

Цифровая зрелость промышленных предприятий: опыт оценки*

И. Н. Краковская, Ю. В. Корокошко, Ю. Ю. Слушкина

Национальный исследовательский Мордовский
государственный университет имени Н. П. Огарева,
Российская Федерация, 430005, Саранск, ул. Большевикская, 68

Для цитирования: Краковская, И. Н., Корокошко, Ю. В. и Слушкина, Ю. Ю. (2024) 'Цифровая зрелость промышленных предприятий: опыт оценки', *Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика*, 40 (3), с. 433–459. <https://doi.org/10.21638/spbu05.2024.305>

Статья посвящена исследованию теоретических и практических аспектов оценки цифровой зрелости промышленных предприятий и их готовности к цифровой трансформации в соответствии с вызовами развивающейся в настоящее время цифровой экономики. Цель статьи — определить взаимосвязь цифровой зрелости и цифровой готовности промышленных предприятий, предпосылки, факторы и условия их повышения. Достижение цели исследования было обеспечено применением методов сравнительного анализа, системно-структурного подхода, теоретического анализа публикаций, эмпирических методов, в частности анкетирования, количественных методов и качественной экспертной оценки. Исследуется возможность использования современными компаниями моделей оценки цифровой зрелости для изучения готовности промышленных предприятий к происходящей цифровой трансформации. Выделяются критерии данной оценки, наиболее актуальные в современных условиях. Были подтверждены гипотезы о том, что наблюдается прямая зависимость готовности промышленных предприятий к цифровой трансформации от достигнутого уровня цифровой зрелости технологий и бизнес-процессов в компании, а также от полученных и ожидаемых эффектов цифровизации, накопленного экономического потенциала и прогнозируемых рисков. Основные теоретико-методические выводы обозначены в контексте выявленных факторов, предпосылок, условий повышения цифровой зрелости и готовности промышленных предприятий к цифровой трансформации. Подчеркивается необходимость системного изучения влияния факторов цифрового потенциала, различных внешних и внутренних риск-факторов на цифровую готовность промышленных предприятий для разработки их стратегий, перспективных планов и проектов цифровизации и цифровой трансформации.

Ключевые слова: цифровая трансформация, цифровизация, цифровая зрелость, цифровая готовность, промышленное предприятие.

Введение

В настоящее время цифровизация промышленности является одним из факторов, обуславливающих повышение инвестиционной активности в цифровой экономике. Наряду с данным трендом исследователи указывают на глобальную

* Исследование выполнено при поддержке средств гранта Российского научного фонда № 22-28-00489 «Развитие бизнес-моделей промышленного сектора в условиях вызовов цифровой трансформации», <https://rscf.ru/project/22-28-00489/>.

цифровизацию, изменяющую цепочки создания стоимости, трансформирующую источники экономической активности компаний, способствующую формированию цифрового бизнеса, цифровых сетевых платформ (Горюнова, Цветкова и Павличенко, 2022). Влияние ряда глобальных тенденций цифровизации, в особенности развития возможностей концепции Индустрии 4.0 в деятельности современных предприятий, автоматизации производства, цифровизации бизнес-процессов, укрепления цифровой устойчивости инфраструктуры промышленных компаний, внедрения современных информационных технологий с поддержкой цифровых инструментов, искусственного интеллекта и киберфизических систем, аддитивного производства, бизнес-процессной роботизации и других трендов, способствовали трансформации существующих и формированию новых бизнес-моделей промышленных компаний (Краковская и др., 2022; Krakovskaya and Korokoshko, 2021). Однако недостаточный уровень готовности к цифровизации относится к типичным препятствиям реализации проектов внедрения цифровых решений (Архипова и Сидоренко, 2022, с. 2221; Фролов, Трофимов и Мартынова, 2020, с. 2251).

В связи с этим формирование методического подхода к оценке готовности предприятий к цифровой трансформации их бизнес-моделей является сегодня особенно актуальным для промышленного сектора.

В то же время среди ученых и практиков нет однозначного понимания содержания цифровой зрелости и цифровой готовности (или готовности к цифровой трансформации), их взаимосвязи, различий и определяющих факторов. В данном исследовании авторы ставят перед собой следующие вопросы:

1. В чем общность и различия цифровой зрелости предприятий и их готовности к цифровой трансформации?

2. Каковы основные направления и критерии оценки цифровой зрелости и цифровой готовности? Могут ли существующие модели оценки цифровой зрелости быть использованы для изучения готовности промышленных предприятий к цифровой трансформации?

3. Каковы предпосылки, факторы и условия повышения готовности промышленных предприятий к цифровой трансформации бизнес-моделей?

Для определения содержания, взаимосвязи, различий цифровой зрелости и цифровой готовности, систематизации основных направлений, критериев и моделей их оценки был проведен теоретический анализ публикаций российских и зарубежных работ исследователей в области широкого круга различных аспектов цифровизации деятельности предприятий.

Выявление предпосылок, факторов и условий повышения готовности промышленных предприятий к цифровой трансформации бизнес-моделей было основано на данных проведенного экспертного опроса на базе 135 ведущих предприятий промышленного сектора Российской Федерации (Республика Мордовия, Москва, Воронеж, Иркутская, Пензенская, Самарская области и др.). Предприятия машиностроения (микро- и нанoeлектроники, светотехники; кабельной, авиационной, вагоноремонтной промышленности) составили наибольшую долю респондентов (52,3%), пищевой промышленности — 16%, электроэнергетики — 11,4%, производства стройматериалов — 9%, а также металлургии, легкой промышленности и др. Репрезентативность структуры выборки исследования (допустимая погрешность 8,43%, доверительная вероятность 95%) обусловлена учетом дан-

ных Росстата о количестве промышленных предприятий в РФ и их структуре по ОКВЭД (Общероссийский классификатор видов экономической деятельности).

Рабочими гипотезами, выдвинутыми в ходе настоящего исследования, стали:

— Н1 — наличие взаимосвязи между ожидаемыми значимыми результатами внедрения в деятельность компании новых цифровых технологий и позицией предприятия в процессе цифровой трансформации;

— Н2 — наличие взаимосвязи между ожидаемыми значимыми результатами внедрения в деятельность компании новых цифровых технологий и стадией цифровой трансформации предприятия;

— Н3 — наличие взаимосвязи между позицией предприятия в процессе цифровой трансформации и стадией цифровой зрелости производственных процессов;

— Н4 — наличие взаимосвязи между позицией предприятия в процессе цифровой трансформации и стадией зрелости IT-инфраструктуры;

— Н5 — наличие взаимосвязи между оценками ключевых факторов риска цифровизации и позицией предприятия в процессе цифровой трансформации.

Статья имеет следующую структуру. В первом разделе раскрыты составляющие моделей цифровой зрелости компаний, наиболее подходящие к применению на промышленных предприятиях. Во втором разделе изложены ключевые подходы к оценке готовности предприятий к внедрению цифровых технологий и цифровой трансформации, являющиеся предметом исследований ученых как национального, так и международного уровня. В третьем разделе представлены полученные результаты оценки факторов и условий, определяющих цифровую зрелость исследуемых промышленных предприятий РФ и их готовность к цифровой трансформации.

1. Модель цифровой зрелости

В научной литературе представлены исследования, систематизирующие академические и практические подходы к оценке цифровой зрелости компаний различных отраслей (в том числе промышленных), предложенные консалтинговыми агентствами и учеными-исследователями, рекомендованные государственными институтами. Перечисленные подходы главным образом разработаны на основе моделей оценки уровня зрелости управления, базирующихся на методологии менеджмента качества, включая модели оценки зрелости возможностей (Capability Maturity Model (CMM) и Capability Maturity Model Integration (CMMI)), зрелости процессов (семейства стандартов ISO/IEK 15504 и 330XX), зрелости управления проектами (Portfolio, Programme and Project Management Maturity Model (P3M3), Organizational Project Management Maturity Model (OPM3)). Обычно модели цифровой зрелости представляют собой матрицы, характеризующие последовательные стадии зрелости с точки зрения типичного поведения фирмы на каждой стадии и действий, необходимых для достижения последующей стадии (более высокого уровня) зрелости. Каждой стадии, таким образом, соответствуют определенные результаты цифровой трансформации и возможности в управлении цифровизацией (Hortovanyi et al., 2023; Felippes et al., 2022; Voss, Jaspert and Sucke, 2023; Гилева, 2019).

Для оценки цифровой зрелости на промышленных предприятиях зарубежные и российские исследователи чаще всего рекомендуют известные модели ин-

ституты и консалтинговые компании: Digital Maturity Model (Deloitte, Forrester), Digital Transformation Model (Ionology), Digitization Piano (IMD and Cisco), Digital Business Aptitude (KPMG), Digital Maturity Matrix (MIT Center for Digital Business and Capgemini Consulting), BCG's Digital Acceleration Index, Digital Transformation Index (Arthur D. Little), Индекс зрелости Индустрии 4.0 (Acatech) (Абрамов, Борзов и Семенов, 2022; Долганова и Деева, 2019; Исаев, Коровкина и Табакова, 2018)¹. Эти модели изучаются и адаптируются большинством специалистов за рубежом и в Российской Федерации, занимающихся проблемами разработки моделей оценки цифровой зрелости. В качестве примеров можно назвать следующие исследования.

М. К. Ценжарик, Ю. В. Крылова, В. И. Стешенко полагают, что разработанные компаниями McKinsey, Deloitte, Gartner, Ernst & Young модели цифровой зрелости (Digital Maturity) и цифровой готовности (Digital Readiness) могут быть использованы для оценки готовности к цифровой трансформации компании. При этом в качестве ключевых факторов моделей цифровой зрелости ученые отмечают: процессы (процессный подход), продажи (клиентский подход), технологии (ИТ-подход), цифровые компетенции (HR-подход) смешанного типа (Ценжарик, Крылова и Стешенко, 2020).

В работе А. А. Багири, А. Ратхора и Д. Ракеша (Wagire, Rathore and Rakesh, 2021) представлена модель зрелости Индустрии 4.0, состоящая из семи измерений и 38 элементов зрелости, которая апробирована на индийских предприятиях по производству автокомпонентов.

Л. Бибби и Б. Дехе (Bibby and Dehe, 2018) разработали модель оценки для измерения уровня внедрения технологий Индустрии 4.0 (Industry 4.0 technologies implementation level assessment model) по трем измерениям: «фабрика будущего» (отражает уровень применения в компании аддитивного производства, Интернета вещей, киберфизических систем, автономных роботов и других технологий Индустрии 4.0), «люди и культура», «стратегия». Модель протестирована на примере оборонного производства.

