустрии 4.0 носят комплексный характер, поскольку требуют вовлечения раз-

Таблица 1
Барьеры, препятствующие внедрению цифровых технологий в промышленных компаниях
Table 1
Barriers of digital technologies adoption in industrial companies

Барьер	Исследования
Потребность в привлечении большего объема инвестиций	[Теплых, 2015; Arnold et al., 2016; Трачук, Линдер, 2017a; 2017b; Барьеры в развитии..., 2019; Комарова, 2019; Налбандян, Ховалова, 2020]
Нехватка свободных денежных средств	[Зуев, 2012; Arnold et al., 2016; Трачук, Линдер, 2017a; 2017b; Налбандян, Ховалова, 2020; Пандемия и переход компаний..., 2020]
Недостаточная поддержка со стороны руководства предприятием	[Гохберг и др., 2010; Голикова и др., 2012; Ismagilova et al., 2017; Барьеры в развитии..., 2019; Налбандян, Ховалова, 2020]
Необходимость изменения бизнес-модели компании	[Цифровые технологии..., 2019; Налбандян, Ховалова, 2020]
Несоответствие внедряемых цифровых технологий со стратегическими целями компании	[De Boer et al., 2020]
Недостаток квалифицированного персонала, способного внедрить/использовать цифровые технологии	[Гохберг и др., 2010; Голикова и др., 2012; Трачук, Линдер, 2017a; 2017b; Ismagilova et al., 2017; Барьеры в развитии..., 2019; Налбандян, Ховалова, 2020]
Сопrotивление со стороны статичной организационной культуры компании	[Казанцев, Логачева, 2014; Трачук, Линдер, 2017a; 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]
Недостаток стандартов для цифровых технологий и направлений их развития.	[Kamble et al., 2018; Барьеры в развитии..., 2019; Налбандян, Ховалова, 2020]
Недоработанность нормативно-правового регулирования персональных данных и кибербезопасности	[Цифровое десятилетие..., 2017; Налбандян, Ховалова, 2020]
Сложность внедрения цифровых технологий	[Цифровые технологии..., 2019; Налбандян, Ховалова, 2020]
Неготовность инфраструктуры предприятия к внедрению цифровых технологий	[Митяева, Заводилов, 2019; Цифровые технологии..., 2019; Налбандян, Ховалова, 2020]

Источник: составлено автором.

личных специалистов, перечень которых может включать в себя разработчиков, специалистов по управлению данными и их обработке, специалистов в сфере коммуникационных сетей и управления устройствами.

При этом развитие того или иного направления деятельности в рамках организации может находиться на различных стадиях, что оказывает влияние на успешность или неудачу реализации отдельных направлений деятельности в рамках проекта по внедрению технологий индустрии 4.0 [Гохберг и др., 2010].

Таким образом, целью настоящей работы является разработка метода, позволяющего оценить готовность промышленных предприятий к внедрению цифровых технологий на основании оценки их соответствия факторам успешности внедрения технологий индустрии 4.0, и проведение оценки.

1. Метод оценки цифровой зрелости промышленных компаний

С целью формирования направлений оценки готовности компаний к цифровой трансформации был проведен обзор отечественной и зарубежной статистики по внедрению технологий индустрии 4.0, научных публикаций по данному направлению, а также отчетов и кейсов по внедрению различных технологий индустрии 4.0, опубликованных консалтинговыми, производственными и исследовательскими организациями. Выявленные в ходе анализа литературы барьеры сгруппированы в табл. 1.

Выделенные барьеры внедрения технологий индустрии 4.0 были проанализированы и структурированы по четырем основным категориям, которые предлагается использовать в модели в качестве направлений для оценки готовности организаций к внедрению технологий индустрии 4.0. Полученные в результате анализа категории представлены на рис. 1.

Указанные направления затрагивают различные аспекты реализации проектов по внедрению технологий индустрии 4.0,

Рис. 1. Направления оценки готовности организаций к внедрению технологий индустрии 4.0

Fig. 1. Directions of assessing the readiness of organizations to implement Industry 4.0 technologies

Организационная готовность
<ul style="list-style-type: none"> Спротивление изменениям со стороны сотрудников организации Недостаточная процессная зрелость организации Отсутствие видимого эффекта от внедрения технологий индустрии 4.0 Отсутствие финансовых ресурсов
Внутренние компетенции организации
<ul style="list-style-type: none"> Отсутствие необходимых внутренних кадровых компетенций Отсутствие стандартных цифровых решений и архитектур
Готовность к работе с данными и их аналитике
<ul style="list-style-type: none"> Отсутствие опыта управления большими объемами данных и их анализа Неоднородность данных, генерируемых цифровыми устройствами
Инфраструктурная и технологическая готовность
<ul style="list-style-type: none"> Отсутствие необходимой инфраструктуры организации Безопасность системы и данных при применении технологий индустрии 4.0

Источник: составлено автором.

оценка зрелости которых в совокупности позволяет понять, насколько организация готова к внедрению цифровых решений. Высокая степень зрелости организации в рамках этих направлений создает предпосылки для преодоления указанных барьеров, а также для успешного внедрения цифровых решений и достижения запланированных результатов.

На основании выделенных барьеров, а также анализа исследований были сформулированы факторы, оказывающие влияние на успешность реализации проектов по внедрению технологий индустрии 4.0, которые были структурированы в рамках представленных выше направлений оценки готовности организаций. Ниже представлено описание каждого из предлагаемых для оценки направления, а также аспектов успешности реализации проектов цифровизации, используемых для оценки уровня зрелости организаций.

1. Организационная готовность. В рамках этого направления предлагается оценить готовность организации к внедрению технологий индустрии 4.0 с точки зрения наличия проработанного бизнес-кейса их применения [Industry 4.0 after., 2016], зрелости бизнес-процессов организации и оценки степени их цифровизации [Цифровые технологии..., 2019], наличия доступных для реализации проекта ресурсов, а также особенностей корпоративной культуры организации [Sousa Jabbour et al., 2018].

2. Внутренние компетенции организации. В рамках этого направления предлагается оценить имеющиеся в организации внутренние компетенции сотрудников, насколько специалисты компании готовы к развертыванию технологий индустрии 4.0 и их поддержке. Также предлагается оценить опыт и уровень экспертизы специалистов в области реализации проектов цифровой трансформации [Haddud et al., 2017].

Рис. 2. Элементы модели оценки готовности организаций
Fig. 2. Elements of the organizational readiness assessment model

		Направления			
		Организационная готовность	Внутренние компетенции организации	Инфраструктурная готовность организации	Готовность к работе с данными и их аналитике
Аспекты	Наличие разработанного бизнес-кейса применения технологий индустрии 4.0	Опыт и уровень экспертизы сотрудников организации в сфере внедрения технологий индустрии 4.0	Уровень зрелости инфраструктуры организации	Управление данными и их обработкой	
	Доступность ресурсов организации и поддержка со стороны руководства	Опыт сотрудников организации в области анализа и управления данными	Уровень развития технологий хранения и обработки данных	Интеграция и анализ данных	
	Стратегическая готовность организации		Уровень развития технологий защиты и безопасности данных		
	Корпоративная культура организации				
	Зрелость процессного управления и уровень цифровизации				

Источник: составлено автором.

