

ФГБУН Институт экономики
Уральского отделения Российской академии наук

На правах рукописи



Бочкарев Алексей Михайлович

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ ОЦЕНКИ
ПРОЦЕССОВ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

5.2.3 – Региональная и отраслевая экономика (экономика промышленности)

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Научный руководитель
доктор экономических наук, доцент
Урасова Анна Александровна

Пермь – 2023

Оглавление

Введение	4
1 Теоретико-методические аспекты процесса цифровизации отраслей промышленности	13
1.1 Теоретические подходы к исследованию процессов цифровизации отраслей промышленности	13
1.2 Методические аспекты оценки цифрового развития отраслей промышленности	27
1.3 Ключевые приоритеты цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности	53
2 Обоснование инструментов внутрифирменного стратегического планирования в условиях цифровой трансформации	70
2.1 Ключевые тенденции цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности	70
2.2 Методический подход к анализу процессов цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности	86
2.3 Инструментарий внутрифирменного и стратегического планирования на предприятиях и в отраслях промышленности в условиях цифровой трансформации	94
3 Эффективность цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности	111
3.1 Методический инструментарий оценки процессов цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности РФ	111
3.2 Стратегии цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности	130
3.3 Механизм выработки стратегии цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности	166
Заключение	176

Список литературы	180
Приложение А (обязательное)	218
Использование информационно-коммуникационных технологий в предпринимательском секторе по странам	218
Приложение Б (обязательное).....	219
Корреляционная матрица.....	219
Приложение В (обязательное)	224
Оценочный лист АО «МХК «ЕвроХим».....	224
Приложение Г (обязательное).....	225
Промышленные предприятия – лидеры цифровизации в РФ в разрезе отраслей	225
Приложение Д (обязательное)	239
Расчет преобразованных показателей для предприятий машиностроительной отрасли	239
Приложение Е (обязательное)	245
Расчет преобразованных показателей для предприятий металлургической отрасли.....	245
Приложение Ж (обязательное)	250
Расчет преобразованных показателей для предприятий химической отрасли ..	250
Приложение З (обязательное).....	254
Расчет преобразованных показателей для предприятий нефтегазовой отрасли.....	254
Приложение И (обязательное).....	257
Расчет агрегированного показателя для рассмотренных отраслей	257
Приложение К (обязательное)	257
Значения агрегированных показателей по отраслям.....	257
Приложение Л (обязательное)	262
Расчет суммарного балла экспертных оценок АО «МХК «ЕвроХим».....	262
Приложение М (обязательное)	263
Алгоритм построения нейросетевой модели.....	263

Введение

Актуальность темы исследования. Формирование цифровой экономики является одним из стратегических приоритетов РФ, поскольку выносит на повестку дня вопрос национальной безопасности и повышения конкурентоспособности промышленной продукции на мировых рынках. Несмотря на то, что доля цифровой экономики в валовом внутреннем продукте страны на текущий момент не превышает 0,5 %, темпы ее роста в ВВП достигают 8,5 %. Ведущую роль в процессе развития цифровой экономики играют отрасли промышленности, главным образом сопряженные с разработкой и производством роботов, датчиков и сенсоров, новых материалов, внедрением прорывных технологий в целях разработки цифровых платформ для интеллектуальных систем управления.

Технологический уровень развития отраслей и предприятий промышленности, их технологическая дифференциация напрямую коррелируют с уровнем развития материальной сферы, поскольку именно там формируются высокотехнологичные промышленные лидеры и отраслевые сегменты. Отечественные промышленные предприятия все больше акцентируют свое внимание на аспектах цифровизации хозяйственной деятельности, что обуславливает появление повышенных требований к процессам цифровизации, связанных с высокой сложностью внедрения облачных и сквозных технологий, киберфизических систем, применением средств обработки и аналитического анализа больших массивов данных, обеспечивающих функциональную совместимость, «умную» специализацию и управление жизненным циклом изделия. Так, количество применяемых передовых информационных систем в российской промышленности увеличилось за последние пять лет практически на 40 %.

Неоднозначность существующих инструментов оценки эффективности процессов цифровой трансформации в отраслях и на предприятиях промышленности требует выработки и определения универсальных критериев, методических подходов и разработки инструментов измерения цифровых преобразований.

Таким образом, актуализация и развитие теоретико-методических основ цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности вызывают потребность в выработке соответствующего методического подхода, инструментов анализа, методик оценки и механизмов внедрения.

Степень научной разработанности проблемы. Базовые положения ключевых теорий технологической эволюции достаточно глубоко изучены в научном дискурсе. Так, основы теорий технологического развития раскрыты в трудах Д. Белла, С. Ю. Глазьева, В. Л. Иноземцева, Н. Д. Кондратьев, Д. С. Львова, Э. Тоффлера, Е. Ю. Хрусталева, Б. Г. Шелегеды, Й. Шумпетера и др. Различные положения концепции промышленных революций доработаны и конкретизированы в работах М. В. Подшиваловой, А. А. Смышляевой, В. И. Фреймана и др. Положения теории индустриального развития на современном этапе были развиты Е. Г. Анимицей, С. Д. Бодруновым, С. Д. Валентеем, Р. С. Гринбергом, Н. В. Новиковой, Я. П. Силиным, Д. Е. Сорокиным, Е. Б. Ленчук, В. В. Литовским и др.

Исследованиям концептуальных положений экосистемного, технологического, отраслевого и процессного методических подходов в развитии отраслей и предприятий промышленности посвящены научные труды А. Н. Головиной, А. С. Молчана, С. В. Ореховой, О. Е. Пудовкиной, С. Г. Пьянковой, Н. А. Симченко, Е. В. Шестаковой и др.

Вопросы развития отраслей и предприятий промышленности активно изучаются российскими учеными, труды которых сформировали обширный теоретико-методический материал. Базисом диссертационного исследования послужили результаты работ В. В. Акбердиной, Е. Ю. Виноградовой, Д. А. Гайнанова, Г. А. Гершанока, Ю. Г. Лавриковой, М. С. Кувшинова, А. Н. Пыткина, О. А. Романовой, О. С. Сухарева, А. И. Татаркина, А. А. Урасовой, С. Ю. Цехлы и др.

Тем не менее в научной литературе отдельные аспекты анализа и оценки процессов цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности раскрыты фрагментарно, в том числе вопросы создания и совершенствования

передовых методических инструментов внутрифирменного и стратегического планирования на промышленных предприятиях, внедрения и реализации прорывных цифровых технологий.

Особая значимость и недостаточная проработанность поставленной проблемы в современных условиях определили выбор темы, объекта, предмета, цели и задач настоящего диссертационного исследования.