Д. Р. Шёдин, В. Парида, М. Лекселл и А. Петрович (Sjödin et al., 2018) предложили предварительную модель зрелости для внедрения «умной фабрики» (Smart factory implementation maturity model), основанную на трех всеобъемлющих принципах: развитие цифровых навыков персонала, внедрение гибких процессов и настройка модульных технологий.

Глубокое исследование (полный анализ 63 прикладных и академических моделей зрелости, разработанных отдельными учеными и авторскими коллективами за 1973–2021 гг.) представлено в работе Б. Фелиппес, И. да Силва, С. Барбальо, Т. Адама, И. Хейн и Р. Шмитта (Felippes et al., 2022).

Можно отметить, что самыми значимыми укрупненными направлениями, по которым измеряется цифровая зрелость, большинство специалистов считает информационные технологии и операционные процессы, стратегию и бизнес-модель,

¹ Цифровая энергетика. (2021) Альманах Ассоциации «Цифровая энергетика». *Международный опыт цифровой трансформации*. М., с. 26-44. URL: <https://www.digital-energy.ru/wp-content/uploads/2021/07/Альманах.-Международный-опыт-цифровой-трансформации.pdf> (дата обращения: 04.07.2023); Консорциум КОДЕКС. (2024) *Методические рекомендации по цифровой трансформации государственных корпораций и компаний с государственным участием*. Минцифры России. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565890783> (дата обращения: 04.07.2024).

персонал и организационную культуру (Hortovanyi et al., 2023; Sjödin et al., 2018; Felippes et al., 2022; Гилева, 2019).

Наиболее полные отечественные исследования существующих в мировой теории и практике методик оценки цифровой зрелости представлены в работах И. В. Балахоновой (Балахонова, 2021), А. В. Бабкина В. В. Глухова, Е. В. Шкарупеты (Бабкин, Глухов и Шкарупета, 2022), Т. А. Гилевой (Гилева, 2019), Е. В. Попова, В. Л. Симоновой, В. В. Черепанова (Попов, Симонова и Черепанов, 2021).

И. В. Балахонова различает два методологических подхода к оценке цифровой зрелости (две группы моделей) (Балахонова, 2021) — «снизу вверх» и «сверху вниз». К первому подходу отнесены базирующиеся на самооценке предприятия модели оценки результатов цифровизации, ко второму — модели, оценивающие не результаты цифровизации, а проектные документы и навыки управления в области цифровой трансформации.

В работах А. В. Бабкина с соавторами (Бабкин, Глухов и Шкарупета, 2022; Бабкин и др., 2022), а также ряда зарубежных авторов (Hortovanyi et al., 2023; Felippes et al., 2022) поднимаются вопросы о взаимосвязи понятий и методов оценки цифровой зрелости и готовности к цифровой трансформации, зависимости этих явлений и процессов от наличия цифровой стратегии и цифрового потенциала компании и интегрированных структур.

По мнению Т. А. Гилевой, целевой уровень цифровой зрелости определяется стратегией предприятия, учитывающей цифровую зрелость не только данного предприятия, но и других компаний, а также внешние факторы, в частности трансформацию потребительских ценностей под влиянием распространения информационных технологий (Гилева, 2019).

Е. В. Попов, В. Л. Симонова, В. В. Черепанов считают, что «цифровая зрелость не может характеризовать абстрактную способность организации к внедрению цифровых технологий, а должна определять суть процессов и взаимоотношений в работе организации». Цифровая зрелость отражает степень замещения человеческого труда (физического и интеллектуального, в том числе управленческого) цифровыми технологиями с целью преодоления/сокращения времени, расстояния и ограничений природы человека, в связи с этим «максимальным уровнем цифровой зрелости обладает лишь полностью автономное производство, управляемое и работающее без участия людей и аналоговых машин» (Попов, Симонова и Черепанов, 2021).

Российские специалисты считают, что с применением международных методик в отечественной практике связаны такие ограничения, как невозможность учесть в полной мере специфику российского рынка и бизнеса, в частности неравномерную цифровизацию отдельных процессов в рамках промышленного предприятия (Балахонова, 2021; Вылгина и Шишова, 2022), и предлагают для решения этих проблем модели оценки цифровой зрелости для бизнес-процессов (Балахонова, 2021), отраслевых экосистем и кластеров (Бабкин, Глухов и Шкарупета, 2022), методики разрывов цифровой зрелости (Бабкин и др., 2022), оценки влияния региональных и отраслевых факторов на цифровую зрелость².

² Минпромторг России. *Основные принципы по оценке уровня цифровой зрелости, реализованные в рамках модуля ГИСП «Цифровой паспорт промышленных предприятий»: презентация*. URL: https://finval.ru/news_images/present.pdf (дата обращения: 04.07.2023).

Например, И. В. Балахоновой на основе адаптации и переработки стандартов серии ГОСТ Р ИСО/МЭК 330 разработана модель оценки цифровой зрелости процессов промышленного предприятия в разрезе трех измерений (Балахонова, 2021) — задействованных ресурсов, полноты функций, результативности цифровизации функций. Модель включает субмодели оценки цифровой зрелости для процессов: 1) конструкторско-технологической подготовки производства; 2) управления производственными операциями предприятия; 3) управления операциями по обеспечению энергетическими ресурсами и по доступности оборудования; 4) управления коммерческими операциями.

Согласно предложенной А. В. Бабкиным, Е. В. Шкарупетой, Т. А. Гилевой, Ю. С. Положенцевой, Л. Чэнь методике оценки разрывов цифровой зрелости промышленных предприятий, предлагается определять разницу между целевым и текущим уровнями зрелости предприятий через оценку уровня поддержки и степени автоматизации основных и вспомогательных бизнес-процессов компании, а также технологических решений (Бабкин и др., 2022). Гипотеза о взаимосвязи уровня зрелости и устойчивого развития промышленной экосистемы заложена в основу методики оценки цифровой зрелости отраслевых промышленных экосистем (Бабкин, Глухов и Шкарупета, 2022).

А. А. Чурсин, Т. В. Кокуйцева (Чурсин и Кокуйцева, 2022) предложили метод оценки цифровой зрелости организаций, включающий оценку уровней внутренней и внешней зрелости. Внутренняя цифровая зрелость учитывает научно-технические и производственные факторы внутренней среды, внешняя — четыре региональных фактора: кадровый, финансовый, потребительский, инфраструктурный.

С учетом содержания и опыта применения известных зарубежных моделей, а также ряда отечественных разработок (КМДА; методология ЦПУР)³, по заказу Минцифры⁴ и Минпромторга России⁵ разработаны методики оценки цифровой зрелости для государственных компаний и промышленных предприятий. Данные методики рассматривают цифровую зрелость и готовность как тождественные понятия. Так, определить цифровую готовность (и зрелость) предприятия в режиме самооценки позволяет модуль «Цифровой паспорт промышленного предприятия» государственной информационной системы промышленности (ГИСП) Минпромторга России⁶ (Шкарупета, 2023). Оценка формируется на основе самодиагностики уровня цифровизации основных и вспомогательных бизнес-процессов, а также уровня развития информационных технологий на предприятии (всего 27 направлений и 123 поднаправления оценки). В рамках цифровых паспортов осуществляется мониторинг использования промышленными предприятиями 37 классов технических систем, обеспечивающих управление: проектами, исследованиями,

³ Сумма технологий. *Методология ЦПУР в сотрудничестве с экспертами Центра подготовки РЦТ ВШГУ РАНХиГС*. URL: <https://strategy.cdto.ranepa.ru/4-2-cifrovaya-zrelost> (дата обращения: 19.07.2023).

⁴ Консорциум КОДЕКС. (2024) *Методические рекомендации по цифровой трансформации государственных корпораций и компаний с государственным участием*. Минцифры России. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565890783> (дата обращения: 04.07.2024).

⁵ Минпромторг России. *Основные принципы по оценке уровня цифровой зрелости, реализованные в рамках модуля ГИСП «Цифровой паспорт промышленных предприятий»: презентация*. URL: https://finval.ru/news_images/present.pdf (дата обращения: 04.07.2023).

⁶ Там же.

разработкой, проектированием и внедрением; производственной деятельностью; основными фондами; трудовыми ресурсами; финансово-хозяйственной деятельностью; контентом организации; источниками данных и др.⁷.

2. Готовность к цифровым технологиям: подходы к оценке

В последнее время предметом исследований различных ученых как национального, так и международного уровня становятся вопросы о различиях понятий цифровой зрелости и готовности к цифровой трансформации, специфике соответствующих моделей оценки. Часть исследователей отождествляют цифровую зрелость и готовность⁸; другие полагают, что готовность показывает наличие потенциала для перехода к следующему уровню зрелости (Stoianova, Lezina and Ivanova, 2020). Третьи считают готовность необходимым условием для старта цифровой трансформации, то есть характеристикой базового, начального уровня зрелости (Felippes et al., 2022). Четвертая группа исследователей придерживается мнения, что готовность соответствует последнему, максимальному уровню цифровой зрелости, то есть отражает эталонное состояние организации, абсолютно готовой работать с самыми продвинутыми технологиями и бизнес-моделями Индустрия 4.0 (возможно — 5.0) (Hortovanyi et al., 2023). Споры также ведутся в отношении того, сколько и каких измерений и уровней готовности необходимо выделять, какими критериями характеризуется каждый из них (Краковская, 2023).

Актуальные подходы отечественных и зарубежных исследователей к оценке готовности предприятий к цифровой трансформации в современных условиях представлены в табл. 1.

Российские ученые Д. Чапо, С. Е. Калязина, И. В. Багаева, Е. А. Зотова (Чапо и др., 2019) в исследовании оценки готовности промышленных предприятий к цифровой трансформации ориентируются на следующие четыре уровня цифровой готовности, выделяемые также зарубежными специалистами О. Агга, Дж. Гибсоном, Дж. Годселлом, Дж. Игнатиусом, К. Дэвисом, О. Сью (Agca et al., 2017): 1) начинающий, 2) промежуточный, 3) опытный, 4) экспертный. При этом ученые рассматривают данные уровни цифровой готовности в контексте оценки следующих уровней разработки Индустрии 4.0 предприятия: автоматизация, интеграция машин и операционной системы (M2M), готовность оборудования к Индустрии 4.0, автономно управляемые детали, самооптимизирующиеся процессы, цифровое моделирование, сбор цифровых данных операций, использование данных операций, использование облачных решений, информационная безопасность данных. Такая оценка уровня цифровой готовности и производственной стратегии Индустрия 4.0 компаний позволяет получить сведения в соответствии с ключевыми аспектами работы предприятия: 1) уровнем интеграции технологий с учетом имеющегося уровня автоматизации машин и операционных систем; 2) уровнем автономности рабочих мест, определяемым уровнем самооптимизации процессов и автономно управляемых заготовок; 3) уровнем операций сбора данных и их использования на базе

⁷ Там же.