3. Инфраструктурная и технологическая готовность. В рамках этого измерения предлагается оценить готовность инфраструктуры организации к развертыванию стратегии цифровизации, готовность технологического оборудования к обработке и аналитике получаемых данных, а также безопасность системы цифровых решений и хранения данных [Kamble et al., 2018; Барьеры в развитии..., 2019; Митяева, Заводилов, 2019].

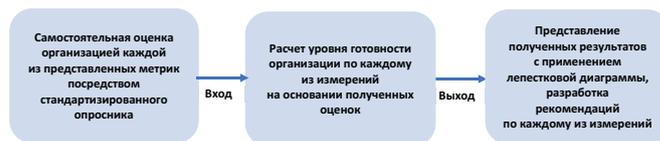
4. Готовность к работе с данными и их аналитике. В рамках этого измерения оцениваются подходы организации к управлению и обработке данных. При этом самая большая ценность генерируемых данных лежит в возможности их интерпретации и анализа, что также включено в перечень факторов, оцениваемых в рамках этого направления [Барьеры в развитии..., 2019; Налбандян, Ховалова, 2020].

Таким образом, общую структуру модели можно представить в виде четырех направлений с детализацией каждого направления на ряд аспектов цифровой трансформации (рис. 2).

В рамках предлагаемой модели процесс оценки готовности организации к внедрению технологий индустрии 4.0 по каждому из направлений включает в себя несколько этапов, последовательность которых представлена на рис. 3.

В целях оценки готовности организации по каждому из предложенных направлений был разработан стандартизированный опросный лист, представленный в Приложении. Предложенный опросный лист содержит перечень закрытых вопросов, по каждому из которых респондент выбирает один из предложенных вариантов, который, по мнению респондента, наиболее точно и полно отражает особенности и стадии развития отдельных направлений деятельности в компании. Опросный лист может быть передан организации как в печатном виде, так и использованием различных

Рис. 3. Процесс оценки готовности организации к внедрению технологий индустрии 4.0
Fig. 3. Process of assessing an organization's readiness to implement Industry 4.0 technologies



Источник: составлено автором.

электронных средств (отправка по электронной почте, использование веб-ресурсов для проведения опроса). Полученные в результате проведения опроса данные используются в качестве основы для расчета уровня готовности организации по каждому из рассматриваемых направлений.

При этом не все аспекты цифровой трансформации оказывают одинаковое влияние на успешность и результативность проектов по внедрению технологий индустрии 4.0. В целях определения степени значимости каждого из предложенных аспектов для успешной реализации проектов была проведена серия интервью с экспертами, обладающими широкими практическими знаниями и опытом внедрения технологий индустрии 4.0. На основании проведенных интервью были рассчитаны средние оценки экспертов по каждому из аспектов цифровой трансформации, а также направлений, которые были приведены к единой шкале оценки готовности организации в рамках различных направлений и рассматриваются в качестве весового коэффициента.

Таким образом, на основании полученных в результате заполнения опросного листа оценок рассчитывается оценка готовности (RL_D) организации как сумма средневзвешенных значений ответов на вопросы в рамках определенного фактора, скорректированная на значимость этого фактора с точки

Таблица 2
Уровни готовности организации по направлению «Организационная готовность»
Table 2
Organization readiness levels in the «Organizational readiness» direction

Уровень готовности	Оценка готовности	Характеристика
1	1–8	Организация только начинает изучать перспективы применения технологий индустрии 4.0, руководство организации не оценивает или только начинает оценивать возможные направления применения организацией технологий индустрии 4.0, в организации отсутствуют внутренние или внешние эксперты в области внедрения цифровых проектов, или организация только приступила к их обучению и/или поиску. Для компании характерен низкий уровень процессной зрелости, а также минимальная цифровизация процессов. На данном уровне готовности организация обладает низким потенциалом к успешному внедрению технологий индустрии 4.0.
2	9–17	В организации анализируются и разрабатываются перспективные бизнес-сценарии применения технологий индустрии 4.0. Руководство компании разрабатывает дорожные карты развития цифровых технологий. Бизнес-процессы компании находятся на среднем уровне зрелости с точки зрения сбора, интеграции и обмена данными, для компании характерна цифровизация ключевых бизнес-процессов. В компании может наблюдаться тенденция к сопротивлению изменениям со стороны сотрудников. В организации определены потенциальные внутренние и/или внешние эксперты, необходимые для реализации цифровых проектов. При этом организация обладает потенциалом к успешной реализации проектов по внедрению технологий индустрии 4.0.
3	18–25	В организации существует понимание перспективных бизнес-сценариев применения технологий индустрии 4.0. Руководство организации обеспечивает широкую поддержку внедрения современных технологий и инструментов и готово в них инвестировать. Сотрудники организации открыты к применению новых технологий и решений. Компания обладает высоким потенциалом к успешной реализации цифровых проектов и/или создает партнерские отношения с поставщиками цифровых решений. Бизнес-процессы компании находятся на высоком уровне зрелости с точки зрения сбора, интеграции и обмена данными, для компании характерна высокая степень цифровизации.

Источник: составлено автором

зрения влияния на успешность реализации проекта цифровой трансформации:

$$RL_D = \sum_{i=1}^n \frac{S_{DFi}}{n} * W_{DF},$$

где D – направление оценки готовности организации; F – исследуемый аспект успешности; n – количество вопросов в рамках исследуемого фактора; S – значение ответа на вопрос; W – значимость аспекта цифровой трансформации.

После заполнения организацией опросного листа полученные ответы обрабатываются в соответствии с приведенной выше формулой. На основании полученных результатов осуществляется построение лепестковой диаграммы, где организации присваивается определенный уровень готовности по каждому из анализируемых направлений.

На основании полученных оценок разрабатываются рекомендации по каждому из проанализированных направлений, которые могут быть в дальнейшем использованы для принятия решения о внедрении технологий индустрии 4.0 и формирования (при необходимости) мероприятий, направленных на развитие отдельных направлений деятельности организации в целях повышения уровня готовности к внедрению цифровых проектов. Ниже представлены описания уровней готовности организации по каждому из направлений, а также возможные рекомендации по их совершенствованию в рамках рассматриваемых направлений оценки.

1. Организационная готовность. Уровни готовности организации в рамках данного направления, а также их характеристика представлены в табл. 2.

2. Внутренние компетенции организации. Уровни готовности организации в рамках данного направления, а также их характеристика представлены в табл. 3.

3. Инфраструктурная и технологическая готовность. Уровни готовности организации в рамках данного направления, а также их характеристика представлены в табл. 4.

4. Готовность к работе с данными и их аналитике. Уровни готовности организации в рамках данного направления, а также их характеристика представлены в табл. 5.

Максимальная оценка готовности предприятий к внедрению технологий индустрии 4.0 для каждого отдельного направления составляет 25 баллов, а максимально возможный балл по всем направлениям оценки – 100. В рамках предлагаемой модели на основании значения общего показателя готовности выставляется итоговая оценка уровня готовности промышленных организаций для успешного внедрения технологий индустрии 4.0. Шкала соотношения итоговой суммы баллов с уровнем цифровой зрелости компании представлена в табл. 6.