Таким образом, представленная работа направлена на решение крупной народно-хозяйственной проблемы разработки эффективных механизмов, определяющих стратегические приоритеты цифровой трансформации промышленности в условиях перехода отраслей и предприятий к Индустрии 4.0, ускорения процессов технологической модернизации отраслей.

Объектом исследования выступают отрасли и предприятия промышленности, находящиеся на различных стадиях цифровой трансформации.

Предметом исследования является совокупность отраслевых организационно-экономических процессов и бизнес-процессов на промышленных предприятиях, возникающих в ходе цифровой трансформации промышленности.

Цель диссертационного исследования заключается в разработке и теоретико-методическом обосновании методического инструментария оценки процессов цифровой трансформации промышленности.

Для реализации поставленной цели исследования определены следующие взаимосвязанные **задачи** научно-прикладного характера:

- 1) дополнить теоретические аспекты цифровой трансформации отраслей промышленности, уточнив категориальный аппарат;
- 2) разработать и апробировать методический инструментарий оценки процессов цифровой трансформации промышленности;
- 3) предложить механизм выработки стратегии цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности и алгоритм его внедрения.

Научная проблема исследования заключается в предположении, что промышленные предприятия реализуют цифровые решения в отсутствие

согласованности с отраслевыми приоритетами, а цифровая трансформация отраслей промышленности происходит неравномерно, несистемно.

Теоретико-методологической основой работы послужили труды отечественных и зарубежных ученых в области цифровизации отраслей и предприятий промышленности.

Эмпирической базой для обеспечения достоверности выводов послужили данные статистического анализа, нормативные документы, данные ведомственных баз данных государственных органов власти, фактические материалы промышленных предприятий.

Методологической основой работы выступают системный и интегральный подходы, позволяющие комплексно рассмотреть процесс цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности и применять синтез коэффициентного и матричного анализа для систематизации наиболее значимых приоритетов цифровой трансформации, сложившихся в информационной среде, а также рассчитывать агрегированные показатели, базирующиеся на выборке неструктурированных данных, в целях построения нейросетевой модели оценки цифровых преобразований на промышленном предприятии.

Информационной базой диссертационной работы служат нормативно-правовые акты РФ в сфере цифровой экономики, данные органов статистики, публикации результатов научных исследований, финансовая отчетность, нормативные и локальные акты промышленных предприятий об организации процесса цифровой трансформации.

Соответствие содержания работы избранной специальности. Содержание диссертационного исследования соответствует Паспорту номенклатуры специальностей научных работников ВАК 5.2.3 – Региональная и отраслевая экономика (экономика промышленности).

Научные результаты, полученные лично автором, и их новизна, являющаяся предметом защиты:

На основе теорий технологической эволюции, промышленных революций и индустриального развития *развиты* теоретические аспекты цифровой

трансформации промышленности, а именно: *обоснован* авторский подход к определению сущности цифровой трансформации промышленности, *отличающийся* выделением уровней цифровых трансформационных процессов, расширением содержательных характеристик цифровой трансформации промышленности и обоснованием новых форм межотраслевого взаимодействия, вызванных цифровизацией. В рамках авторского подхода: а) *уточнено понятие* «цифровая трансформация промышленности», под которым предложено понимать многоуровневый интеграционный кросс-отраслевой процесс перехода промышленности на новый технологический уклад посредством масштабного внедрения цифровых технологий в целях формирования в отрасли цифровых промышленных экосистем; б) *предложена* авторская классификация процессов цифровой трансформации промышленности на основе критериев цифровизации процессов, что *позволило* сформулировать доминанты цифровой трансформации промышленности, которые заключаются в интеграции отраслевых и бизнес-процессов в ходе формирования единой стратегии промышленного развития (п. 2.1. «Теоретико-методологические основы анализа проблем промышленного развития»).

Разработан методический инструментарий оценки процессов цифровой трансформации промышленности, *основанный* на положениях экосистемного и процессного подходов, *отличающийся* учетом динамических характеристик промышленных и технологических изменений и *предусматривающий* два уровня исследования в рамках единого цифрового пространства: а) на отраслевом уровне *предложена* авторская методика стратегического позиционирования отраслей промышленности на матрице цифровой трансформации; б) на уровне промышленных предприятий *разработана* нейросетевая модель диагностики уровня системности процессов цифровой трансформации, включая степень охвата бизнес-процессов, потенциальные экономические эффекты и стратегические ориентиры внутрифирменного планирования. Авторский методический инструментарий *позволяет* детализировать направления цифровой трансформации для ключевых отраслей промышленности на основе расчета агрегированных

показателей, формировать оптимальную конфигурацию цифровых решений для промышленных предприятий и оценивать уровень соответствия приоритетов цифровизации на предприятиях отраслевым приоритетам (п.2.16. *«Инструменты внутрифирменного и стратегического планирования на промышленных предприятиях, отраслях и комплексах»*).

Обоснован авторский организационно-экономический механизм согласования стратегических приоритетов цифровой трансформации промышленных отраслей и приоритетов цифрового развития на промышленных предприятиях, *определяющий* скоординированную деятельность федеральных отраслевых ведомств, отраслевых объединений и промышленных предприятий и *обеспечивающий* комплексный характер принимаемых управленческих решений. На основе предложенного механизма *сформулированы* характеристики типовых стратегий цифровой трансформации промышленных отраслей и предприятий: «точечная», «приоритезации», «системная» и «экосистемная», *позволяющие* обосновывать выбор стратегии цифровой трансформации промышленных отраслей, алгоритмизировать процесс его реализации на различных уровнях государственного управления и обеспечить баланс между возможностями отдельной отрасли промышленности и преимуществами конкретного промышленного предприятия (п.2.16. *«Инструменты внутрифирменного и стратегического планирования на промышленных предприятиях, отраслях и комплексах»*).

Теоретическая и практическая значимость результатов исследования заключается в развитии теории технологической эволюции, концепции промышленных революций, индустриального развития в части расширения методических основ анализа процессов цифровой трансформации промышленных отраслей и предприятий, совершенствовании инструментария оценки цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности.

Полученные результаты могут использоваться: органами отраслевого управления при выработке концептуальных положений и программ цифровой трансформации промышленных предприятий и отраслей; руководством предприятий и отраслевыми НИИ для разработки стратегии цифровой трансформации промышленного предприятия; учреждениями науки и высшего образования при разработке учебных программ и курсов по цифровой трансформации отраслей промышленности, экономике предприятий, а также при осуществлении переподготовки и повышении квалификации руководителей и специалистов предприятий промышленности.