⁸ Там же; Консорциум КОДЕКС. (2024) *Методические рекомендации по цифровой трансформации государственных корпораций и компаний с государственным участием*. Минцифры России. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565890783> (дата обращения: 04.07.2024).

Таблица 1. Ключевые подходы к оценке цифровой готовности предприятия

Авторы	Подход к оценке цифровой готовности			
	Технологический	Компетентностный	Процесный	Комбинированный (комплексный)
Д. Чапо, С. Е. Калязина, И. В. Багаева, Е. А. Зотова (Чапо и др., 2019)	√			
О. Агга, Дж. Гибсон, Дж. Годселл, Дж. Игнатиус, К. Дэвис, О. Сюй (Agca et al., 2017)	√			
М. П. Галимова (Галимова, 2019)	√		√	
П. С. Шпак (Шпак, 2022)	√		√	
О. И. Долганова, Е. А. Деева (Долганова и Деева, 2019)	√	√		
М. Я. Веселовский и др. (Веселовский и Хорошавина, 2021, с. 133)	√	√	√	√
К. Мачадо, М. Уинрот, П. Альмстрем, А. Эрикссон Эберг, М. Курдве, С. Альмашалах, Д. Карлссон, Х. Сентер (Machado et al., 2021; Machado et al., 2019)	√	√	√	√
С. Локуге, Д. Седера, В. Гровер, Х. Донгминг (Lokuge et al., 2019, p. 446)	√	√	√	√
М. Хизам-Ханафия, М. Соомро, Н. Абдулла (Hizam-Hanafiah, Soomro and Abdullah, 2020)	√	√	√	√
О. В. Стоянова, Т. А. Лезина, В. В. Иванова (Stoianova, Lezina and Ivanova, 2020)	√	√	√	√

облачных вычислений с учетом возможностей информационной защиты; 4) уровнями цифрового моделирования и готовности оборудования для Индустрия 4.0, свидетельствующими о ресурсных возможностях компании.

Основные критерии оценки готовности к цифровой трансформации, по мнению М. П. Галимовой (Галимова, 2019), обозначены индексом International Digital Economy and Society Index (I-DESI), а для выявления направлений трансформации предприятию необходимо оценивать 1) уровень технико-технологической готовности и 2) уровень готовности изменять подходы к управлению бизнес-процессами. Аналогично П. С. Шпак ключевыми элементами «системы умного производства» называет бизнес-процессы, технологии, персонал и этим обосновывает необходимость выделения ряда следующих этапов готовности промышленного предприятия к цифровой трансформации (Шпак, 2022): 1) подготовки инфраструктуры; 2) введения в действие информационных систем; 3) целостности всех процессов; 4) цифровой доступности основных показателей процессов предприятия; 5) стратегической ориентации предприятия; 6) масштабируемости и возможности подключения корпоративных систем исправления работ предприятия. Кроме того,

традиционной, но мало востребованной в России концепцией оценки готовности предприятия к цифровой трансформации является MRL-метод (Manufacturing Readiness Levels), позволяющий классифицировать предприятия по десяти уровням готовности производства и его процессов к внедрению и использованию новых технологий (Веселовский и Хорошавина, 2021, с. 133). В связи с этим именно технологические аспекты оценки готовности предприятий к цифровой трансформации преобладают в работах исследователей данной проблематики.

При этом следует обозначить и другие подходы к оценке готовности предприятий к цифровой трансформации. Так, О. И. Долганова, Е. А. Деева (Долганова и Деева, 2019), исследуя проблемы цифровой готовности компании и обосновывая необходимость проведения диагностики готовности компании на начальной стадии цифровых преобразований, важными критериями готовности считают наличие у компании собственных ИТ-компетенций, возможность управления цифровыми компетенциями и координации проектов цифровой трансформации. Компетентностного подхода в оценке готовности предприятия к цифровой трансформации придерживаются и другие ученые. Например, в комплексной работе широкого круга российских исследователей цифровой трансформации промышленных предприятий в условиях инновационной экономики, наряду с такими категориями оценки готовности предприятия к цифровой трансформации, как технологии, финансы, человеческий капитал, указаны и компетенции менеджмента (Веселовский и Хорошавина, 2021, с. 133).

Зарубежные исследователи придерживаются в большей степени комбинированного (комплексного) подхода к оценке цифровой готовности предприятия. Так, К. Мачадо, М. Уинрот, П. Альмстрем, А. Эрикссон Эберг, М. Курдвэ, С. Альмашалах выделяют понятие «цифровая организационная готовность», которая определяется цифровой ситуацией в компании, ее текущими возможностями для улучшения будущих целей, стратегии, развития навыков, культуры, построения новой экосистемы путем интеграции цепочек создания стоимости, поскольку цифровая трансформация должна начинаться с глубокого анализа ситуации, целей каждой компании и необходимых изменений, включая изменения в бизнес-моделях (Machado et al., 2021). Цифровую организационную готовность рассматривают и С. Локуге, Д. Седера, В. Гровер, Х. Донгминг (Lokuge et al., 2019, p. 446), определяя ее как оценку организацией своего состояния готовности к эффективному производству или внедрению, ассимиляции и эксплуатации цифровых технологий для инноваций. Модель, протестированная для оценки готовности организации к цифровым инновациям С. Локуге и соавторами, сформирована семью субструктурами: готовностью к ресурсам (гибкость в настройке и перенастройке ресурсов), культурной готовностью (основные ценности, децентрализованная система принятия решений, неприятие риска), стратегической готовностью (коммуникация, видение и цели, стратегия), готовностью к ИТ (портфель, поддержка и инфраструктура), инновационной ценностью (ценность, которую заинтересованные стороны придают изменениям, — мотивация, расширение прав и возможностей, отношение), когнитивной готовностью (база знаний, навыки, уровень адаптации персонала) и готовностью к партнерству (внешние заинтересованные стороны, поддерживающие цифровую трансформацию). Ресурсная, культурная и ИТ-готовность определены в качестве основных факторов, влияющих на цифровую организационную готовность.

По мнению О. В. Стояновой, Т. А. Лезиной, В. В. Ивановой (Stoianova, Lezina and Ivanova, 2020), предложивших адаптированный к российской специфике фреймворк для анализа готовности компаний к цифровой трансформации, оцениваемая готовность отражает возможности и внутренние барьеры трансформации и характеризуется качеством управления в таких ключевых областях, как систематическое управление, архитектура предприятия, использование данных, зрелость бизнес-процессов (включая их стандартизацию, интеграцию и автоматизацию) и корпоративная культура.

Особенно глубокий анализ большого количества разнообразных моделей оценки цифровой готовности предприятий был проведен такими зарубежными исследователями, как К. Г. Мачадо, М. Уинрот, Д. Карлссон, Х. Сентер, М. Хизам-Ханафия, М. Соомро, Н. Абдулла и др. Проанализировав 21 модель оценки цифровой готовности, ученые (Machado et al., 2019) констатируют наличие ключевых областей измерений моделей (организация и управление; цифровая стратегия и бизнес-модели; подключение и архитектура ИТ-систем; сбор данных и аналитика; машинная и системная интеграция; навыки и компетенции) и сводят оценку готовности к следующим пяти этапам: оценке готовности к цифровым технологиям, выявлению возможностей и угроз; определению видения, целей и стратегий; пилотному внедрению проектов, разработке дорожных карт улучшения; измерению ценности и эффективности инициатив. Согласно анализу 13 моделей готовности к Индустрии 4.0. (Hizam-Hanafiah et al., 2020), наиболее распространенными измерениями, подлежащими оценке для готовности предприятий к цифровым технологиям, являются технологии, люди, стратегия, лидерство, процессы и инновации. Следовательно, для оценки цифровой готовности компаний следует рассматривать не только технологический, но и не менее значимые организационно-управленческий и компетентностный уровни развития промышленного предприятия.

Таким образом, отвечая на первый и второй исследовательские вопросы, поставленные перед началом исследования, можно утверждать, что цифровая зрелость и цифровая готовность не могут оцениваться одинаковыми критериями, хотя ключевые направления их оценки (технологии, персонал, процессы, стратегия, культура) похожи, если не одинаковы. Но коренное различие данных понятий и, следовательно, критериев оценки заключается, с точки зрения авторов настоящей статьи, в ракурсе рассмотрения: зрелость характеризует достигнутый уровень цифровизации компании в сравнении с некими внешними ориентирами (лучшими практиками, конкурентами, среднеотраслевыми показателями и т. п.), а готовность — это характеристика переменных внутренней среды, отражающая наличие потребности в цифровой трансформации и условий для ее реализации в компании. В соответствии с этими выводами модели оценки цифровой зрелости не подходят для изучения готовности предприятий к цифровой трансформации. Модель оценки готовности промышленных предприятий к цифровой трансформации бизнес-моделей должна учитывать, по мнению авторов, предпосылки, факторы и условия повышения цифровой готовности.

3. Результаты оценки факторов и условий, определяющих цифровую зрелость и готовность к цифровой трансформации промышленных предприятий

Переход промышленного производства в цифровой формат обуславливает необходимость решения современных экономических вопросов, «руководствуясь соответствующей статистической и аналитической информацией... Это определяет необходимость расширения источников измерения цифровой экономики, в том числе с учетом мнений непосредственных участников отраслевых цифровых событий» (Лола и Бакеев, 2019, с. 629).

Для изучения уровня цифровой зрелости промышленных предприятий РФ, а также факторов и условий, определяющих их готовность к цифровой трансформации, был проведен опрос представителей 135 промышленных предприятий РФ. В опросе участвовали руководители высшего и среднего звена, специалисты в области информационных технологий, финансов и управления персоналом, представлявшие предприятия разных регионов (отличающихся по ресурсной обеспеченности), отраслей и масштабов деятельности (крупные предприятия составили 50 % охвата, средние — 30 %, малые — 20 %), различной степени цифровой зрелости и готовности. Организации для опроса были определены методом случайного отбора в рамках критериев репрезентативности выборки, поэтому они демонстрируют разного уровня подходы к цифровизации, что отличает данное исследование от ряда других, описывающих лучшие практики, и позволило, с точки зрения авторов, более обоснованно охарактеризовать проблемы цифровой трансформации в промышленном комплексе России.

Вопросы анкеты были разработаны с учетом комплексного подхода к оценке цифровой зрелости и готовности, учитывающего технологические и организационные (компетентностные и процессные) аспекты, а также критического анализа зарубежных и отечественных разработок в данной области (представлены в обзоре литературы). В частности, стадии цифровой зрелости и готовности, их качественные характеристики, оцениваемые респондентами, были сформулированы авторами на основе подходов, предложенных Acatech и KMDA. Цель опроса — изучение мнений респондентов о цифровой зрелости производственных процессов и ИТ-инфраструктуры, уровне цифровизации и позиции предприятия в процессах цифровой трансформации в сравнении с российскими и зарубежными конкурентами, основных достигнутых эффектах цифровизации и их соответствии ожиданиям менеджмента и персонала; ключевых препятствиях и рисках, сдерживающих внедрение цифровых технологий на предприятиях; планах внедрения цифровых технологий в кратко-, средне- и долгосрочной перспективе, уровне готовности к цифровой трансформации.