Организации, получившие высокий уровень цифровой зрелости, обладают существенным потенциалом к успешной реализации проектов. Организации среднего уровня также обладают потенциалом успешного внедрения технологий индустрии 4.0 при одновременном совершенствовании организацией опыта работы с цифровыми данными и их аналитикой. Значение показателя суммарной оценки, соответствующее низкому уровню, указывает на необходимость улучшений в отношении развития отдельных направлений деятельности промышленных организаций перед началом внедрения технологий индустрии 4.0, в частности необходимость развития технической инфраструктуры, разработки бизнес-кейсов применения технологий индустрии 4.0, развития навыков и опыта сотрудников в сфере управления и анализа данных.

На рис. 4 приведен образец лепестковой диаграммы уровня готовности организации по каждому из анализируемых направлений, позволяющий визуализировать результат проведения анализа цифровой зрелости организации.

Таким образом, предложенная методика позволяет оценить уровень готовности организации исходя из оценки

Таблица 3
Уровни готовности организации по направлению «Внутренние компетенции организации»
Table 3
Organization readiness levels in the «Internal competencies of the organization» direction

Уровень готовности	Оценка готовности	Характеристика
1	1–8	В организации отсутствуют сотрудники, обладающие практическим опытом реализации цифровых проектов, разработка и внедрение всех цифровых систем, а также их поддержка и обслуживание осуществляются внешними экспертами. Уровень экспертизы сотрудников и руководства организации недостаточен для планирования необходимых для реализации цифровых проектов ресурсов. В компании отсутствуют внутренние или внешние эксперты в сфере аналитики больших данных. На данном уровне готовности организация обладает низким потенциалом к успешному внедрению проектов внедрения технологий индустрии 4.0.
2	9–17	У организации установлены партнерские отношения с внешними экспертами в области разработки и внедрения проектов по развертыванию цифровых систем. Управление и поддержка существующих систем осуществляются внутренними силами организации, сотрудники организации могут сформировать примерную оценку необходимых для реализации цифрового проекта ресурсов. Разработка алгоритмов обработки данных и их анализа осуществляется силами внешних экспертов или собственными специалистами при наличии необходимого опыта. При этом организация обладает потенциалом к успешной реализации проектов по внедрению технологий индустрии 4.0.
3	18–25	У компании есть собственная команда специалистов, осуществляющих разработку, развертывание и последующее обслуживание как существующих, так и новых систем. Сотрудники организации обладают высоким уровнем экспертизы при оценке необходимых для реализации проектов ресурсов. В компании есть собственные аналитики данных, разрабатывающие алгоритмы и решения по интеграции данных из различных систем и их обработке. Компания обладает высоким потенциалом к успешной реализации цифровых проектов.

Источник: составлено автором.

Таблица 4
Уровни готовности организации по направлению «Инфраструктурная и технологическая готовность»
Table 4
Organization readiness levels in the «Infrastructure and technological readiness» direction

Уровень готовности	Оценка готовности	Характеристика
1	1–8	Текущая инфраструктура организации не обеспечивает возможность интеграции и обмена данными между различными устройствами и системами, а также не позволяет обрабатывать данные из множества источников. Данные из различных источников часто переносятся между системами вручную. В организации не сформировано представление о потенциальных технологиях хранения и обработки данных, или организация только что приступила к анализу целевой архитектуры в целях внедрения цифровых решений. На данном уровне готовности организация обладает низким потенциалом к успешному внедрению проектов технологий индустрии 4.0.
2	9–17	На данном уровне инфраструктура организации позволяет собирать и обрабатывать данные из множества источников, взаимодействие оборудования и информационных систем автоматизировано в рамках отдельных процессов или направленной деятельности. У организации сформировано представление о необходимых инфраструктурных улучшениях для внедрения технологий индустрии 4.0, а также могут применяться расширенные аналитические инструменты. На данном уровне готовности организация обладает потенциалом к успешному внедрению проектов технологий индустрии 4.0.
3	18–25	Инфраструктура организации на данном уровне развития характеризуется возможностью обработки больших объемов данных, полученных из множественных источников, наличием тесной интеграции между различными устройствами и оборудованием, интеграцией систем и устройств в единую систему. В организации уже внедрены системы обработки данных, а также применяются аналитические инструменты с использованием алгоритмов машинного обучения и/или предиктивной аналитики. Организация обладает высоким потенциалом к внедрению или расширению применения технологий индустрии 4.0.

Источник: составлено автором.

Таблица 5
Уровни готовности организации по направлению «Готовность к работе с данными и их аналитике»
Table 5
Organization readiness levels in the «Readiness to work with data and their analytics» direction

Уровень готовности	Оценка готовности	Характеристика
1	1–8	В организации отсутствует единый подход к управлению данными и их объединению из различных источников. У специалистов организации отсутствует опыт работы с большими данными. Автоматизированные аналитические методы и инструменты не применяются, или применяются базовые аналитические методы, требующие дополнительного анализа и интерпретации со стороны сотрудников организации. Специалисты организации не имеют опыта проектирования и управления аналитическими системами, данные из различных источников не объединяются и не используются в аналитических целях.
2	9–17	В организации сформированы механизмы управления данными, определены перспективные сценарии применения цифровых данных в аналитических целях. Организация обладает опытом интеграции разнородных данных и их анализа с использованием современных аналитических методов (BI, интеллектуального анализа данных). Аналитические процессы автоматизированы и интегрированы в отдельные бизнес-процессы компании. Компания обладает потенциалом к внедрению технологий индустрии 4.0.
3	18–25	В организации разработаны механизмы интеграции и управления данными, у организации есть опыт работы с большими данными, применяемые решения способны обрабатывать большие объемы разнородных данных и очищать их от шума. Организация обладает опытом работы с продвинутыми аналитическими системами, аналитические процессы автоматизированы и интегрированы в бизнес-процессы компании. Организация обладает высоким потенциалом к внедрению или расширению применения технологий индустрии 4.0.

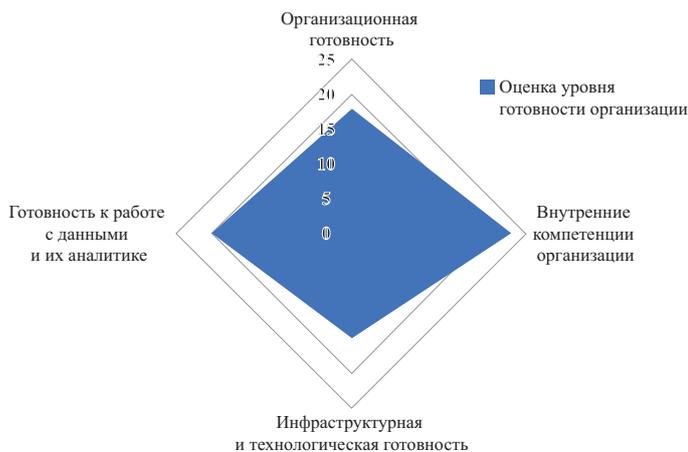
Источник: составлено автором.