Апробация и внедрение результатов исследования. Основные положения диссертационной работы докладывались на конференциях различного уровня в таких городах, как Пермь, Екатеринбург, Оренбург, Санкт-Петербург, тематика которых связана с вопросами развития отраслей и предприятий промышленности в условиях цифровой трансформации, где получили положительную оценку.

Научные положения и материалы диссертации были использованы:

– Министерством промышленности и торговли Пермского края в части корректировки процедуры мониторинга выполнения основных положений региональной промышленной политики и определения конкурентных преимуществ базовых отраслей промышленности региона;

– АО «МХК «ЕвроХим» при разработке программы модернизации предприятия и позиционирования в цифровом пространстве химической отрасли РФ.

Отдельные теоретические и методические положения по оценке процессов цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности, полученные автором и представленные в диссертационном исследовании, частично отражены в научно-исследовательской работе ФГБУН Институт экономики УрО РАН «Методология формирования стратегических приоритетов развития пространственно-отраслевой структуры регионов в условиях цифровизации экономики» (№ ГР 121040800096-1), а также применяются в учебном процессе при чтении курсов лекций по дисциплинам «Экономика предприятия (организации)»,

«Информационные технологии в экономике и управлении», «Моделирование управленческих решений» на экономическом факультете ФГБОУ ВО «Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д. Н. Прянишникова».

В рамках исследования получено патентное свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Нейросетевая модель цифровой трансформации предприятий и отраслей промышленности РФ» № 2023665928 от 02.07.2023 (заявка № 2023663599 от 29.06.2023), заявитель – Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего науки Институт экономики УрО РАН.

Публикации. Результаты научных исследований нашли отражение в 23 работы, из них 13 работ в изданиях из перечня ВАК (общий объем публикаций составляет 17 п. л., авторских – 14 п. л.).

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы и приложений, содержит 215 страниц основного текста, включает 44 рисунка, 27 таблиц, 11 приложений, список литературы, содержащий 303 наименований.

Содержание работы. Во *введении* обоснована актуальность темы диссертационного исследования, определены цель и задачи, сформулирована научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

В *первой главе* «Теоретико-методические аспекты процесса цифровизации отраслей промышленности» рассмотрены ключевые подходы к исследованию процессов цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности, а также выявлены ключевые приоритеты цифровой трансформации промышленности.

Во *второй главе* «Обоснование инструментов внутрифирменного и стратегического планирования в условиях цифровой трансформации» разработан методический инструментарий оценки процессов цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности, выявлены ключевые тенденции цифровой трансформации, а также раскрыты наиболее значимые инструменты

внутрифирменного и стратегического планирования на предприятиях и отраслях промышленности в условиях цифровизации.

В *третьей главе* «Эффективность цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности» предложен механизм выработки стратегии цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности РФ и алгоритм его внедрения, выявлены типовые стратегии цифровой трансформации отраслей промышленности.

В *заключении* обобщены полученные в процессе исследования положения и рекомендации.

1 Теоретико-методические аспекты процесса цифровизации отраслей промышленности

1.1 Теоретические подходы к исследованию процессов цифровизации отраслей промышленности

Процесс формирования цифровой экономики сопряжен с необратимыми отраслевыми изменениями в промышленности, обусловленными развитием роботов, датчиков и сенсоров, внедрением аддитивных технологий и новых материалов, созданием цифровых платформ для интеллектуальных систем управления и пр.¹

Идеи развития общества, в котором значительно сокращена доля материального производства и доминирующая роль принадлежит третичному сектору экономики, возникли в зарубежном научном дискурсе в середине XX в.² Данные идеи были активно поддержаны российскими экономистами³.

Вместе с тем активное сокращение доли материального производства в конце XX в., снижение производительности труда, сокращение доли отраслей

¹ Акбердина В. В. Трансформация промышленного комплекса России в условиях цифровизации экономики // Известия Уральского государственного экономического университета. 2018. Т. 19, № 3. С. 82–99; Бочкарев А. М. Эффективность использования информационных платформ разработки клиент-серверных приложений для информационных систем промышленных предприятий // Финансовый бизнес. 2021. № 4(214). С. 17–19.

² Белл Д. Грядущее постиндустриальное общество. М.: Академия, 1999. 783 с.; Тоффлер Э. Третья волна. М.: АСТ, 2010. 795 с.; Clark С. The conditions of economic progress. L.: Macmillan and Co., 1940. 540 p.; Fourastie J. Le grand espoir du XX-e siècle: progrès technique, progrès économique, progrès social. Paris: Presses universitaires de France, 1949. 223 p.

³ Реиндустриализация экономики России в условиях новых угроз, вып. 2 / под ред. С. Д. Валентя. М.: РЭУ им. Г. В. Плеханова, 2015. 72 с.; Иноземцев В. Л. За пределами экономического общества. Постиндустриальные теории и постэкономические тенденции в современном мире. М.: Academia: Наука, 1998. 639 с.; Иноземцев В. Л. Постиндустриально/индустриальная дихотомия // Мир перемен. 2014. № 1. С. 144–147; Иноземцев В. Л. Современное постиндустриальное общество: природа, противоречия, перспективы. М.: Логос, 2000. 302 с.

промышленности в валовой добавленной стоимости и пр. привели к возникновению, обоснованию и развитию концепции деиндустриализации¹.

Основная идея данной концепции заключается в том, что процесс активной индустриализации в совокупности с внедрением прорывных технологий и снижением доли материального сектора экономики приводит к деградации ключевых элементов материального производства².

В частности, отдельные авторы отмечают тенденции дезорганизации, деградации, деквалификации, декомплицирования³. В результате в научном сообществе сформировалась фундаментальная идея, что экономическое производство невозможно без материального сегмента⁴. В таком контексте получили научное обоснование идеи реиндустриализации как процесса восстановления доли промышленности в структуре валового внутреннего продукта⁵. Однако в цифровых условиях меняющейся действительности данный процесс получает новые содержательные характеристики, новые смыслы, свойства и развивается в соответствии с новыми приоритетами развития общества, что можно назвать новой индустриализацией, формирующей, таким

¹ Бодрунов С. Д. Реиндустриализация российской экономики – возможности и ограничения // Научные труды Вольного экономического общества России. 2014. № 1. С. 15–46; Бодрунов С. Д. Реиндустриализация. Круглый стол в Вольном экономическом обществе России // Мир новой экономики. 2014. № 1. С. 11–17; Бодрунов С. Д., Гринберг Р. С., Сорокин Д. Е. Реиндустриализация российской экономики: императивы, потенциал, риски // Экономическое возрождение России. 2013. № 1(35). С. 19–49.