Результаты исследования показали, что цифровые технологии в той или иной степени внедрены во все функциональные области деятельности подавляющего большинства проанкетированных промышленных предприятий, включая производственные процессы и процессы управления. Доля работ, выполняемых с использованием цифровых технологий, составляет более 50 % от общего объема работ в области проектирования, производства, логистики, продаж, обеспечения безопасности и превышает 75 % по работам, связанным с организацией внутренне-

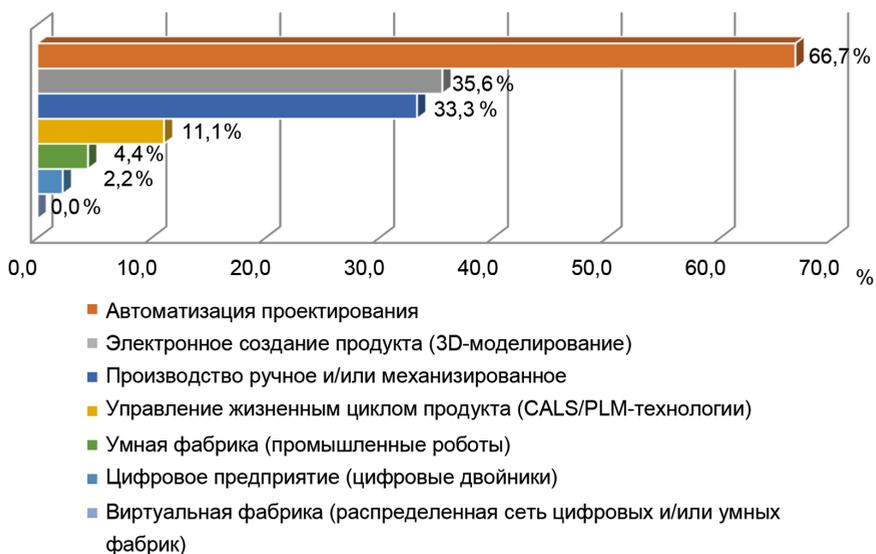


Рис. 1. Мнения респондентов о стадии цифровой зрелости производственных процессов

го документооборота, коммуникациями с финансовыми структурами, управленческим контролем и отчетностью.

Отвечая на вопрос о стадии цифровой зрелости, к которой относятся производственные процессы предприятия, большинство респондентов отметило их соответствие уже не начальной, но все же ранним стадиям: автоматизации проектирования, конструирования и производства на основе применения оборудования с ЧПУ, CAD/CAM, MRP/EDI-систем (67% опрошенных), электронного создания продукта на базе 3D-моделирования, быстрого прототипирования, CAE, ERP, SCM и CRM-систем (36% анкет). Лишь 11% предприятий достигли стадии управления жизненным циклом продукта; технологии стадий цифрового предприятия и умной фабрики применяют в сумме менее 7%; стадии виртуальной фабрики не достиг пока никто (рис. 1).

С организационной точки зрения ИТ-инфраструктуру своих предприятий (рис. 2) 53% респондентов оценили как соответствующую третьей стадии зрелости (элементы инфраструктуры связаны и интегрированы друг с другом, установлены CRM, ERP-системы, организованы соответствующий сбор и анализ данных, осуществляется электронный документооборот, операционные данные в системе обрабатываются автоматически). Значительно меньшее число респондентов (33%) охарактеризовали ИТ-инфраструктуру как несвязанную, поскольку на предприятии пока происходит цифровизация отдельных элементов бизнес-процессов, применяются разные системы для разных процессов, данные заносятся в систему вручную, хранятся в разных местах; применяются усеченная версия 1С, Интернет, электронная почта, локальные сети, корпоративный чат. Только в 7% анкетированных предприятий, по мнению их сотрудников, на базе ИТ-инфраструктуры выстроена полная цифровая модель компании (все процессы оцифрованы, связаны, упрощены и стандартизированы, возможен мобильный доступ с любых устройств,



Рис. 2. Мнения респондентов о стадии цифровой зрелости ИТ-инфраструктуры

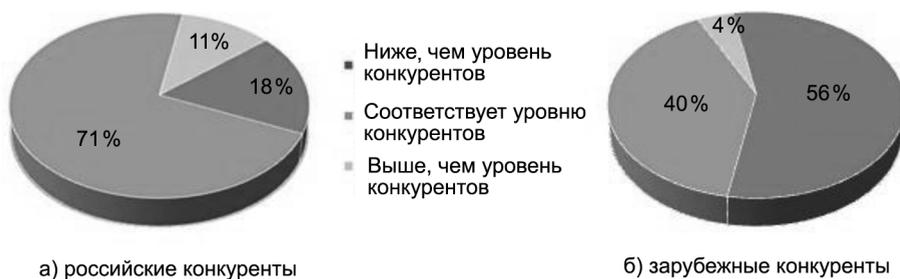


Рис. 3. Мнения респондентов об уровне цифровизации компании в сравнении с российскими и зарубежными компаниями-конкурентами

созданы единая точка входа и единая платформа данных, обеспечена прозрачность системы, ключевые показатели процессов отслеживаются в реальном времени). В 7 % предприятий ИТ-инфраструктура отсутствует (процессы управления и коммуникации с внешней средой осуществляются вручную, на бумаге).

При этом существующий уровень цифровизации компании оценивают как равный уровню компаний-конкурентов 71 % респондентов (при сравнении с российскими компаниями) и 40 % (при сопоставлении с зарубежными компаниями), как более низкий — соответственно 18 и 56 %, как более высокий — 11 и 4 % (рис. 3).

С учетом технологической и организационной зрелости, а также сравнения с конкурентами респонденты обозначили позиции своих предприятий в процессах цифровой трансформации (рис. 4). Как отстающие предприятия охарактеризовали 11 % респондентов. Оценивают ситуацию и планируют изменения около 27 % предприятий. Более 31 % опрошенных отметили, что их предприятия внедряют то, что уже есть у большинства конкурентов (относятся к категории догоняющих). Почти 29 % предприятий следуют за лидерами, внедряют новейшие достижения. И только чуть более 2 % респондентов считают, что их предприятие лидирует в цифровой трансформации.

По результатам проведенного опроса наиболее существенными причинами, вызывающими необходимость использования цифровых технологий, респонден-

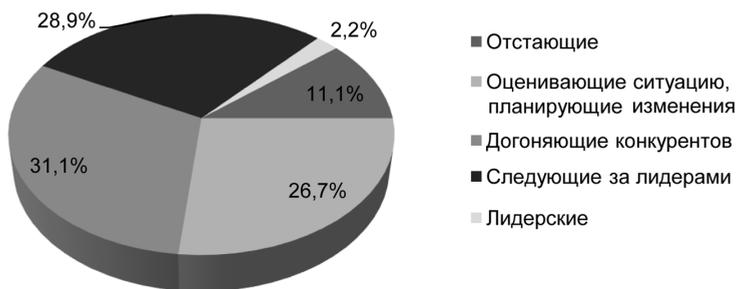


Рис. 4. Мнения респондентов о позиции предприятия в процессах цифровой трансформации

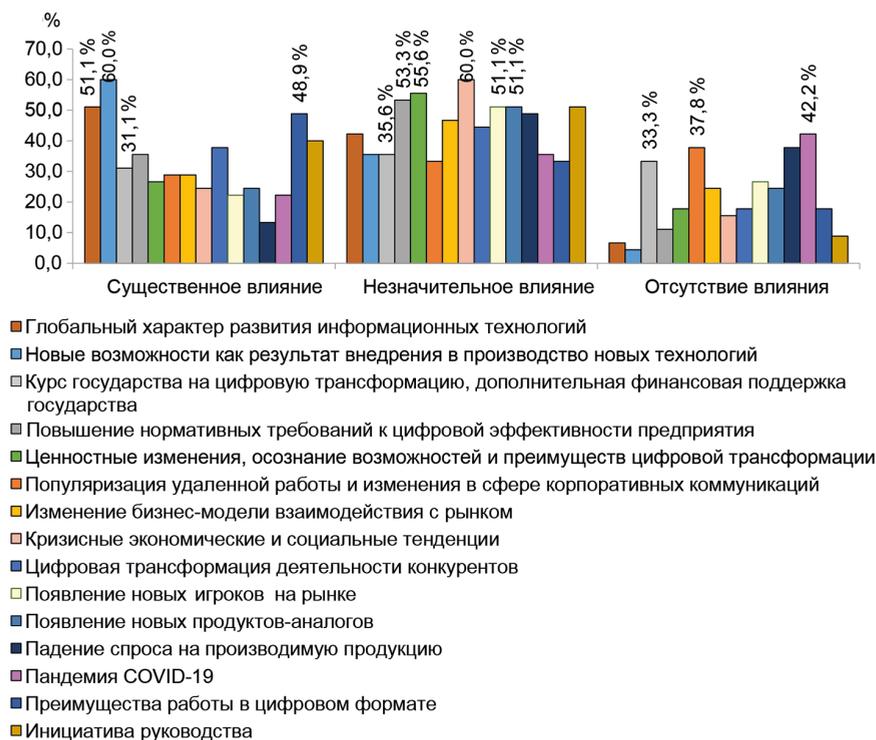


Рис. 5. Мнения респондентов об основных причинах использования цифровых технологий на предприятии

ты назвали (рис. 5): новые возможности для повышения конкурентоспособности предприятия как результат внедрения в производство новых технологий (данную причину отметили 60 % респондентов), глобальный характер развития информационных технологий, цифровизацию экономики и общества (51 % респондентов), преимущества работы в цифровом формате (49 % респондентов). Также значимыми (хотя и в меньшей степени) причинами более 50 % респондентов признали кризис, появление на рынке новых игроков и товаров-конкурентов, ценностные изменения в компании, изменение нормативных требований к цифровой эффективности.