Таблица 6
Шкала соотнесения итоговой суммы баллов с уровнем цифровой зрелости компании
Table 6
A scale for correlating the total score with the level of digital maturity of the company

Сумма баллов по всем направлениям	Уровень цифровой зрелости компании
0–34	Низкий
35–69	Средний
70–100	Высокий

Источник: составлено автором.

Рис. 4. Лепестковая диаграмма уровня готовности организации по каждому из анализируемых направлений
Fig. 4. Radar chart of the organization's readiness level for each of the analyzed areas



Источник: составлено автором.

степени ее соответствия факторам успешности внедрения технологий индустрии 4.0, а также выявить направления деятельности промышленных предприятий, уровень развития которых необходимо улучшить в целях обеспечения успешной реализации проектов по внедрению технологий индустрии 4.0.

2. Определение степеней влияния аспектов цифровой трансформации

В целях определения степени значимости каждого из предложенных аспектов для успешной реализации проектов была проведена серия интервью с представителями:

- различных отделов консалтинговых компаний, обладающих опытом разработки и внедрения комплексных ИТ-проектов, в том числе проектов по внедрению технологий индустрии 4.0;
- ИТ-интеграторов, предоставляющих услуги по разработке и развертыванию ИТ-систем, а также интеграции цифровых систем с различными устройствами и оборудованием.

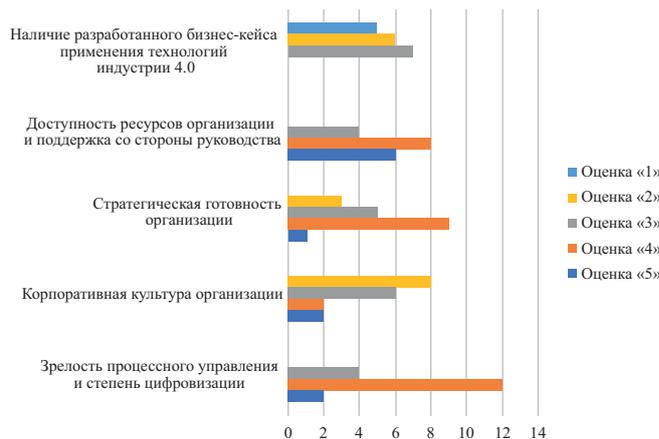
Всего в интервью приняли участие 18 экспертов, которые оценивали значимость каждого аспекта по шкале от 1 (минимальное влияние на успешность реализации проекта) до 5 (высокая степень влияния на успешность реализации проекта) по форме, приведенной в Приложении.

Для обеспечения высокого качества и верификации полученных результатов опроса далее было проведено обсуждение полученных при помощи опросной формы ответов, а также их уточнение. Взаимодействие с респондентами осуществлялось дистанционно с использованием технологий видеоконференцсвязи. Выбор дистанционного формата проведения интервью обусловлен текущими ограничениями по проведению очных мероприятий. Также дистанционный формат позволил повысить охват респондентов.

По результатам проведенного опроса были получены частоты оценок значимости аспектов цифровой трансформации.

Рис. 5. Частота встречаемости оценок экспертов для аспектов цифровой трансформации направления «Организационная готовность»

Fig. 5. Occurrence frequency of expert assessments for aspects of digital transformation of the «Organizational readiness» direction



Источник: составлено автором.

Частота встречаемости оценок экспертов для аспектов цифровой трансформации направления «Организационная готовность» представлена на рис. 5.

В рамках направления «Организационная готовность» по результатам опроса наиболее значимым аспектом оказалась «Доступность ресурсов организации и поддержка со стороны руководства» (со средним баллом 4,11), что может быть объяснено потребностью организации в свободных средствах или возможностью привлечения дополнительного финансирования для успешного развертывания и последующей эксплуатации цифровых технологий. Значимость аспектов, связанных со зрелостью процессного управления и стратегической готовностью организации, получила умеренные оценки экспертов (со средним баллом 3,89 и 3,44 соответственно). Наименьшую оценку экспертов (средний балл – 2,11) получил аспект «Наличие разработанного бизнес-кейса применения технологий индустрии 4.0».

Частота встречаемости оценок экспертов для аспектов цифровой трансформации направления «Внутренние компетенции организации» представлена на рис. 6.

Оба аспекта, характеризующих направление «Внутренние компетенции организации», получили высокую оценку значимости от экспертов. Успешность внедрения технологий

Рис. 6. Частота встречаемости оценок экспертов для аспектов цифровой трансформации направления «Внутренние компетенции организации»

Fig. 6. Occurrence frequency of expert assessments for aspects of digital transformation of the «Internal competencies of the organization» direction

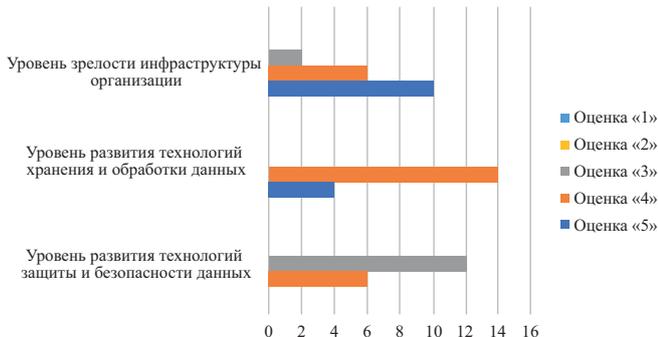


Источник: составлено автором.

Кузьмин П.С.
Kuzmin P.S.

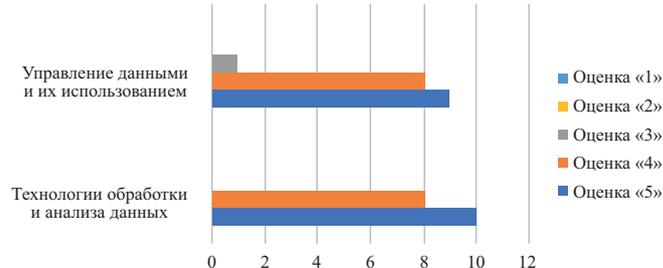
Цифровизация промышленности: эмпирическая оценка цифровой зрелости предприятий
Industrial digitalization: An empirical assessment of the digital maturity of enterprises

Рис. 7. Частота встречаемости оценок экспертов для аспектов цифровой трансформации направления «Инфраструктурная готовность организации»
Fig. 7. Occurrence frequency of expert assessments for aspects of digital transformation for aspects of digital transformation of the «Infrastructure readiness of the organization» direction



Источник: составлено автором.

Рис. 8. Частота встречаемости оценок экспертов для аспектов цифровой трансформации направления «Готовность к работе с данными и их аналитике»
Fig. 8. Occurrence frequency of expert assessments for aspects of digital transformation for aspects of digital transformation of the «Readiness to work with data and their analytics» direction



Источник: составлено автором.