² Анимца Е. Г. Феномен Кондратьевских волн и циклов в развитии промышленности Уральского макрорегиона // Модернизационно-инновационные процессы в социально-экономическом развитии регионов и городов. Книга 1. Екатеринбург: УрГЭУ, 2013. С. 11–50.

³ Бодрунов С. Д. Интеграция производства, науки и образования как основа реиндустриализации российской экономики // Экономическое возрождение России. 2015. № 1(43). С. 7–22.

⁴ Белл Д., Иноземцев В. Л. Эпоха разобщенности: размышления о мире XXI века. М.: Свободная мысль: Центр исследований постиндустриального общества, 2007. 303 с.; Бодрунов С. Д. Реиндустриализация. Круглый стол в Вольном экономическом обществе России // Мир новой экономики. 2014. № 1. С. 11–17.

⁵ Силин Я. П., Анимца Е. Г., Новикова Н. В. Уральский макрорегион: большие циклы индустриализации / под общ. ред. С. Ю. Глазьева, С. Д. Бодрунова. Екатеринбург: УрГЭУ, 2019. 371 с.

образом, высокотехнологичные отрасли экономики, синтезирующие технологии и задействующие в этом процессе традиционные отрасли промышленности¹.

Концепция новой индустриализации очень тесно взаимосвязана с теорией промышленных революций. В частности, с четвертой глобальной промышленной революцией, в процессе развития которой происходит создание и внедрение гибридных NBIC-технологий, в которых преобладают информационные новации.²

Логика концепции промышленных революций определяет переходы:

– переход от первой ко второй промышленной революции: технологии генерируются на отраслевом уровне, в результате чего трансформируются производственные и институциональные элементы и связи внутри отрасли;

– переход от второй к третьей промышленной революции: трансформация горизонтальных связей между сложившимися вертикальными технологиями приводит к возникновению новых бизнес-моделей;

– переход от третьей к четвертой промышленной революции: возникают информационно-коммуникационные технологии (ИКТ), что становится основой развития глобальных промышленных сетей, сетевого производства³ и распределенной энергетики.

Таким образом, наблюдается переход от цифровизации, происходившей в рамках третьей промышленной революции, к внедрению гибридных, конвергентных технологий, генезис которых произошел в рамках четвертой промышленной революции, в результате чего появляется автоматизированное цифровое производство, управление которым организовано с помощью интеллектуальных систем, не ограничивающихся одним предприятием, а влекущих за собой развитие глобальной промышленной сети вещей и услуг.

¹ Татаркин А. И., Акбердина В. В., Бухвалов Н. Ю. Инклюзивное технологическое развитие как новый элемент технико-экономической парадигмы // Стратегии развития социальных общностей, институтов и территорий: материалы II Междунар. науч.-практ. конф. (Екатеринбург, 18–20 апреля 2016 г.): в 2 т. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2016. С. 41–47.

² Shumpeter J. Business cycles. Vol. 1, 2. N. Y.: McGraw-Hill, 1939. 668 p.

³ Коровин Г. Б. Сетевые структуры в промышленности региона // Экономика региона. 2020. Т. 16, № 4. С. 1132–1146; Бочкарев А. М. Оценка влияния факторов НДДВ анализа на эффективность системы управления информационным обеспечением промышленного предприятия // Форпост науки. 2022. № 4(62). С. 35–39.

В результате развитие сетевого взаимодействия между машинами, оборудованием и информационными системами предоставляет возможность вести мониторинг и анализ внешних факторов, производственных процессов и пр., что выступает основой для парадигмы технологического развития¹.

При этом атрибутами новой парадигмы выступают:

- модульность;
- распределенность производства;
- беспроводные коммуникации между сенсорами, исполнительными механизмами и сборочными единицами².

Таким образом, переход к Индустрии 4.0 связывается с формированием кросс-индустриальных открытых (по горизонтали и вертикали) производственно-сервисных экосистем, объединяющих множество различных информационных систем управления разных предприятий и задействующих множество различных устройств³. Это неизбежно приводит к развитию сложных бизнес-процессов, которые реализуют оптимизационное управление, задействуя ресурсы на всех этапах создания стоимости продукции. Ключевыми признаками Индустрии 4.0 можно назвать цифровизацию, конвергенцию технологий. Процесс перехода к новой парадигме влечет за собой значительные структурные и пространственные изменения в развитии отраслей промышленности.

Таким образом, процесс цифровизации отраслей промышленности, связанный в первую очередь с форсированным внедрением прорывных технологий, приводит к повышению эффективности производственных процессов⁴. При этом

¹ Романова О. А., Акбердина В. В., Бухвалов Н. Ю. Общие ценности в формировании современной технико-экономической парадигмы // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2016. № 3(45). С. 173–190.

² Акбердина В. В. Трансформация промышленного комплекса России в условиях цифровизации экономики // Известия Уральского государственного экономического университета. 2018. Т. 19, № 3. С. 82–99.

³ Там же.

⁴ Львов Д. С., Глазьев С. Ю. Теоретические и прикладные аспекты управления НТП // Экономика и математические методы. 1986. № 5. С. 35–45.

процесс цифровизации происходит крайне неравномерно не только в разных странах, но и в отраслевом разрезе¹.

Резюмируем, что с позиции теорий технологической эволюции, концепции промышленных революций, теории индустриального развития представляется обоснованным и логичным сформировать и описать теоретический базис исследования процесс цифровизации промышленных предприятий, организованный на основе синтеза обозначенных теорий и концепций.

Теории технологической эволюции. Теория технологической эволюции выступает частью динамических экономических теорий и теорий модернизации, поскольку в ней внимание акцентируется на глобальных технологических изменениях. При этом ключевым положением становится установка, что формируется блок технологий, выступающий ядром производственных преобразований.

Современный этап исследований сопряжен с активным изучением экономической динамики, обоснованием новых приоритетов промышленного развития в условиях переходных процессов². В рамках теории технологической эволюции было раскрыто содержание категорий переходных состояний в развитии промышленности³.

Значимое место в теории технологической эволюции отводится длительности переходных этапов и стадий⁴. Так, проанализированы стадии индустриальной зрелости промышленных предприятий, архитектуры бизнес-моделей, что

¹ Авдеева И. Л., Головина Т. А., Парахина Л. В. Развитие цифровых технологий в экономике и управлении: российский и зарубежный опыт // Вопросы управления. 2017. № 6(49). С. 50–56.

² Gustafsson R., Jaaskelainen M., Maula M. Emergence of industries: a review and future directions // International journal of management reviews. 2016. Vol. 18, iss. 1. P. 28–50; Ren R., Yu L., Zhu Y. Innovation-orientation, dynamic capabilities and evolution of the informal Shanzhai firms in China: a case study // Journal of entrepreneurship in emerging economies. 2016. Vol. 8, iss. 1. P. 45–59.