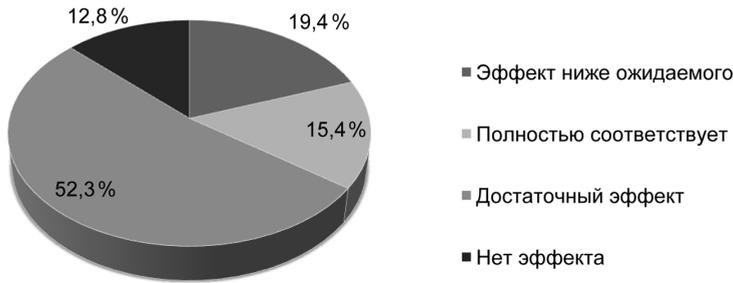


Рис. 6. Мнения респондентов о соответствии ожидаемого и фактического эффекта от внедрения новых цифровых технологий

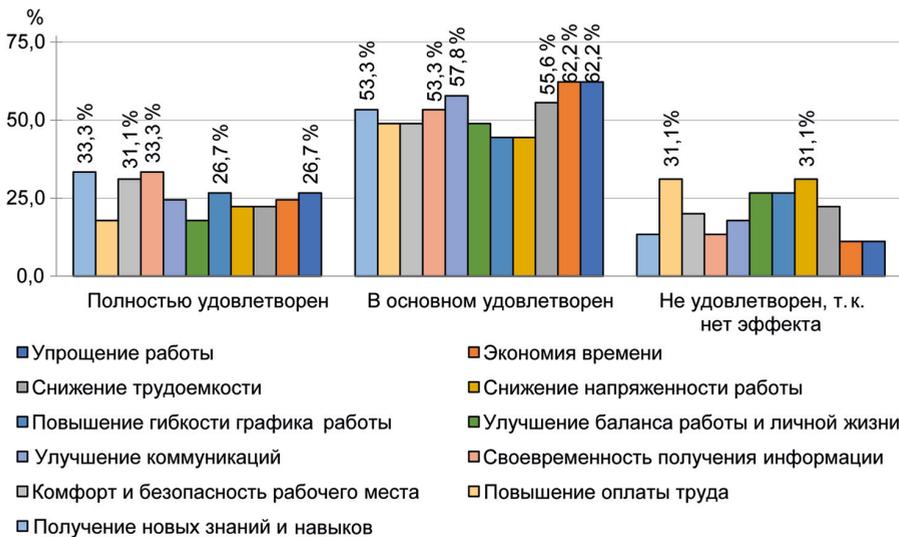


Рис. 7. Удовлетворенность респондентов результатами воздействия цифровой трансформации на условия их работы

Эффективность работы исследуемых предприятий в связи с цифровизацией их деятельности повысилась как значительно (с точки зрения 36% опрошенных), так и незначительно (62%). Таким образом, почти 98% респондентов в целом удовлетворены цифровой трансформацией. Респонденты сочли все виды эффектов от применения цифровых технологий в их компаниях достаточными по сравнению с ожидаемыми, хотя и не полностью соответствующими запланированным результатам (рис. 6).

Оценка удовлетворенности респондентов результатами воздействия цифровой трансформации на условия их работы показала, что в наибольшей степени ожидания сотрудников организаций оправдались в отношении упрощения работы и ускорения получения информации, в наименьшей — в отношении повышения оплаты труда, дополнительного стимулирования, снижения напряженности работы и улучшения условий труда (рис. 7).

Ключевыми эффектами цифровизации и цифровой трансформации, обеспечивающими предприятиям конкурентные преимущества, по мнению респондентов, являются или могут быть улучшение коммуникаций и аналитики, повышение



Рис. 8. Финансовые и нефинансовые эффекты воздействия цифровизации на деятельность предприятий

производительности труда и качества продукции, экономия времени и ресурсов, усиление клиентоориентированности организации, снижение производственных, коммерческих и административных затрат, выход на новые рынки, улучшение финансовых результатов деятельности предприятия (рис. 8).

Полученные результаты согласуются с результатами исследований других российских ученых (Салимова, Бирюкова и Аникина, 2021; Стоянова, Лезина и Иванова, 2022), дополняя более ранние публикации по разграничению на финансовые и нефинансовые эффекты от воздействия цифровизации на деятельность предприятий и предлагая новые данные комплексной оценки факторов, условий, определяющих цифровую зрелость и готовность к цифровой трансформации предприятий РФ исключительно промышленного сектора экономики.

Выводы, сделанные по итогам опроса, подтверждаются сравнением экономических показателей промышленных предприятий. Предприятия, которые соответствуют более высоким стадиям цифровой зрелости, показывают более высокие финансовые результаты, чем конкуренты (Краковская и др., 2022). И наоборот,

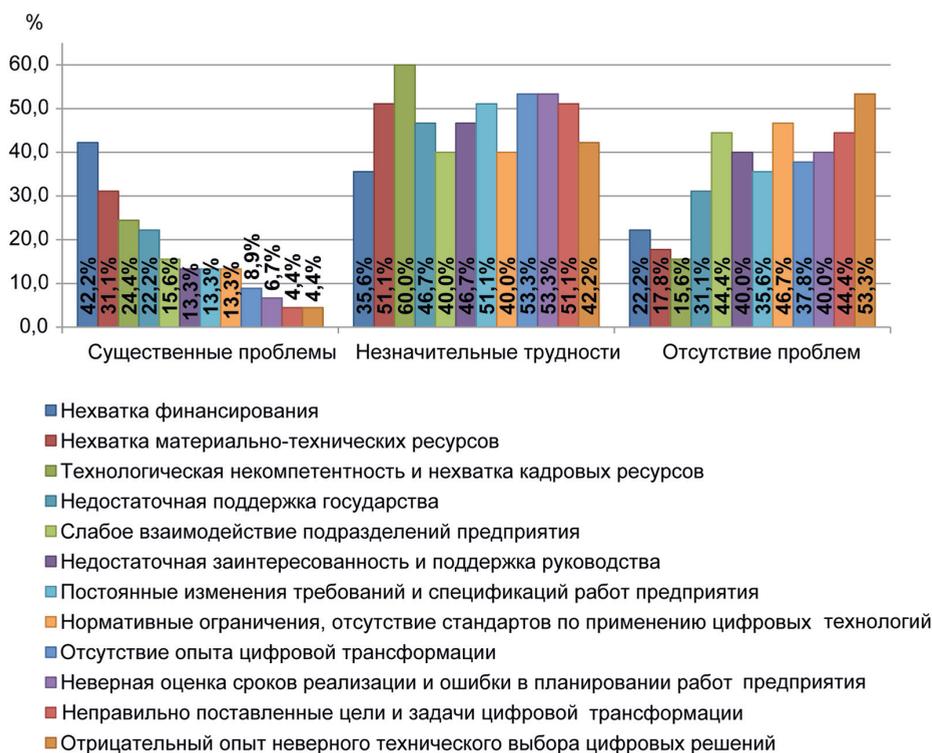
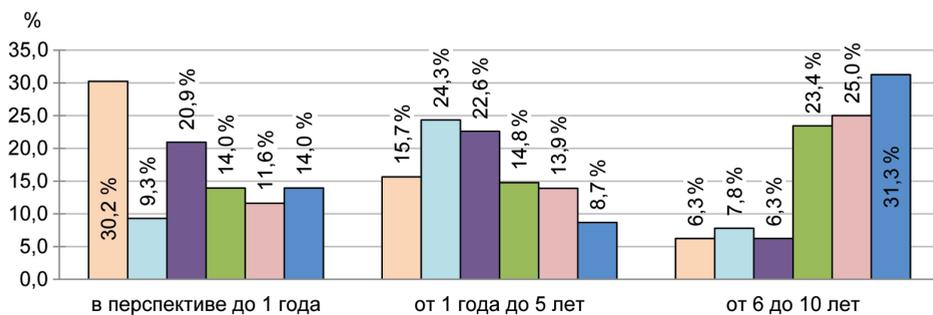


Рис. 9. Мнения респондентов об основных препятствиях и рисках, сдерживающих внедрение цифровых технологий на предприятиях промышленности

предприятия с низким финансовым и кадровым потенциалом имеют меньше возможностей для цифровизации и тем более цифровой трансформации. Однако известны и отдельные примеры предприятий, «реализовавших проекты цифровой трансформации при априорной цифровой незрелости, но при достаточном финансировании» (Лезина, Иванова и Стоянова, 2022, с. 13).

Наиболее существенные препятствия и риски для внедрения новых цифровых технологий, по мнению респондентов, связаны с недостаточностью финансирования, импортозамещающих технологий, квалифицированного персонала, нормативного обеспечения и опыта реализации проектов цифровизации (рис. 9). Ответы респондентов в целом соответствуют результатам других российских исследователей в данной области (Салимова, Бирюкова и Аникина, 2021), (Лезина, Иванова и Стоянова, 2022) и подчеркивают значимость анализа влияния потенциала и рисков для оценки готовности предприятий к цифровой трансформации. При этом О. В. Стоянова, Т. А. Лезина, В. В. Иванова справедливо указывают на то, что одним из эффектов цифровой трансформации является формирование культуры рисков, что повышает эффективность управления компанией в целом.

В связи с этим в течение текущего года большинство компаний ожидают либо планируют сохранение существующей бизнес-модели (рис. 10), в ближайшие 5 лет — достижение среднеотраслевого уровня и отдельных конкурентных преимуществ на национальном рынке за счет внедрения единичных цифровых нововведе-



- Лидерство на мировом рынке, развитие принципиально новых направлений деятельности, достигнутые за счет полной цифровой трансформации бизнес-модели
- ▣ Конкурентные преимущества на мировом рынке, достигнутые за счет внедрения в дополнение к существующей бизнес-модели цифровых составляющих, соответствующих ведущим мировым трендам и лидерам
- Значительные конкурентные преимущества на национальном рынке, достигнутые за счет внедрения многих цифровых составляющих в дополнение к существующей бизнес-модели
- Отдельные конкурентные преимущества на национальном рынке, достигнутые за счет внедрения единичных цифровых составляющих в дополнение к существующей бизнес-модели
- ▣ Достижение среднеотраслевого уровня при частичном изменении существующей бизнес-модели

Рис. 10. Мнения респондентов об ожидаемых результатах внедрения новых цифровых технологий в кратко-, средне- и долгосрочной перспективе

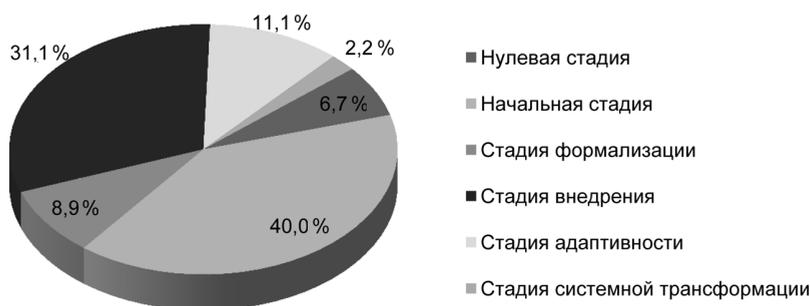


Рис. 11. Мнения респондентов о стадии готовности к цифровой трансформации предприятия

ний и частичного изменения бизнес-модели. И только в более длительном горизонте планирования (до 10 лет) респонденты прогнозируют существенные цифровые усовершенствования действующей бизнес-модели, соответствующие ведущим мировым трендам и обеспечивающие конкурентные преимущества на национальном и мировом рынках. 31% респондентов планирует в течение 10 лет осуществить полную цифровую трансформацию бизнес-модели.