Таблица 7

Результаты проведения опросов экспертов в целях определения степени влияния аспектов цифровой трансформации

Table 7

Surveys results of experts in order to determine the degree of impact of aspects of digital transformation

Аспект цифровой трансформации	Средняя оценка	Значимость
<i>Организационная готовность</i>		
Наличие разработанного бизнес-кейса применения технологий индустрии 4.0	2,11	0,64
Доступность ресурсов организации и поддержка со стороны руководства	4,11	1,25
Стратегическая готовность организации	3,44	1,05
Корпоративная культура организации	2,89	0,88
Зрелость процессного управления и степень цифровизации	3,89	1,18
<i>Внутренние компетенции организации</i>		
Опыт и уровень экспертизы сотрудников организации в сфере внедрения технологий индустрии 4.0	4,22	2,47
Опыт сотрудников организации в области анализа и управления данными	4,33	2,53
<i>Инфраструктурная готовность организации</i>		
Уровень зрелости инфраструктуры организации	4,44	1,85
Уровень развития технологий хранения и обработки данных	4,22	1,76
Уровень развития технологий защиты и безопасности данных	3,33	1,39
<i>Готовность к работе с данными и их аналитике</i>		
Управление данными и их использованием	4,56	2,53
Технологии обработки и анализа данных	4,44	2,47

Источник: составлено автором.

индустрии 4.0 во многом зависит от развитости цифровых компетенций как руководителей, осуществляющих внедрение, так и сотрудников, эксплуатирующих внедренные технологии в дальнейшем. Эксперты отмечают, что зачастую именно недостаточность руководящих и аналитических компетенций сотрудников организации приводила к значительному снижению эффективности внедрения цифровых технологий.

Частота встречаемости оценок экспертов для аспектов цифровой трансформации направления «Инфраструктурная готовность организации» представлена на рис. 7.

Для направления «Инфраструктурная готовность организации» наиболее значимыми оказались аспекты «Уровень зрелости инфраструктуры организации» (средняя оценка – 4,44) и «Уровень развития технологий хранения и обработки данных» (средняя оценка – 4,22): неготовность инфраструктуры организации, а также недостаточность уровня технологического развития организации, не позволяющая интегрировать современные цифровые решения, способны существенно замедлить внедрение технологий индустрии 4.0 и снизить экономический эффект от их реализации.

Умеренно значимым (средняя оценка – 3,33) оказался аспект, связанный с защитой данных и кибербезопасностью. Значимость этого аспекта была отмечена не только для предприятий, работоспособность которых напрямую зависит от уровня их кибербезопасности, но и для компаний, к продукции которых потребители предъявляют высокие требования по обеспечению конфиденциальности данных.

Частота встречаемости оценок экспертов для аспектов цифровой трансформации направления «Готовность к работе с данными и их аналитике» представлена на рис. 8.

В рамках направления «Готовность к работе с данными и их аналитике» оба аспекта получили высокую среднюю оценку, так как наличие технологий по обработке данных и возможность их эффективно обработать и применить в производственных процессах оказывают непосредственное влияние на эффективность внедрения технологий.

С целью дальнейшего применения результатов опроса экспертов были рассчитаны значимости аспектов для каждого из направлений оценки цифровой зрелости промышленных предприятий при помощи соотношения:

$$W_{DF} = \overline{A_{DF}} \cdot \sum_{i=1}^m \frac{b}{A_{DFi}}$$

где W – значимость аспекта цифровой трансформации; A – средняя оценка значимости аспекта цифровой трансформации; m – количество аспектов цифровой трансформации в направлении оценки цифровой зрелости; b – максимальный балл за вопрос опросного листа оценки готовности организации к внедрению технологий индустрии 4.0.

Расчитанные по результатам проведения опросов экспертов средние оценки и значимость аспектов цифровой трансформации представлены в табл. 7.

Таким образом, на основании проведенных интервью были получены весовые коэффициенты значимости аспектов цифровой трансформации для дальнейшего использования в методике оценки цифровой зрелости промышленных предприятий.

3. Результаты оценки цифровой зрелости на выборке промышленных предприятий

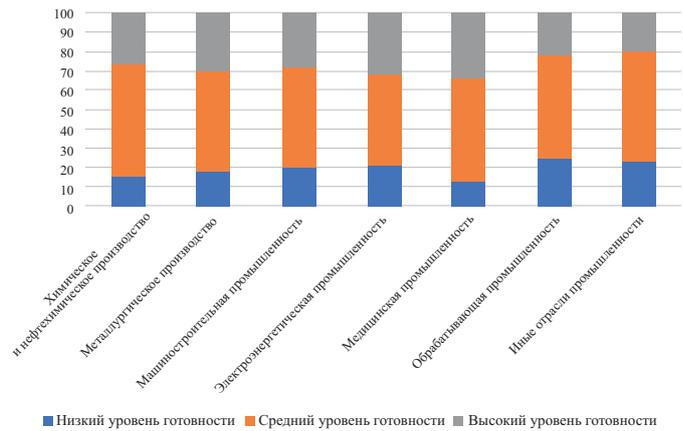
В ходе следующего этапа исследования была проведена оценка цифровой зрелости на выборке промышленных предприятий с использованием объединения ранее полученных экспертных оценок и опросов внутри предприятий (самооценок) с детализацией по аспектам цифровой трансформации внутри направлений. Объем выборки составили 126 промышленных организаций. Характеристика выборки представлена в табл. 8.

Таблица 8
Характеристика выборки
Table 8
Sample characteristics

Характеристики компаний выборки	Число компаний	Доля компаний, %
<i>Сектор</i>		
Химическое и нефтехимическое производство	24	19
Металлургическое производство	22	17
Машиностроительная промышленность	11	9
Электроэнергетическая промышленность	14	11
Медицинская промышленность	29	23
Обрабатывающая промышленность	15	12
Иные отрасли промышленности	11	9
<i>Срок жизни компании</i>		
Менее 5 лет	13	10
5–10 лет	47	37
Более 10 лет	66	52
<i>Среднесписочная численность работников</i>		
500–1000 чел.	10	8
1001–5000 чел.	54	43
Более 5000 чел.	62	49
<i>Выручка за год от реализации (без НДС)</i>		
Не более 50 млн руб.	21	17
50–500 млн руб.	48	38
От 500 млн руб.	57	45

Источник: составлено автором.

Рис. 9. Соотношение компаний высокого, среднего и низкого уровня цифровой зрелости с разбивкой по секторам промышленности
Fig. 9. Ratio of high, medium and low digital maturity companies by industry sector



Источник: составлено автором.

По результатам проведенного опроса промышленным компаниям был присвоен уровень цифровой зрелости, результаты которого представлены в виде соотношения компаний высокого, среднего и низкого уровня цифровой зрелости с разбивкой по секторам промышленности (рис. 9).

Большинство исследованных промышленных организаций находятся на среднем уровне цифровой зрелости. От 20 до 34% компаний получили высокий уровень цифровой зрелости в разрезе своей отрасли, от 13 до 25% – низкий.

Таким образом, большинству промышленных компаний предстоит сформировать стратегию по усилению цифровых компетенций с целью успешного внедрения и последующего применения технологий индустрии 4.0.