³ Литовский В. В. К проблеме новой индустриализации и эволюции технологических укладов на Урале. Ч. 1: Первичные практики // История и современное мировоззрение. 2022. Т. 4, № 2. С. 12–19.

⁴ Richta R. et al. Civilizace na rozcestí: společenské a lidské souvislosti vědeckotechnické revoluce. Praha: Svoboda, 1966. 236 s.

выступает основой для разработки стратегии деятельности в процессе цифровизации на национальном уровне¹.

Отмечаются также вопросы эффективного перехода к новому технологическому укладу и адаптации к вызовам тотальной цифровизации базовых отраслей промышленности. Подчеркивается, что технологии и инновации в развитии отраслей промышленности формируют новые принципы и приоритеты технологических переходов².

Так, С. Ю. Глазьев обращает внимание, что в современных условиях очередной технологический уклад завершает эмбриональный рост, переходя в стадию активного роста, который, в свою очередь, замедляется, сталкиваясь с только формирующимися новыми технологическими условиями³. В доказательство своей позиции С. Ю. Глазьев указывает на рост расходов, связанных с освоением технологий формирующегося уклада, который достигает 35 % в год. Среди базовых технологий очередного технологического уклада академиком названы нанотехнологии, направленные на структурную перестройку экономики на начальном этапе.

Занимая ключевое место в теории технологического развития, технологический уклад определенным образом соотносится и с процессом эволюции⁴. Выступая в качестве группы технологических изменений, технологический уклад характеризуется как целостное и устойчивое явление в масштабах макроэкономических производственных циклов.

С. Ю. Глазьев называет современный этап технологического развития процессом перехода к шестому технологическому укладу, в ходе которого завершились стадии эмбрионального развития, повышения цен на энергоносители, экономической депрессии, образовались финансовые пузыри, распространились

¹ Гудкова О. Е. Тренды Индустрии 4.0 и их влияние на эволюцию бизнес-моделей промышленного предприятия // *Russian economic bulletin*. 2022. Т. 5, № 6. С. 272–278.

² Урасова А. А. Технологическая эволюция как процесс смены укладов в региональной промышленной структуре // *Фундаментальные исследования*. 2022. № 3. С. 123–127.

³ Глазьев С. Ю. О политике опережающего развития в условиях смены технологических укладов // *Вестник РАЕН*. 2013. Т. 13, № 1. С. 29–35.

⁴ Глазьев С. *Экономика будущего. Есть ли у России шанс?* М.: Книжный мир, 2017. 640 с.

новые технологии и пр.¹ Переход к шестому технологическому укладу характеризуется повышением значимости цифровых технологий, пронизывающих все основные направления развития экономики.

Отдельные авторы называют такой переход технологической революцией, которая характеризуется как процесс сосредоточения и открытия возможностей для экономической динамики². Современный этап как переход к третьей и четвертой промышленным революциям в процессе перераспределения функций между человеком и машиной характеризуют отдельные исследователи³. При этом подчеркивается процесс диффузии цифровых технологий и их проникновение во все сферы общественной жизни.

Другие исследователи определяют такой переходный процесс как эволюцию технологий, обуславливающих экономический рост⁴. Это подтверждают позиции целого ряда ученых, посвятивших свои труды процессам технологического развития⁵. Так, отдельные авторы указывают на процесс перехода к новому укладу как на эволюционный⁶. В отдельных работах доказана роль цифровизации как основного процесса экономического развития на современном этапе⁷. Несмотря на

¹ Нанотехнологии как ключевой фактор нового технологического уклада в экономике / под ред. С. Ю. Глазьева, В. В. Харитонов. М.: Тривант, 2009. 304 с.

² Красильников О. Ю. Структурные сдвиги в экономике. Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2001. 169 с.

³ Ленчук Е. Б. Технологический аспект новой индустриализации России // Экономическое возрождение России. 2018. № 2(56). С. 68–73.

⁴ Яковлева Е. В. Управление развитием интеллектуального потенциала персонала в условиях современной технологической эволюции // Управление человеческими ресурсами – основа развития инновационной экономики. 2014. № 5. С. 140–144.

⁵ Илюхин А. А., Пономарева С. И. Теории экономических циклов и современная российская хозяйственная эволюция // Human progress. 2016. Т. 2, № 6. URL: <http://progress-human.com/>

images/2016/Tom2_6/Ilyukhin_Ponomareva.pdf (дата обращения: 24.03.2023); Ребус Н. А., Спивакова Н. Я. Эволюция социально-экономической системы в процессе перехода к шестому технологическому укладу // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2019. Т. 9, № 10-1. С. 314–322.

⁶ Нешиной А. С. Эволюция смены экономической системы России // Инвестиции в России. 2012. № 3(206). С. 3–10; Зоидов К. Х., Губин В. А., Зоидов З. К., Кондраков А. В. К проблеме исследования цикличности эволюции постсоветских экономических систем в условиях модернизации // Региональные проблемы преобразования экономики: международное сотрудничество и межрегиональная интеграция: сб. материалов I Междунар. форума (Москва, 25–26 сентября 2012 г.). М.: Перо, 2012. С. 1035–1043.

⁷ Плотников В. А. Цифровизация как закономерный этап эволюции экономической системы // Экономическое возрождение России. 2020. № 2(64). С. 104–115.

отсутствие общепринятых определений в таком контексте, можно обратить внимание на наличие обязательных для процессов цифровизации элементов¹. Так, С. Г. Кирдина-Чэндлер указывает на то, что цифровизация выступает лишь определенным этапом в процессе возрастающей сложности экономических процессов².

Анализ процесса цифровизации отраслей промышленности в контексте теории технологической эволюции позволяет обосновать ряд принципиальных положений, необходимых для комплексного анализа предмета данного исследования:

- на современном этапе промышленного развития происходят глобальные технологические изменения;
- формируются новые приоритеты промышленного развития в условиях переходных процессов;
- отрасли и предприятия промышленности находятся на различных стадиях индустриальной зрелости, обладают разной архитектурой бизнес-моделей;
- технологии и инновации в развитии отраслей промышленности формируют новые принципы и приоритеты технологических переходов;
- необходима разработка методов эффективного перехода к новому этапу технологической эволюции и адаптации к вызовам тотальной цифровизации базовых отраслей промышленности.

Концепция промышленных революций. В отдельных исследованиях подчеркивается, что на повышение производительности труда и трансформацию промышленного производства наибольшее влияние оказывают технологии Индустрии 4.0, среди которых можно выделить робототехнику, интернет вещей,

¹ Плотников В. А. Цифровизация как закономерный этап эволюции экономической системы // Экономическое возрождение России. 2020. № 2(64). С. 104–115.