С учетом всех перечисленных факторов большинство (40%) опрошенных оценили стадию готовности своего предприятия к цифровой трансформации как начальную — в организации нет плана цифровой трансформации, реализуются лишь отдельные инициативы отдельных сотрудников на основе ограниченного финан-

сирования (рис. 11); 31 % — как стадию внедрения (организация реализует или уже реализовала проект цифровизации, получает эффект, планирует будущие проекты); 11 % — как стадию формализации (разработаны стратегия, планы и проекты цифровизации/цифровой трансформации, выделен бюджет на их реализацию, назначены ответственные исполнители).

При этом около 7 % предприятий соответствуют нулевой стадии готовности к цифровой трансформации (работают на основании ранее существовавших взглядов на технологию, клиентов, процессы, полагая, что этого достаточно для сохранения их позиций на рынке). Напротив, 9 % респондентов считают, что готовность их компании к цифровой трансформации соответствует стадии адаптивности (в результате цифровой трансформации создана новая бизнес-модель компании), а 2 % оценивают ее как стадию системной трансформации (цифровая трансформация стала механизмом непрерывного совершенствования работы компании).

В качестве математического инструмента подтверждения или опровержения выдвинутых гипотез (H1–H4) использовался критерий согласия χ^2 Пирсона, позволяющий оценить значимость различий между фактическим (выявленным в результате исследования) количеством качественных характеристик выборки, попадающих в каждую категорию, и теоретическим количеством, которое можно ожидать в изучаемых группах при справедливости нулевой гипотезы.

Для нахождения значения критерия χ^2 используется формула

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \frac{(|O_{ij} - E_{ij}| - 0,5)^2}{E_{ij}},$$

где i — номер ряда (строки от 1 до r); j — номер столбца (от 1 до c); O_{ij} — фактическое количество наблюдений в ячейке ij ; E_{ij} — ожидаемое число наблюдений в ячейке ij таблицы сопряженности.

Для проверки гипотезы H1, то есть наличия связи между ожидаемыми результатами внедрения в деятельность компании новых цифровых технологий (А) и позицией предприятия в процессе цифровой трансформации (В), были построены таблицы сопряженности (табл. 2) и ожидаемых количеств наблюдений (табл. 3).

Найденное значение критерия $\chi^2 = 66,43$ превышает критическое (31,41). Следовательно, на основании применения критерия χ^2 Пирсона нулевая гипотеза об отсутствии статистической взаимосвязи между исследуемыми признаками может быть отвергнута при уровне значимости 5 %, то есть связь между ожидаемыми значимыми результатами внедрения в деятельность компании новых цифровых технологий и позицией предприятия в процессе цифровой трансформации статистически значима.

Статистически значимая зависимость наблюдается и при проверке гипотезы H2 между ожидаемыми значимыми результатами внедрения в деятельность компании новых цифровых технологий и стадией цифровой трансформации предприятия ($\chi^2 = 112,36$; $\chi_{кр}^2 = 37,65$).

При проверке рабочей гипотезы H3 тоже подтверждается статистически значимая связь между позицией предприятия в процессе цифровой трансформации и стадией цифровой зрелости производственных процессов ($\chi^2 = 37,23$; $\chi_{кр}^2 = 26,3$).

Таблица 2. Таблица сопряженности по гипотезе H1

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Итого
B1	9	5	1				15
B2	8	13	12	3			36
B3	4	13	11	8	4	2	42
B4		2	7	9	14	7	39
B5					1	2	3
Итого	21	33	31	20	19	11	135

Примечания:

A1 — выживание в условиях турбулентной среды при сохранении существующей бизнес-модели;

A2 — достижение среднеотраслевого уровня при частичном изменении существующей бизнес-модели;

A3 — отдельные конкурентные преимущества на национальном рынке, достигнутые за счет внедрения единичных цифровых составляющих в дополнение к существующей бизнес-модели;

A4 — значительные конкурентные преимущества на национальном рынке, достигнутые за счет внедрения многих цифровых составляющих в дополнение к существующей бизнес-модели;

A5 — конкурентные преимущества на мировом рынке, достигнутые за счет внедрения в дополнение к существующей бизнес-модели цифровых составляющих, соответствующих ведущим мировым трендам и лидерам;

A6 — лидерство на мировом рынке, развитие принципиально новых направлений деятельности, достигнутые за счет полной цифровой трансформации бизнес-модели;

B1 — отстающее предприятие;

B2 — оценивающее ситуацию, планирующее изменения;

B3 — догоняющее (внедряющее то, что уже есть у большинства конкурентов);

B4 — внедряющее новейшие достижения (следующее за лидерами);

B5 — лидер.

Таблица 3. Таблица ожидаемых количеств наблюдений по гипотезе H1

	A1	A2	A3	A4	A5	A6
B1	16,30	0,19	1,10	1,33	1,23	0,43
B2	0,64	1,56	1,26	0,63	4,12	2,02
B3	0,63	0,49	0,08	0,26	0,34	0,25
B4	5,11	5,19	0,24	1,28	11,69	3,47
B5	0,00	0,07	0,05	0,01	0,01	6,45

При выявлении взаимосвязи между позицией предприятия в процессе цифровой трансформации и стадией зрелости ИТ-инфраструктуры (H4) также получена статически значимая связь ($\chi^2 = 33,23$; $\chi^2_{кр} = 21,02$).

Подтверждение четырех заявленных рабочих гипотез свидетельствует о зависимости готовности промышленных предприятий к цифровой трансформации от достигнутого уровня цифровой зрелости технологий и процессов в компании, а также от ожидаемых эффектов цифровизации.

На основании критерия согласия χ^2 Пирсона было выявлено влияние ключевых факторов риска на позиции предприятия в процессе цифровой трансформации.

ции (гипотеза H5). В табл. 4 приведены (в порядке убывания значимости влияния) факторы риска, по которым найденные значения критерия χ^2 превысили критическое (15,51).

Таблица 4. Наблюдаемые значения критерия χ^2 Пирсона по факторам риска цифровизации предприятий

Фактор риска	$\chi^2_{\text{набл}}$
Отсутствие опыта цифровой трансформации	69,50
Нехватка финансирования	30,68
Недостаточная заинтересованность и поддержка руководства	29,93
Нехватка материально-технических ресурсов	29,31
Нормативные ограничения, отсутствие стандартов по применению цифровых технологий	26,71
Неверная оценка сроков реализации и ошибки в планировании работ предприятия	24,14
Постоянные изменения требований и спецификаций работ предприятия	17,59
Технологическая некомпетентность и нехватка кадровых ресурсов	15,72

Данные таблицы подтверждают сделанные ранее выводы о необходимости оценки воздействия на цифровую готовность промышленных предприятий не только цифровой зрелости, но и внутренних и внешних рисков. Поэтому необходимый в настоящее время выбор направлений цифровизации промышленных предприятий следует осуществлять исходя из оценки достигнутого ими уровня цифровой зрелости и готовности к цифровой трансформации в соответствии с современными вызовами цифровой экономики. Успешная цифровая трансформация предприятий РФ реализуема только при условии разработки эффективных стратегий и проектов цифровой трансформации на основе системного изучения влияния на цифровую готовность предприятий факторов их цифрового потенциала, различных внешних и внутренних рисков. Полученные результаты исследования демонстрируют руководству и специалистам предприятий потенциальные предпосылки и условия повышения цифровой готовности и цифровой зрелости. Оценка цифровой зрелости промышленных предприятий и их готовности к цифровой трансформации должна быть основана на комплексном учете технологических, компетентностных и процессных критериев, что позволит отечественному промышленному производству быстрее адаптироваться к конъюнктурным изменениям мирового рынка, внешнеэкономическим и политическим угрозам.

Перспективы развития проведенного исследования связаны с расширением выборки промышленных предприятий, а также более детальным изучением влияния внешних и внутренних риск-факторов на цифровую готовность.

Заключение

Основными направлениями оценки цифровой зрелости промышленных предприятий являются технологическая и организационная зрелость. Ключевой критерий оценки — соответствие технологий, квалификации использующего их персо-

нала и бизнес-процессов, в которых они применяются, как минимум среднеотраслевому уровню, а как максимум — лучшим мировым практикам.

Наиболее обоснованным и стратегически перспективным из существующих подходов к оценке цифровой готовности предприятий является, с точки зрения авторов исследования, комбинированный (комплексный) подход, интегрирующий технологические, компетентностные и процессные критерии оценки готовности.

Готовность промышленного предприятия к цифровой трансформации характеризуется потребностью в цифровых изменениях и условиями для их реализации. Исследование показало, что на нее влияют, помимо достигнутого уровня цифровой зрелости (определяемого технологической и организационной составляющими в сравнении с отраслевыми практиками), такие факторы, как внешние стимулы и стратегические интересы компании, эффекты, полученные ею от предшествующих мероприятий по цифровизации и ожидаемые в перспективе, а также прогнозируемые риски и горизонт планирования будущих цифровых инициатив.

Предпосылкой для стимулирования (повышения готовности) промышленных предприятий к цифровой трансформации бизнес-моделей являются главным образом открывающиеся новые возможности для повышения конкурентоспособности.

Условия повышения готовности промышленных предприятий к цифровой трансформации, как следует из результатов исследования, определяются доступностью необходимых ресурсов. Поэтому предприятиям отечественного промышленного производства следует учитывать необходимость системной оценки влияния факторов их цифрового потенциала, различных внешних и внутренних рисков на их цифровую готовность для последующей разработки эффективных стратегий и проектов цифровой трансформации.

В связи с этим в качестве направления дальнейших исследований видится задача разработки модели для оценки готовности предприятий к цифровой трансформации, учитывающей перечисленные факторы, предпосылки и условия повышения цифровой готовности.