С точки зрения организационной готовности компаниям необходимо повысить уровень процессной зрелости, обеспечить сбор, интеграцию и обмен данными по бизнес-процессам. Также им следует снижать уровень сопротивления внедряемым изменениям со стороны сотрудников и обеспечить открытость и вовлеченность в освоение новых технологий. Развитие партнерских отношений с поставщиками цифровых решений, равно как и привлечение внешних и внутренних экспертов по внедрению инновационных технологий также станут факторами успешной реализации цифровых проектов.

В разрезе готовности компаний по направлению «Внутренние компетенции организации» в фокусе внимания должно быть повышение уровня экспертизы команды специалистов, осуществляющих разработку, развертывание и последующее обслуживание как существующих, так и новых систем, а также внедрение инструментов анализа, обработки и интерпретации полученных данных.

В рамках направления «Инфраструктурная и технологическая готовность» организациям

предстоит обеспечить возможность интеграции и обмена данными между различными устройствами и системами, а также внедрить механизмы обработки данных из множественных источников. Также немаловажно обеспечить комплексное представление о необходимых инфраструктурных улучшениях для внедрения технологий индустрии 4.0.

По направлению «Готовность к работе с данными и их аналитике» следует также сосредоточиться на повышении компетенций сотрудников в области аналитики данных и построении крупных аналитических систем, а также выделении перспективных сценариев применения цифровых данных в аналитических целях. Аналитические процессы целесообразно автоматизировать и интегрировать в отдельные бизнес-процессы компании.

Таким образом, для повышения оценки уровня готовности в рамках каждого из направлений и, как следствие, достижения более высокого уровня цифровой зрелости компаниям необходимо определить текущее состояние и перспективы внедрения цифровых технологий, целевое видение и метрики оценки успешности планируемой цифровой трансформации, которые лягут в основу построения дорожной карты цифровой трансформации. Основой успешной цифровой трансформации должно стать развитие кадрового потенциала и усиление его цифровых компетенций, уровня цифровой культуры и кибербезопасности. Также компаниям следует сформировать понимание модели финансирования внедрения цифровых технологий. И завершающим этапом станет расчет метрик, характеризующих успешность проведенной цифровой трансформации.

Заключение

В работе представлены результаты разработки метода, позволяющего оценить готовность промышленных предприятий к внедрению цифровых технологий на основании оценки их соответствия факторам успешности внедрения технологий индустрии 4.0.

Обзор отечественной и зарубежной литературы позволил выявить барьеры, препятствующие внедрению цифровых технологий в промышленных компаниях, а также факторы, оказывающие влияние на успешность реализации проектов по внедрению технологий индустрии 4.0. Анализ и структурирование этих факторов позволили выделить четыре направления оценки цифровой зрелости промышленных компаний: организационная готовность, внутренние компетенции организации, инфраструктурная и технологическая готовность, а также готовность к работе с данными и их аналитике.

Для оценки цифровой зрелости по названным направлениям был разработан перечень вопросов, позволяющий оценить каждый из аспектов цифровой трансформации. При помощи интервью с экспертами рассчитаны степени значимости каждого из предложенных аспектов для успешной реализации проектов цифровой трансформации.

Далее была проведена оценка цифровой зрелости на выборке промышленных предприятий с использованием объединения ранее полученных экспертных оценок и опросов

внутри предприятий, которая показала, что большинство компаний из выборки находятся на среднем уровне цифровой зрелости.

В завершение выдвинуты основные направления по развитию цифровых компетенций промышленных компаний для успешного внедрения и последующего применения технологий индустрии 4.0.

В качестве дальнейшего исследования цифровизации промышленности интересными видятся более глубокая проработка каждого направления по усилению цифровых компетенций и, как следствие, формирование методических рекомендаций для промышленных предприятий по разработке стратегии цифровой трансформации.

Приложение

Опросный лист оценки готовности организации к внедрению технологий индустрии 4.0

Направление «Организационная готовность»

1. Наличие разработанного бизнес-кейса применения технологий индустрии 4.0

1.1. Ваша организация определила бизнес-кейс, который возможно решить с помощью внедрения решения технологий индустрии 4.0?

- 1) Еще нет.
- 2) Пока нет, но планируем это сделать.
- 3) Мы думаем о том, как это сделать.
- 4) Мы определили возможные варианты применения технологий индустрии 4.0.
- 5) Мы разработали конкретный вариант использования технологий индустрии 4.0, который необходим.

1.2. Ваша организация определила ключевые показатели эффективности для определения успешности цифровых проектов(та)?

- 1) Еще нет.
- 2) Пока нет, но планируем это сделать.
- 3) Мы думаем о том, как это сделать.
- 4) Мы определили возможные показатели эффективности.
- 5) Мы определили ключевые показатели эффективности и можем их измерить.

2. Доступность ресурсов организации и поддержка со стороны руководства

2.1. Ваша организация располагает свободными ресурсами, которые доступны для инвестирования по крайней мере в один пилотный проект?

- 1) Нет.
- 2) Нет, но мы находимся в поиске доступных ресурсов.
- 3) Мы определили несколько потенциальных источников финансирования.
- 4) Да, в организации будут доступные источники финансирования при возникновении необходимости.
- 5) Да, свободные источники финансирования доступны уже сейчас.

2.2. Высшее руководство вашей организации стремится поддерживать инициативы по внедрению перспективных техно-

логий, поскольку они обладают потенциалом к повышению конкурентоспособности и/или операционной эффективности.

- 1) Категорически не согласен.
- 2) Не согласен.
- 3) Нейтрально.
- 4) Согласен.
- 5) Полностью согласен.

3. Стратегическая готовность организации

3.1. Ваша организация разработала дорожную карту для развертывания проектов технологий индустрии 4.0, которая отражает необходимые данные, архитектуру и вычислительные ресурсы, а также команду для ее реализации?

- 1) Нет.
- 2) Пока нет, но мы знаем, как ее разработать и что необходимо в ней отразить.
- 3) Мы уже приступили к разработке подобной дорожной карты.
- 4) Да, но разработанная карта не покрывает все указанные аспекты.
- 5) Да, в компании разработана дорожная карта.

3.2. Ваша организация определила внутренних или внешних (консалтинговые услуги, услуги ИТ-интеграторов) экспертов, которые необходимы для реализации проектов интернета вещей?

- 1) Нет.
- 2) Нет, мы находимся в поиске внешних партнеров и/или кандидатов на прохождение повышения квалификации.
- 3) Мы уже определили несколько потенциальных партнеров и/или внутренних экспертов, но пока никого не привлекали.
- 4) Да, у нас определены внутренние эксперты, установлены партнерские отношения с внешними экспертами.
- 5) Да, у нас определены внутренние и внешние эксперты, а также есть свободные ресурсы для привлечения дополнительных экспертов при необходимости.

4. Корпоративная культура организации

4.1. Сотрудники вашей организации активно обмениваются успешным практическим опытом, готовы поддерживать и консультировать своих коллег, принимать активное участие в разрешении сложных комплексных проблем.

- 1) Категорически не согласен.
- 2) Не согласен.
- 3) Нейтрально.
- 4) Согласен.
- 5) Полностью согласен.