² Кирдина-Чэндлер С. Г. Эволюция социально-экономических систем на мезоуровне: пределы многообразия // Очерки по экономической синергетике. Посвящается памяти Рубена Николаевича Евстигнеева (1932–2017) и Людмилы Петровны Евстигнеевой (1935–2015). М.: Институт экономики РАН, 2017. С. 47–68.

аддитивное производство, большие данные и аналитику, кибербезопасность¹. При этом в процессе внедрения данных технологий могут наблюдаться эффекты в виде новых инновационных паттернов, роста производительности труда на предприятиях². В этом контексте отдельными авторами подчеркивается разница этих эффектов в зависимости от отраслевой специализации. Так, в высокотехнологичных отраслях можно наблюдать увеличение числа научных исследований и разработок³. В свою очередь, в компаниях низкотехнологичных отраслей можно проследить отрицательную эластичность вложений в инновации и производительность⁴.

В качестве ключевых последствий Индустрии 4.0 многие исследователи указывают формирование новых бизнес-моделей, реализующих цифровые цепочки создания ценности, кастомизации продукта и сервисации производства⁵. В результате очередной промышленной революции, таким образом, лидерами становятся те промышленные предприятия, которым удалось аккумулировать вокруг себя передовые технологии, активных рыночных игроков, цифровые ресурсы⁶.

¹ Трачук А. В., Линдер Н. В. Влияние технологий Индустрии 4.0 на повышение производительности и трансформацию инновационного поведения промышленных компаний // Стратегические решения и риск-менеджмент. 2020. Т. 11, № 2. С. 132–149.

² Бочкарев А. М., Фрейман В. И. Совершенствование системы управления информационным обеспечением промышленного предприятия // Прикладная математика и вопросы управления. 2022. № 1. С. 125–150; Бочкарев А. М., Фрейман В. И. Оценка соответствия критериев эффективности и ключевых параметров подсистем управления информационным обеспечением промышленного предприятия // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. 2022. № 41. С. 71–89.

³ Виноградова Е. Ю., Галимова А. И. Принципы разработки корпоративной информационной системы предприятий при производстве высокотехнологичной продукции // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 3: Экономические, гуманитарные и общественные науки. 2019. № 1. С. 34–36.

⁴ Трачук А. В., Линдер Н. В. Влияние технологий Индустрии 4.0 на повышение производительности и трансформацию инновационного поведения промышленных компаний // Стратегические решения и риск-менеджмент. 2020. Т. 11, № 2. С. 132–149.

⁵ Хоменко Е. Б., Ватутина Л. А., Злобина Е. Ю. Современные тенденции цифровой трансформации промышленных предприятий // Вестник Удмуртского университета. Серия: Экономика и право. 2022. Т. 32, № 4. С. 676–682.

⁶ Бочкарев А. М. Формирование системы информационного обеспечения производственно-финансовой деятельности в структуре промышленного предприятия // Финансовая экономика. 2018. № 4, ч. 2. С. 168–170.

Анализ процесса цифровизации отраслей промышленности в контексте теорий промышленных революций, занимающих значимые позиции в научном дискурсе¹, позволяет обосновать ряд принципиальных положений, необходимых для комплексного анализа предмета данного исследования:

– происходит перераспределение функций в системе международного разделения труда между человеком и машиной в пользу второго;

– одной из ключевых технологий в рамках концепции Индустрии 4.0. выступает искусственный интеллект²;

– глобальные технологические изменения образуют производственную основу и ведут к повышению производительности труда в отраслях промышленности;

– формируются новые бизнес-модели, реализующие цифровые цепочки создания ценности;

– ключевыми технологиями очередного этапа промышленной революции выступают робототехника, интернет вещей, аддитивное производство, большие данные и аналитика, кибербезопасность³.

Теории индустриального развития. Индустриализация в общем смысле лежит в основе реиндустриализации, сопряженной с инновационным насыщением отраслей промышленности. В частности, в рамках пятой промышленной революции будет происходить интеграция информационно-коммуникационных,

¹ Вертакова Ю. В., Положенцева Ю. С., Масленникова В. В. Трансформация промышленности в условиях цифровизации экономики: тренды и особенности реализации // Экономика и управление. 2021. Т. 27, № 7(189). С. 491–503; Акбердина В. В., Смирнова О. П. Сетевые сопряженные производства в контексте четвертой промышленной революции // Журнал экономической теории. 2017. № 4. С. 116–125.

² Ленчук Е. Б. Технологический аспект новой индустриализации России // Экономическое возрождение России. 2018. № 2(56). С. 68–73; Романова О. А., Сиротин Д. В. Развитие систем искусственного интеллекта в промышленности РФ: нормативное обеспечение и проблемы безопасности // Экономико-правовые проблемы обеспечения экономической безопасности: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. (Екатеринбург, 19 марта 2021 г.). Екатеринбург: УрГЭУ, 2021. С. 109–112.

³ Бочкарев А. М. Повышение эффективности системы информационного обеспечения промышленного предприятия путем использования технологии блокчейн // Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика. 2019. № 3(29). С. 64–69.

цифровых технологий в отрасли реального сектора экономики, на основе чего предполагается рост создаваемой добавленной стоимости¹.

В свою очередь, новая индустриализация, предполагая интенсификацию и расширенное воспроизводство, призвана сформировать высокотехнологичные отрасли промышленности на очередном этапе развития экономики страны².

Таким образом, новую индустриализацию можно воспринимать и трактовать как хозяйственную систему, основанную на активном внедрении цифровых технологий в высокоэффективные отрасли промышленности, развитии цифрового производства и новых цифровых бизнес-моделей³.

Такая «технологическая индустриализация»⁴ становится результатом влияния цифровизации на технологическое обновление отраслей промышленности, в рамках которого может наблюдаться «технологический дуализм», при котором внедрение одной цифровой технологии в определенном отраслевом сегменте не приводит к увеличению выпуска высокотехнологичной продукции⁵.

Анализ процесса цифровизации отраслей промышленности в контексте теорий индустриального развития позволяет обосновать ряд принципиальных положений, необходимых для системного раскрытия предмета данного исследования:

- в современных условиях происходит инновационное насыщение отраслей промышленности;
- наблюдается интеграция информационно-коммуникационных, цифровых технологий в отрасли реального сектора экономики;

¹ Долидзе Т. Реиндустриализация, как механизм развития реальной экономики // *Deutsche Internationale Zeitschrift für Zeitgenössische Wissenschaft*. 2022. № 45. С. 33–36.