Литература

- Абрамов, В. И., Борзов, А. В. и Семенов, К. Ю. (2022) 'Оценка готовности малых и средних предприятий к цифровой трансформации', *Вопросы инновационной экономики*, 12 (3), с. 1573–1596.
- Архипова, Т. В. и Сидоренко, М. Г. (2022) 'Влияние процессов цифровизации на потенциал устойчивости промышленного предприятия', *Креативная экономика*, 16 (6), с. 2221–2238.
- Бабкин, А. В., Глухов, В. В. и Шкарупета, Е. В. (2022) 'Методика оценки цифровой зрелости отраслевых промышленных экосистем', *Организатор производства*, 30 (3), с. 7–20.
- Бабкин, А. В., Шкарупета, Е. В., Гилева, Т. А., Положенцева, Ю. С. и Чэнь, Л. (2022) 'Методика оценки разрывов цифровой зрелости промышленных предприятий', *МИР (Модернизация. Инновации. Развитие)*, 13 (3), с. 443–458.
- Балахонова, И. В. (2021) *Оценка цифровой зрелости как первый шаг цифровой трансформации процессов промышленного предприятия*. Пенза: Изд-во ПГУ, с. 28–38, 189.
- Веселовский, М. Я. и Хорошавина, Н. С. (ред.) (2021) *Цифровая трансформация промышленных предприятий в условиях инновационной экономики*. М.: Мир науки.
- Вылгина, Ю. В. и Шишова, А. С. (2022) 'Обзор подходов к оценке уровня цифровой зрелости организации', *Информация и инновации*, 17 (2), с. 64–75.
- Галимова, М. П. (2019) 'Готовность российских предприятий к цифровой трансформации: организационные драйверы и барьеры', *Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика*, 1 (27), с. 27–37.

- Гилева, Т.А. (2019) 'Цифровая зрелость предприятия: методы оценки и управления', *Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика*, 1 (27), с. 38–52.
- Горюнова, Л. А., Цветкова, Л. А. и Павличенко, А. А. (2022) 'Приоритеты инвестирования в цифровую экономику', *Финансовый бизнес*, 5 (227), с. 29–32.
- Долганова, О. И. и Деева, Е. А. (2019) 'Готовность компании к цифровым преобразованиям: проблемы и диагностика', *Бизнес-информатика*, 13 (2), с. 59–72.
- Исаев, Е. А., Коровкина, Н. Л. и Табакова, М. С. (2018) 'Оценка готовности ИТ-подразделения компании к цифровой трансформации бизнеса', *Бизнес-информатика*, 2 (44), с. 55–64. <https://doi.org/10.17323/1998-0663.2018.2.55.64>
- Краковская, И. Н. (2023) 'Проблемы оценки цифровой зрелости и готовности промышленных предприятий к цифровой трансформации', в Родионов Д. Г. (ред.) *Интеллектуальная инженерная экономика и Индустрия 5.0 (ИНПРОМ): сб. трудов VIII Междунар. науч.-практ. конф.* СПб., с. 430–433.
- Краковская, И. Н., Корокошко, Ю. В., Слушкина, Ю. Ю. и Казаков, Е. А. (2022) 'Влияние глобальных тенденций цифровизации на трансформацию бизнес-моделей промышленных компаний', *Регионоведение*, 30 (4), с. 823–850.
- Лезина, Т. А., Иванова, В. В. и Стоянова, О. В. (2022) 'Влияние цифровой трансформации на российский бизнес: систематизация взглядов и опыта', *Информационное общество*, 2, с. 10–17.
- Лола, И. С. и Бакеев, М. Б. (2019) 'Цифровая трансформация в отраслях обрабатывающей промышленности России: результаты конъюнктурных обследований', *Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика*, 35 (4), с. 628–657.
- Попов, Е. В., Симонова, В. Л. и Черепанов, В. В. (2021) 'Уровни цифровой зрелости промышленного предприятия', *Journal of New Economy*, 22 (2), с. 88–109.
- Салимова, Т. А., Бирюкова, Л. И. и Аникина, Н. В. (2021) 'Трансформация бизнеса в условиях цифровой экономики: зарубежный подход и российские возможности', *Регионоведение*, 29 (2), с. 328–354.
- Стоянова, О. В., Лезина, Т. А. и Иванова, В. В. (2022) 'Стратегическое управление компаний в условиях цифровой трансформации: анализ концепций, подходов и методов', *Вестник Санкт-Петербургского университета. Менеджмент*, 21 (3), с. 370–394.
- Фролов, В. Г., Трофимов, О. В. и Мартынова, Т. С. (2020) 'Формирование механизма развития промышленного предприятия в условиях цифровизации', *Экономика, предпринимательство и право*, 8, с. 2243–2261.
- Ценжарик, М. К., Крылова, Ю. В. и Стешенко, В. И. (2020) 'Цифровая трансформация компаний: стратегический анализ, факторы влияния и модели', *Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика*, 36 (3), с. 390–420. <https://doi.org/10.21638/spbu05.2020.303>
- Чапо, Д., Калязина, С. Е., Багаева, И. В. и Зотова, Е. А. (2019) 'Оценка готовности российских промышленных предприятий к цифровой трансформации', *Глобальный научный потенциал*, 9 (102), с. 140–145.
- Чурсин, А. А. и Кокуйцева, Т. В. (2022) 'Развитие методов оценки цифровой зрелости организации с учетом регионального аспекта', *Экономика региона*, 18 (2), с. 450–463. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-11>
- Шпак, П. С. (2022) 'Цифровая трансформация промышленного предприятия как фактор повышения его конкурентоспособности', *Актуальные проблемы экономики и менеджмента*, 2 (34), с. 172–184.
- Шкарупета, Е. В. (2023) 'Практические аспекты оценки цифровой зрелости промышленных предприятий в условиях пилотирования инноваций в цифровых сервисах ГИСП', *Информатизация в цифровой экономике*, 4 (1). <https://doi.org/10.18334/ide.4.1.117048>
- Agca, O., Gibson, J., Godsell, J., Ignatius, J., Davies, C. W. and Xu, O. (2017) *An Industry 4 readiness assessment tool*. Loughborough: Loughborough University, pp. 1–19.
- Bibby, L. and Dehe, B. (2018) 'Defining and assessing industry 4.0 maturity levels — case of the defence sector', *Production Planning and Control*, 29 (12), pp. 1030–1043.
- Brian, W., Stehn L., Anil Sezer, A. and Thunberg, M. (2021) 'Introduction of a digital maturity assessment framework for construction site operations', *International Journal of Construction Management*, 23 (1). <https://doi.org/10.1080/15623599.2021.1943629>
- Felippes, B., Silva, B., Sanderson, I., Tobias, A., Heine, I. and Schmitt, R. (2022) '3D-CUBE readiness model for industry 4.0: Technological, organizational, and process maturity enablers', *Production & Manufacturing Research*, 10 (1), pp. 875–937.

- Hizam-Hanafiah, M., Soomro, M. and Abdullah, N. (2020) 'Industry 4.0 readiness models: A systematic literature review of model dimensions', *Information*, 11 (7), p. 364.
- Hortovanyi, L., Morgan, R., Vuksanovic, I., Djuricin, H., Hanak, R., Horvath, D., Mocan, M., Romanova, A. and Szabo, R. (2023) 'Assessment of digital maturity: The role of resources and capabilities in digital transformation in B2B firms', *International Journal of Production Research*, 61 (23), pp. 8043–8061.
- Krakovskaya, I. and Korokoshko, J. (2021) 'Assessment of the readiness of industrial enterprises for automation and digitalization of business processes', *Electronics*, 10, p. 2722.
- Lokuge, S., Sedera, D., Grover, V. and Dongming, X. (2019) 'Organizational readiness for digital innovation: development and empirical calibration of a construct', *Information and Management*, 56 (3), pp. 445–461.
- Machado, C. G., Winroth, M., Almström, P., Ericson Öberg, A., Kurdve, M. and AlMashalah, S. (2021) 'Digital organizational readiness: experiences from manufacturing companies', *Journal of Manufacturing Technology Management*, 32 (9), pp. 167–182.
- Machado, C. G., Winroth, M., Carlsson, D. and Centerholt, V. (2019) 'Digitalization for sustainable production: Exploring the use of digital maturity models', *Proceedings of the 6th EurOMA Sustainable Operations and Supply Chains Forum 2019*. Gothenburg, Sweden.
- Sjödin, D. R., Parida, V., Leksell, M. and Petrovic, A. (2018) 'Smart factory implementation and process innovation', *Research-Technology Management*, 61 (5), pp. 22–31.
- Stoianova, O. V., Lezina, T. A. and Ivanova, V. V. (2020) 'The framework for assessing company's digital transformation readiness', *St. Petersburg University Journal of Economic Studies*, 36 (2), pp. 243–265.
- Voss, M., Jaspert, A. C. and Sucke, L. (2023) 'Developing a digital maturity model for the sales processes of industrial projects', *Journal of Personal Selling & Sales Management*, 44 (1), pp. 1–21.
- Wagire, A. A., Rathore, A. and Rakesh, J. (2021) 'Identification and prioritisation of challenges to Industry 4.0 adoption in the Indian manufacturing industry', *International Journal of Business Excellence*, 24 (2), pp. 248–274.

Статья поступила в редакцию: 23.08.2023

Статья рекомендована к печати: 16.05.2024

Контактная информация:

Краковская Ирина Николаевна — д-р экон. наук, проф.; <https://orcid.org/0000-0003-3332-2332>, krakovskayain@mail.ru

Корокошко Юлия Владимировна — канд. экон. наук, доц.; <https://orcid.org/0000-0003-0612-1527>, ulya_korokoshko@mail.ru

Слушкина Юлиана Юрьевна — канд. экон. наук, доц.; <https://orcid.org/0000-0002-5677-342X>, slushkinayu@mail.ru

Digital maturity of industrial enterprises: Evaluation experience*

I. N. Krakovskaya, J. V. Korokoshko, Yu. Yu. Slushkina

National Research Mordovia State University,
68, ul. Bolchevistskaya, Saransk, 430005, Russian Federation

For citation: Krakovskaya, I. N., Korokoshko, J. V. and Slushkina, Yu. Yu. (2024) 'Digital maturity of industrial enterprises: Evaluation experience', *St. Petersburg University Journal of Economic Studies*, 40 (3), pp. 433–459. <https://doi.org/10.21638/spbu05.2024> (In Russian)

The article is devoted to the study of theoretical and practical aspects of assessing the digital maturity of enterprises and their readiness for digital transformation in accordance with the

* The research was carried out at the expense of the grant of the Russian Science Foundation no. 22-28-00489 "Development of business models of the industrial sector in the face of challenges of digital transformation", <https://rscf.ru/project/22-28-00489/>.

challenges of the digital economy. The purpose of the article is to determine the relationship between digital maturity and digital readiness of enterprises, prerequisites, factors and conditions for their improvement. The achievement of the goal is ensured by the use of methods of comparative analysis, a system-structural approach, theoretical analysis of publications, the use of empirical methods, in particular questionnaires, quantitative methods and qualitative expert assessment. The possibility of applying digital maturity assessment models to study the readiness of industrial enterprises for digital transformation is being investigated. The criteria for assessing the digital maturity and digital readiness of enterprises are highlighted. In the course of the study, hypotheses were confirmed that there is a direct dependence of the readiness of industrial enterprises for digital transformation on the achieved level of digital maturity of technologies and business processes in the company, as well as on the received and expected effects of digitalization, accumulated economic potential and projected risks. The main theoretical and methodological conclusions are outlined in the context of the identified factors, prerequisites, conditions for increasing digital maturity and readiness of enterprises for digital transformation. The necessity of a systematic study of the influence of digital potential factors, various external and internal risk factors on the digital readiness of industrial enterprises for the development of strategies, long-term plans and projects of digitalization and digital transformation is emphasized.