4.2. Сотрудники и руководство вашей организации позитивно относятся к внедрению новых технологий и других инноваций. Новые технологии быстро интегрируются в бизнес-процессы организации, активно используются сотрудниками и руководителями.

- 1) Категорически не согласен.
- 2) Не согласен.
- 3) Нейтрально.
- 4) Согласен.
- 5) Полностью согласен.

5. Зрелость процессного управления и уровень цифровизации

5.1. Ваша компания продумала организационные последствия развертывания технологий индустрии 4.0. Компания разрабатывает целевые процессы в результате внедрения новых технологий и других инноваций.

- 1) Категорически не согласен.
- 2) Не согласен.
- 3) Нейтрально.
- 4) Согласен.
- 5) Полностью согласен.

5.2. Как вы можете охарактеризовать стадию цифровизации вашей операционной деятельности?

- 1) Предцифровая, большинство процессов компании осуществляется без использования цифровых технологий.
- 2) Цифровизация в рамках отдельных пилотных проектов, в рамках отдельных направлений деятельности апробируется применение цифровых технологий.
- 3) Цифровизация базовых операционных процессов, ключевые процессы осуществляются с использованием цифровых технологий.
- 4) Частичная цифровизация, основные, а также поддерживающие бизнес-процессы охвачены использованием цифровых технологий.
- 5) Полная цифровизация, все бизнес-процессы организации осуществляются с использованием современных цифровых технологий.

Внутренние компетенции организации

6. Опыт и уровень экспертизы сотрудников организации в сфере внедрения технологий индустрии 4.0

6.1. В вашей организации уже есть одна или несколько команд специалистов, которые обладают навыками и компетенциями в сфере разработки, внедрения и управления цифровыми проектами?

- 1) Нет.
- 2) Нет, но мы активно формируем подобную команду.
- 3) Нет, но у нашей организации есть установленные партнерские отношения с внешними экспертами, обладающими необходимым опытом.
- 4) Да, но сотрудники не объединены в единую команду.
- 5) Да, у нас есть профильная команда специалистов по внедрению цифровых технологий.

6.2. Сотрудники организации обладают опытом внедрения ИТ-платформ, а также интеграции различных устройств и оборудования в единую инфраструктуру? Специалисты организации самостоятельно осуществляют развертывание, управление и поддержку цифровых систем организации?

- 1) Нет, под каждую задачу привлекаются отдельные подрядчики.
- 2) Нет, у нас есть единый партнер, осуществляющий внедрение, интеграцию и управление ИТ-инфраструктурой организации.
- 3) Нет, специалисты организации самостоятельно управляют и поддерживают существующие системы, внедрение и интеграция новых систем осуществляется ИТ-интегратором.

- 4) Да, специалисты организации самостоятельно осуществляют развертывание, управление и поддержку ИТ-инфраструктуры организации с привлечением внешних экспертов для реализации крупных проектов.
- 5) Да, специалисты организации самостоятельно осуществляют проектирование, разработку, внедрение и поддержку всех используемых в организации цифровых систем.

6.3. В организации работают сотрудники, обладающие высоким уровнем экспертизы в части прогнозирования необходимого количества времени, трудовых и финансовых ресурсов, необходимых для реализации цифровых проектов.

- 1) Категорически не согласен.
- 2) Не согласен.
- 3) Нейтрально.
- 4) Согласен.
- 5) Полностью согласен.

7. Опыт сотрудников организации в области анализа и управления данными

7.1. В вашей организации уже есть одна или несколько команд специалистов, которые обладают навыками и опытом в области обработки данных и их анализа?

- 1) Нет.
- 2) Нет, но мы уже ищем подобных специалистов (внутренних и внешних).
- 3) Нет, у нас есть внешние эксперты в этой области.
- 4) Да, у нас есть небольшая команда.
- 5) Да, у нас есть отдельная профильная команда аналитиков цифровых данных.

7.2. В вашей организации работают аналитики, которые могут самостоятельно разработать алгоритмы обработки и анализа данных?

- 1) Нет.
- 2) Нет, но мы уже ищем подобных специалистов.
- 3) Нет, у нас есть внешние эксперты в этой области.
- 4) Да, у нас есть аналитики, обладающие определенными навыками в области построения цифровой аналитики.
- 5) Да, у нас есть профильная команда в организации, специалисты которой обладают большим опытом в сфере аналитики данных в системах на базе технологий индустрии 4.0.

Инфраструктурная и технологическая готовность организации

8. Уровень зрелости инфраструктуры организации

8.1. Инфраструктура вашей организации позволяет работать с большим количеством подключенных устройств, обеспечивает возможность интеграции и обмена данными между различными устройствами и системами, а также обладает необходимой вычислительной мощностью для обработки и анализа передаваемых данных.

- 1) Категорически не согласен.
- 2) Не согласен.
- 3) Нейтрально.
- 4) Согласен.
- 5) Полностью согласен.

8.2. Ваша текущая архитектура может автоматически собирать и обрабатывать данные из множественных источников.

- 1) Категорически не согласен.
- 2) Не согласен.
- 3) Нейтрально.
- 4) Согласен.
- 5) Полностью согласен.

9. Уровень развития технологий хранения и обработки данных

9.1. Какой объем данных ваша организация способна хранить и обрабатывать?

- 1) Мы не собираем данные.
- 2) Мегабайты.
- 3) Гигабайты.
- 4) Терабайты.
- 5) Петабайты.

9.2. В организации существует представление о технологиях хранения, обработки и анализа данных интернета вещей? В организации уже внедрены системы обработки данных – локально, на основе облачного решения или с применением периферийных вычислений?

- 1) Нет, в нашей организации не сформировано представление об этом.
- 2) Нет, представление об этом пока не сформировано, но мы уже работаем над этим.
- 3) Да, у нас сформировано представление об этом, но конкретная система еще не выбрана.
- 4) Да, у нас сформировано представление об этом, мы уже знаем, какая система удовлетворяет требованиям нашей компании.
- 5) Да, у нас сформировано представление об этом, мы уже применяем одну или несколько систем обработки данных.

9.3. Какой тип аналитики данных применяется в вашей организации?

- 1) В нашей организации отсутствуют системы аналитики данных.
- 2) В нашей организации применяются системы описательной (дескриптивной) аналитики.
- 3) В нашей организации применяются системы предиктивной аналитики.
- 4) В нашей организации применяются системы предиктивной аналитики с использованием данных в режиме реального времени.
- 5) В нашей организации применяются системы аналитики больших данных с использованием алгоритмов машинного обучения/искусственного интеллекта.

10. Уровень развития технологий защиты и безопасности данных

10.1. Ваша организация использует надежные методы защиты данных? Там, где это возможно, данные методы будут применены при развертывании технологий индустрии 4.0?

- 1) Мы еще не думали о защите данных для интернета вещей.
- 2) Мы уже начали изучать механизмы защиты данных в системах технологий индустрии 4.0.