² Коровин Г. Цифровизация промышленности в контексте новой индустриализации РФ // *Общество и экономика*. 2018. № 1. С. 47–66.

³ Шишацкий Н. Г. Новая индустриализация и тенденции модернизации промышленного комплекса региона (на примере Красноярского края) // *Региональная экономика и управление: электронный научный журнал*. 2022. № 3(71). URL: <https://eee-region.ru/article/7118/> (дата обращения: 09.09.2022).

⁴ Сухарев О. С. Цифровизация и направления технологического обновления промышленности России // *Journal of new economy*. 2021. Т. 22, № 1. С. 26.

⁵ Там же.

– формируется комплекс высокотехнологичных отраслей промышленности очередного этапа технологического развития.

В результате проведенного анализа считаем обоснованным тезис о том, что теоретической платформой исследования процесса цифровизации отраслей и предприятий промышленности целесообразно считать синтез положений теорий: технологической эволюции, модернизации, промышленных революций и теории индустриального развития (рисунок 1).



Рисунок 1 – Обобщение положений теории технологической эволюции, концепции промышленных революций и теории индустриального развития¹

¹ Составлено автором.

Обобщение положений теории технологической эволюции, концепции промышленных революций и теории индустриального развития представляет собой обоснованный автором теоретический подход к исследованию цифровизации промышленности, предусматривающий двухуровневое рассмотрение процессов цифровизации: на уровне отраслей и на уровне предприятий.

Таким образом, авторский теоретический подход с позиции раскрытия предмета настоящего исследования позволяет представить совокупность следующих логических утверждений и выводов.

В условиях глобальных технологических условий формируются новые приоритеты в развитии отраслей промышленности, предопределяющие стадии индустриальной зрелости, архитектуру бизнес-моделей, возможности эффективного перехода к новому этапу технологической эволюции и адаптации к вызовам тотальной цифровизации.

В процессе перераспределения функций в системе международного разделения труда между человеком и машиной возникают технологии искусственного интеллекта, робототехники, интернета вещей, аддитивного производства, больших данных и пр., приводящие к повышению производительности труда в отраслях промышленности, к формированию новых бизнес-моделей и пр.

В условиях инновационного насыщения отраслей промышленности происходит интеграция информационно-коммуникационных, цифровых технологий в отрасли реального сектора экономики и формирование комплекса высокотехнологичных отраслей промышленности очередного этапа технологического развития.

В каждой отрасли промышленности процесс цифровизации неравномерен, можно выделять предприятия-лидеры и предприятия-аутсайдеры. Детализация процесса цифровизации в каждом отдельном случае выступает источником информации для первоочередных мероприятий в разрезе определенных бизнес-процессов. Это требует диагностики ключевых приоритетов в цифровом развитии

отраслей промышленности, анализа отдельных кейсов с целью выявления наиболее восприимчивых к цифровизации бизнес-процессов и моделей.

1.2 Методические аспекты оценки цифрового развития отраслей промышленности

Цифровизацию отраслей промышленности можно охарактеризовать как процесс постоянных преобразований, следствием которого выступают структурные изменения. Как любой процесс экономического развития, цифровизация имеет несколько этапов¹. При этом в научном дискурсе не сложилось единого методического подхода к оценке цифровых преобразований. Можно отметить ряд авторских позиций, каждая из которых сопровождается системой аргументов.

В последние годы вопросы цифровизации промышленности являются объектом пристального внимания мирового бизнес-сообщества. Например, данные вопросы обсуждались на Давосских экономических форумах в 2016–2019 гг. Ориентация промышленных корпораций и предприятий на цифровизацию за счет горизонтальной и вертикальной трансформации формирует видение эффективной модели цифрового развития предприятия, задействующей возможности новых технологических условий².

Одним из показателей, позволяющих производить подобные оценки, можно назвать международный индекс цифровой экономики и общества (IDESI)³, который измеряет и иллюстрирует эволюцию цифровой конкурентоспособности. Также

¹ Бочкарев А. М. Проблемы цифровой идентификации в современной системе информационного обеспечения // Глобальный научный потенциал. 2019. № 7(100). С. 97–98; Бочкарев А. М. Особенности использования цифрового контента в системах информационного обеспечения // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2020. № 3. С. 19–22.

² Романова О. А. Приоритеты промышленной политики России в контексте вызовов четвертой промышленной революции, ч. 2 // Экономика региона. 2018. Т. 14, вып. 3. С. 806–819.

³ The Digital Economy and Society Index (DESI). URL: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi> (дата обращения: 01.05.2023).

исследовательский интерес представляют «Набор инструментов для измерения цифровой экономики» (ОЭСР), «Методика оценки готовности страны к цифровой трансформации» Всемирного банка¹. Подобные индикаторы являются общепринятыми в мировом научном сообществе (таблица 1).

Таблица 1 – Отдельные показатели измерения цифровизации, получившие определенное признание от мирового научного сообщества²

Наименование показателя	Характеристики
Международный индекс цифровой экономики и общества (IDESI)	Включает более 30 индикаторов, характеризующих цифровую экономику, сгруппированных в четыре блока: инфраструктура, общество, технологии, занятость
Набор инструментов для измерения цифровой экономики ОЭСР	Охватывает более 10 индикаторов, комплексно характеризующих цифровые процессы в экономике, диагностирующих области потенциального роста и значимые цифровые факторы
Методика оценки готовности страны к цифровой трансформации Всемирного банка	Измеряет текущий уровень цифровизации, уровень зрелости цифровой экономики

Большинство стран применяют комплексные методики, позволяющие системно оценить цифровые процессы³. Так, в США⁴ в оценке процессов внедрения «умного» производства участвуют Консорциум промышленного интернета,

¹ Положенцева Ю. С. Компаративный анализ российских и зарубежных подходов к оценке цифровой трансформации промышленности // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. 2021. Т. 11, № 6. С. 78–91.

² Систематизировано автором.

³ The ICT Development Index (IDI): conceptual framework and methodology. URL: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/publications/mis/methodology.aspx> (дата обращения: 18.12.2022); Вертакова Ю. В., Положенцева Ю. С., Масленникова В. В. Трансформация промышленности в условиях цифровизации экономики: тренды и особенности реализации // Экономика и управление. 2021. Т. 27, № 7(189). С. 491–503; Кокуйцева Т. В., Овчинникова О. П. Методические подходы к оценке эффективности цифровой трансформации предприятий высокотехнологичных отраслей промышленности // Креативная экономика. 2021. Т. 15, № 6. С. 2413–2430.