Keywords: digital economy, digital transformation, digital maturity, digital readiness, industrial enterprise.

References

- Abramov, V. I., Borzov, A. V. and Semenov, K. Yu. (2022) 'Assessment of readiness of small and medium-sized enterprises for digital transformation', *Voprosy innovatsionnoi ekonomiki*, 12 (3), pp. 1573–1596. (In Russian)
- Agca, O., Gibson, J., Godsell, J., Ignatius, J., Davies, C. W. and Xu, O. (2017) *An Industry 4 readiness assessment tool*. Loughborough: Loughborough University, pp. 1–19.
- Arkhipova, T. V. and Sidorenko, M. G. (2022) 'The impact of digitalization processes on the sustainability potential of an industrial enterprise', *Kreativnaia ekonomika*, 16 (6), pp. 2221–2238. (In Russian)
- Babkin, A. V., Glukhov, V. V. and Shkarupeta, E. V. (2022) 'Methodology for assessing digital visibility industrial ecosystems', *Organizator proizvodstva*, 30 (3), pp. 7–20. (In Russian)
- Babkin, A. V., Shkarupeta, E. V., Gileva, T. A., Polozhentseva, Yu. S. and Chen, L. (2022) 'Methodology for assessing digital maturity gaps of industrial enterprises', *MIR (Modernizatsiia. Innovatsii. Razvitie)*, 13 (3), pp. 443–458. (In Russian)
- Balakhonova, I. V. (2021) 'Assessment of digital maturity as the first step of digital transformation of industrial enterprise processes', Penza: Izdatel'stvo Penzenskogo gosudarstvennogo universiteta Publ., pp. 28–38, 189. (In Russian)
- Bibby, L. and Dehe, B. (2018) 'Defining and assessing industry 4.0 maturity levels — case of the defence sector', *Production Planning and Control*, 29 (12), pp. 1030–1043.
- Brian, W., Stehn L., Anil Sezer, A. and Thunberg, M. (2021) 'Introduction of a digital maturity assessment framework for construction site operations', *International Journal of Construction Management*, 23 (1). <https://doi.org/10.1080/15623599.2021.1943629>
- Chapo, D., Kalyazina, S. E., Bagaeva, I. V. and Zotova, E. A. (2019) 'Assessment of the readiness of Russian industrial enterprises for digital transformation', *Global'nyi nauchnyi potentsial*, 9 (102), pp. 140–145. (In Russian)
- Chursin, A. A. and Kokuitseva, T. V. (2022) 'Development of methods for assessing the digital maturity of an organization taking into account the regional aspect', *Economics of the region*, 18 (2), pp. 450–463. (In Russian)
- Dolganova, O. I. and Deeva, E. A. (2019) 'The company's readiness for digital transformation: Problems and diagnostics', *Business Informatics*, 13 (2), pp. 59–72. (In Russian)
- Felippes, B., Silva, B., Sanderson, I., Tobias, A., Heine, I. and Schmitt, R. (2022) '3D-CUBE readiness model for industry 4.0: Technological, organizational, and process maturity enablers', *Production & Manufacturing Research*, 10 (1), pp. 875–937.

- Frolov, V. G., Trofimov, O. V. and Martynova, T. S. (2020) 'Formation of a mechanism for the development of industrial enterprises in the context of digitalization', *Economics, Entrepreneurship and Law*, 8, pp. 2243–2261. (In Russian)
- Galimova, M. P. (2019) 'Readiness of Russian enterprises for digital transformation: Organizational drivers and barriers', *Bulletin of USPTU. Science, education, economics. Series: Economics*, 1 (27), pp. 27–37. (In Russian)
- Gileva, T. A. (2019) 'Digital maturity of an enterprise: Methods of assessment and management', *Bulletin of USPTU. Science, education, economics. Economics Series*, 1 (27), pp. 38–52. (In Russian)
- Goryunova, L. A., Tsvetkova, L. A. and Pavlichenko, A. A. (2022) 'Priorities of investing in the digital economy', *Finansovyi biznes*, 5 (227), pp. 29–32. (In Russian)
- Hizam-Hanafiah, M., Soomro, M. and Abdullah, N. (2020) 'Industry 4.0 readiness models: A systematic literature review of model dimensions', *Information*, 11 (7), p. 364.
- Hortovanyi, L., Morgan, R., Vuksanovic, I., Djuricin, H., Hanak, R., Horvath, D., Mocan, M., Romanova, A. and Szabo, R. (2023) 'Assessment of digital maturity: The role of resources and capabilities in digital transformation in B2B firms', *International Journal of Production Research*, 61 (23), pp. 8043–8061.
- Isaev, E. A., Korovkina, N. L. and Tabakova, M. S. (2018) 'Assessment of the readiness of the company's IT department for digital business transformation', *Business Informatics*, 2 (44), pp. 55–64. (In Russian)
- Krakovskaya, I. and Korokoshko, Yu. (2021) 'Assessment of the readiness of industrial enterprises for automation and digitalization of business processes', *Electronics*, 10, p. 2722.
- Krakovskaya, I. N. (2023) 'Problems of assessing digital maturity and readiness of industrial enterprises for digital transformation', in Rodionov D. G. (ed.) *Intellectual Engineering Economics and Industry 5.0 (INPROM): Proceedings of the 8th International Scientific and Practical Conference*. St. Petersburg, pp. 430–433. (In Russian)
- Krakovskaya, I. N., Korokoshko, Yu. V., Slushkina, Yu. Yu. and Kazakov, E. A. (2022) 'The impact of global digitalization trends on the transformation of business models of industrial companies', *Russian Journal of Regional Studies*, 30 (4), pp. 823–850. (In Russian)
- Lezina, T. A., Ivanova, V. V. and Stoyanova, O. V. (2022) 'The impact of digital transformation on Russian business: systematization of views and experience', *Information Society*, 2, pp. 13–20. (In Russian)
- Lokuge, S., Sedera, D., Grover, V. and Dongming, X. (2019) 'Organizational readiness for digital innovation: Development and empirical calibration of a construct', *Information and Management*, 56 (3), pp. 445–461.
- Lola, I. S. and Bakeev, M. B. (2019) 'Digital transformation in the manufacturing industries of Russia: Results of market surveys', *St. Petersburg University Journal of Economic Studies*, 35 (4), pp. 628–657. (In Russian)
- Machado, C. G., Winroth, M., Almström, P., Ericson Öberg, A., Kurdve, M. and AlMashalah, S. (2021) 'Digital organizational readiness: Experiences from manufacturing companies', *Journal of Manufacturing Technology Management*, 32 (9), pp. 167–182.
- Machado, C. G., Winroth, M., Carlsson, D. and Centerholt, V. (2019) 'Digitalization for sustainable production: Exploring the use of digital maturity models', *Proceedings of the 6th EurOMA Sustainable Operations and Supply Chains Forum 2019*. Gothenburg, Sweden.
- Popov, E. V., Simonova, V. L. and Cherepanov, V. V. (2021) 'Levels of digital maturity of an industrial enterprise', *Journal of New Economy*, 22 (2), pp. 88–109. (In Russian)
- Salimova, T. A., Biryukova, L. I. and Anikina, N. V. (2021) 'Business Transformation in the Digital Economy: The Foreign Approach and Russian Opportunities', *Russian Journal of Regional Studies*, 29 (2), pp. 328–354. (In Russian)
- Shkarupeta, E. V. (2023) 'Practical aspects of assessing the digital maturity of industrial enterprises in the context of piloting innovations in digital GIS services', *Journal of Digital Economy Research*, 4 (1). <https://doi.org/10.18334/ide.4.1.117048> (In Russian)
- Shpak, P. S. (2022) 'Digital transformation of an industrial enterprise as a factor of increasing its competitiveness', *Aktual'nye problemy ekonomiki i menedzhmenta*, 2 (34), pp. 172–184. (In Russian)
- Sjödin, D. R., Parida, V., Leksell, M. and Petrovic, A. (2018) 'Smart factory implementation and process innovation', *Research-Technology Management*, 61 (5), pp. 22–31.
- Stoianova, O. V., Lezina, T. A. and Ivanova, V. V. (2020) 'The framework for assessing company's digital transformation readiness', *St. Petersburg University Journal of Economic Studies*, 36 (2), pp. 243–265.
- Stoianova, O. V., Lezina, T. A. and Ivanova, V. V. (2022) 'Strategic management of a company in the Context of digital transformation: Analysis of Concepts, approaches and methods', *St. Petersburg University Journal of Management*, 21 (3), pp. 370–394. (In Russian)

- Tsenzharik, M. K., Krylova, Yu. V. and Steshenko, V.I. (2020) 'Digital transformation of companies: Strategic analysis, factors of influence and models', *St. Petersburg University Journal of Economic Studies*, 36 (3), pp. 390–420. (In Russian)
- Veselovsky, M. Ya. and Khoroshavina, N. S. (eds) (2021) *Digital transformation of industrial enterprises in an innovative economy*. Moscow: Mir nauki Publ., 296 p. (In Russian)
- Voss, M., Jaspert, A. C. and Sucke, L. (2023) 'Developing a digital maturity model for the sales processes of industrial projects', *Journal of Personal Selling & Sales Management*, 44 (1), pp. 1–21. <https://doi.org/10.1080/08853134.2022.2151014>
- Vylgina, Yu. V. and Shishova, A. S. (2022) 'Review of approaches to assessing the level of digital visibility of an organization', *Informacia i innovacii*, 17 (2), pp. 64–75. (In Russian)
- Wagire, A. A., Rathore, A. and Rakesh, J. (2021) 'Identification and prioritisation of challenges to Industry 4.0 adoption in the Indian manufacturing industry', *International Journal of Business Excellence*, 24 (2), pp. 248–274.

Received: 23.08.2023

Accepted: 16.05.2024

Authors' information:

Irina N. Krakovskaya — Dr. Sci. in Economics, Professor; <https://orcid.org/0000-0003-3332-2332>, krakovskayain@mail.ru

Julia V. Korokoshko — PhD in Economics, Associate Professor; <https://orcid.org/0000-0003-0612-1527>, ulya_korokoshko@mail.ru

Yuliana Yu. Slushkina — PhD in Economics, Associate Professor; <https://orcid.org/0000-0002-5677-342X>, slushkinayu@mail.ru