- 3) Мы уже определили целевые механизмы защиты данных, а также проанализировали применимость существующих механизмов для защиты данных.
 - 4) Да, мы уже разработали решение для обеспечения безопасности данных и систем, но еще не внедрили его.
 - 5) Да, у нас разработаны надежные методы защиты данных, методы уже внедрены и апробированы на практике.
- 10.2. В вашей организации разработаны решения для обеспечения безопасности цифровых данных. Руководство организации обеспечивает финансирование развития решений в области безопасности собираемых и обрабатываемых данных.
- 1) Категорически не согласен.
 - 2) Не согласен.
 - 3) Нейтрально.
 - 4) Согласен.
 - 5) Полностью согласен.

Готовность к работе с данными и их аналитике

11. Управление данными и их обработкой

- 11.1. В организации разработано представление обо всех источниках данных и системах, а также их взаимодействии. Данные могут быть сопоставлены с системами и источниками.
- 1) Категорически не согласен.
 - 2) Не согласен.
 - 3) Нейтрально.
 - 4) Согласен.
 - 5) Полностью согласен.
- 11.2. Обрабатывает ли ваша организация большие данные?
- 1) Нет.
 - 2) Нет, но мы изучаем механизмы хранения и обработки больших данных, а также варианты их использования.
 - 3) Нет, но мы уже разработали решение, а также направления применения больших данных.
 - 4) Да, но в ограниченном количестве и разнообразии.
 - 5) Да, в большом количестве и разнообразии.
- 11.3. В вашей организации существуют решения для работы с разнородными данными и очистки данных от информационных шумов?

- 1) Нет, у нас нет такого решения.
- 2) Нет, но мы изучаем механизмы работы с разнородными данными и очистки данных от информационных шумов.
- 3) Нет, но мы уже разрабатываем подобное решение.
- 4) Да, у нас есть решение, способное работать с разнородными данными.
- 5) Да, у нас есть решение, способное работать с разнородными данными и очищать их от шумов.

12. Интеграция и анализ данных

- 12.1. Ваша организация обладает опытом объединения разнородных данных из нескольких источников для последующего анализа.
- 1) Категорически не согласен.
 - 2) Не согласен.
 - 3) Нейтрально.
 - 4) Согласен.
 - 5) Полностью согласен.
- 12.2. В вашей организации аналитика автоматизирована и является основой для принятия управленческих решений и управления бизнес-процессами.
- 1) Категорически не согласен.
 - 2) Не согласен.
 - 3) Нейтрально.
 - 4) Согласен.
 - 5) Полностью согласен.
- 12.3. С какими аналитическими методами ваша организация имеет опыт работы?
- 1) Пока не имеем опыта.
 - 2) Инструменты OLAP/BI, информационные панели, отчеты.
 - 3) Те, что выше, а также интеллектуальный анализ данных.
 - 4) Те, что выше, а также предиктивная аналитика.
 - 5) Те, что выше, а также более продвинутая аналитика, например когнитивные вычисления / искусственный интеллект.

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. Митяева Н.В., Заводило 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-tsfrovoy-transformatsii-i-puti-ih-preodoleniya>.
9. 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.
10. 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://nafu.ru/analytics/pandemiya-i-perekhod-kompaniy-na-udalenuku-indeks-tsifrovizatsii-malogo-i-srednego-biznesa/>.
11. Теплых Г.В. (2015). Драйверы инновационной активности промышленных компаний в России. *Прикладная эконометрика*, 38(2): 83–110. ISSN 1993-7601.
12. Трачук А.В., Линдер Н.В. (2017а). Инновации и производительность российских промышленных компаний. *Инновации*, 4(222): 53–65.
13. Трачук А.В., Линдер Н.В. (2017б). Распространение инструментов электронного бизнеса в России: результаты эмпирического исследования. *Российский журнал менеджмента*, 15(1): 27–50.
14. 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.
15. *Цифровое десятилетие: в ногу со временем* (2017). Всемирное исследование Digital IQ за 2017 год: десятое, юбилейное издание. URL: <https://www.pwc.ru/ru/publications/global-digital-iq-survey-rus>.
16. *Цифровые технологии в российских компаниях* (2019). KPMG. URL: <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/ru/pdf/2019/01/ru-ru-digital-technologies-in-russian-companies.pdf>.
17. 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.
18. 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.
19. 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>.
20. 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.
21. 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.
22. 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.
23. *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.
24. Sousa Jabbour A.B., Jabbour C.J.C., Foropon C., Godinho Filho M. (2018). When titans meet - can Industry 4.0 revolutionize the environmentally-sustainable manufacturing wave? The role of critical success factors. *Technological Forecasting and Social Change*, 132: 18–25.
25. *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.

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). The impact of exports on technological and management innovations of the firm. *Russian Management Journal*, 1(10): 3-28. ISSN 1729-7427. (In Russ.)
3. Gokhberg L.M., Kuznetsova T.E., Roud 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. Kazantsev 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., Roud 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. 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.)
9. 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.)
10. *Pandemic and the transition of companies to "remote work". Small and medium business digitalization index*. Joint research by NAFI, Otkritie Bank and the Skolokovo Moscow School of Management. URL: <https://nafi.ru/analytics/pandemiya-i-perekhod-kompaniy-na-udalennyye-indeks-tsifrovizatsii-malogo-i-srednego-biznesa/>. (In Russ.)
11. Teplykh G.V. (2015). Drivers of innovation activity of industrial companies in Russia. *Applied Econometrics*, 38(2): 83-110. ISSN 1993-7601. (In Russ.)
12. Trachuk A.V., Linder N.V. (2017a). Innovation and productivity of Russian industrial companies. *Innovations*, 4(222): 53-65. (In Russ.)
13. Trachuk A.V., Linder N.V. (2017b) The spread of e-business tools in Russia: The results of an empirical study. *Russian Management Journal*, 15(1): 27-50. (In Russ.)
14. Trachuk A.V., Linder N.V. (2018). Fourth industrial revolution: How the internet of things influences industrial business relationships? *Strategic decisions and risk management*, 3: 16-29. (In Russ.)
15. *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.)
16. *Digital technologies in Russian companies* (2019). KPMG. URL: <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/ru/pdf/2019/01/ru-digital-technologies-in-russian-companies.pdf>. (In Russ.)
17. 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.
18. 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.
19. 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>.
20. 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.
21. Ismagilova L.A., Gileva T.A., Galimova M.P., Glukhov V.V. (2017). *Digital business model and smart economy sectoral development trajectories substantiation*. Lecture Notes in Computer Science, 10531 LNCS: 13-28. DOI:10.1007/978-3-319-67380-6_2.
22. 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.
23. *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%20/mckinsey_industry_40_2016.ashx.
24. Sousa Jabbour A.B., Jabbour C.J.C., Foropon C., Godinho Filho M. (2018). When titans meet - can Industry 4.0 revolutionize the environmentally-sustainable manufacturing wave? The role of critical success factors. *Technological Forecasting and Social Change*, 132: 18-25.
25. *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.

Информация об авторе

Павел Сергеевич Кузьмин

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

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

kuzminps.fa@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 6.10.2021; после рецензирования 10.10.2021 принята к публикации 20.11.2021. Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The article was submitted on 6.10.2021; revised on 10.10.2021 and accepted for publication on 20.11.2021. The authors read and approved the final version of the manuscript.