⁴ Бауэр В. П., Подвойский Г. Л., Котова Н. Е. Стратегии адаптации компаний США к цифровизации сфер производства // Мир новой экономики. 2018. № 12. С. 78–89; Положенцева Ю. С., Выскрибенцева Т. Н., Клевцова М. Г. Трансформация регионов в цифровом экономическом пространстве // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. 2021. Т. 11, № 4. С. 114–125.

Ассоциация производственных технологий, Коалиция лидеров умного производства и пр.

В КНР существует стратегия технологической модернизации и экономического развития, в рамках которой реализуется инициатива «Интернет+», задачей которой является предоставление новых возможностей для предприятий, создающих высокую добавленную стоимость. Так, в соответствии с этим документом в КНР планируется создание промышленной экосистемы, акцентирующей внимание на оказании услуг¹.

В странах ЕС разработана единая платформа для цифровой промышленности, которая выполняет функции координатора и функционирует в режиме круглого стола, в рамках которого обсуждаются отдельные направления цифровизации².

В нашей стране с 2017 г. реализуется программа «Цифровая экономика», которая включает приоритеты в цифровизации промышленности³. Так, в ней зафиксированы ключевые прорывные технологии в производственной сфере. Промышленная политика в области цифровизации ограничивается единой государственной информационной системой промышленности (ГИСП) на базе Минпромторга России⁴. Данный ресурс включает кросс-отраслевую платформу B2B, на которой взаимодействуют участники производственного цикла.

В приложении А приведены сведения, позволяющие сопоставить востребованность средств ИКТ в ряде европейских стран и Российской Федерации⁵. Можно отметить, что практически по всем показателям наша страна

¹ Ezell S. Why manufacturing digitalization matters and how countries are supporting it. URL: <http://www2.itif.org/2018-manufacturing-digitalization.pdf> (дата обращения: 18.11.2022).

² Digital transformation of European industry – a policy perspective. URL: <https://www.eitdigital.eu/fileadmin/files/2019/report/Digital-Transformation-of-European-Industry-Summary.pdf> (дата обращения: 18.12.2022).

³ Программа развития цифровой экономики в Российской Федерации до 2035 г. URL: <http://spkurdyumov.ru/uploads.pdf> (дата обращения: 28.12.2022).

⁴ Государственная информационная система промышленности. URL: <https://minpromtorg.gov.ru/ministry/infosys/gisp/> (дата обращения: 18.02.2022).

⁵ Бажанова М. И., Кувшинов М. С. Факторы формирования эффективной инновационной среды промышленного предприятия для Industry 4.0 // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. 2019. Т. 13, № 1. С. 110–119.

находится в числе аутсайдеров, о чем, в частности, могут свидетельствовать данные, отображенные на рисунке 2.

Данный рейтинг наглядно характеризует уровень инновационной активности стран в глобальном пространстве. Высокие темпы по обозначенному критерию помимо европейских стран демонстрируют Бразилия, Индия, Китай, Турция.

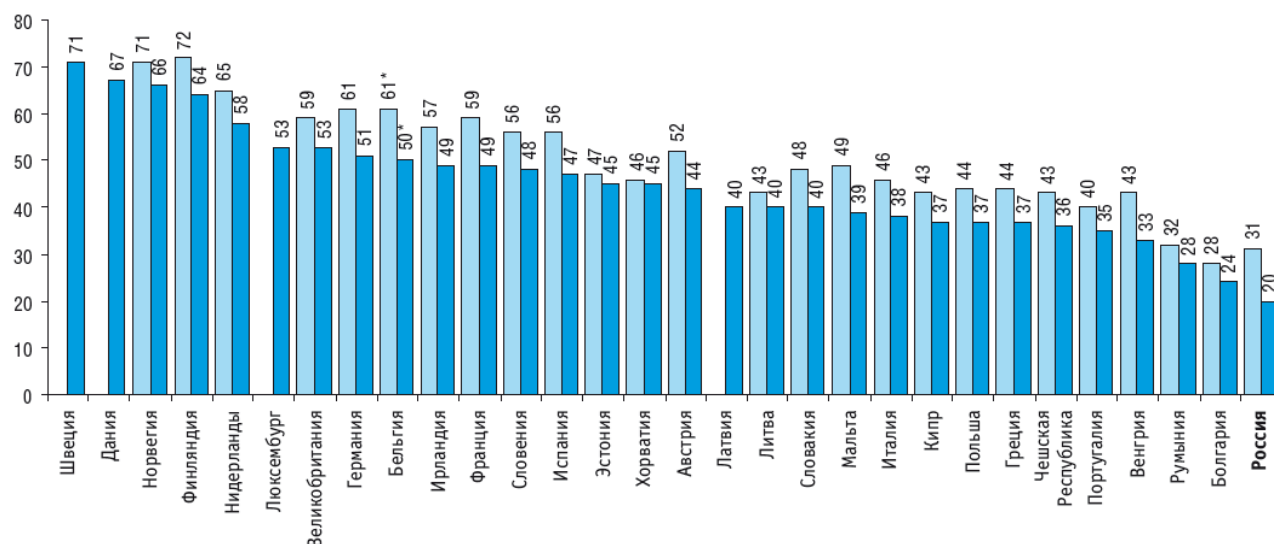


Рисунок 2 – Работники, использующие персональный компьютеры и интернет, % от общей численности работников организаций¹

Экономика России, в свою очередь, отличается крайне низкими относительными показателями темпов развития информационных технологий, в том числе непосредственно применяемых в системах управления хозяйственной деятельностью предприятий.

В научной литературе при исследовании показателей рейтинговой оценки развития ИТ-рынка и ИТ-инфраструктуры констатируются ведущие лидирующие позиции США и Японии среди стран мирового сообщества.

Так, рейтинг Harvard Business Review² основывается на общедоступных и коммерческих данных 90 стран мира и 160 индикаторах (рисунок 3). Среди лидеров

¹ Источник: Индикаторы информационного общества, 2015: стат. сб. / Г. И. Абдрахманова, Л. М. Гохберг, М. А. Кевеш и др. М.: НИУ ВШЭ, 2015. 312 с.

² Самые цифровые страны мира: рейтинг 2020 г. / Harvard Business Review. URL: <https://big-i.ru/innovatsii/trendy/853688> (дата обращения: 18.02.2023).

авторы исследования выделяют такие страны, как Южная Корея, Сингапур и Гонконг. Также отмечены Эстония, Тайвань, ОАЭ, которые демонстрируют лидерские позиции по отдельным индикаторам (адаптивность, институциональная поддержка инноваций и пр.). При этом США занимают второе место, уступая Сингапуру. К перспективному типу отнесены Китай, Индонезия, Индия, РФ, которые характеризуются активным развитием цифровой инфраструктуры, что указывает на потенциал цифровизации, которая может благотворно повлиять на развитие экономики.

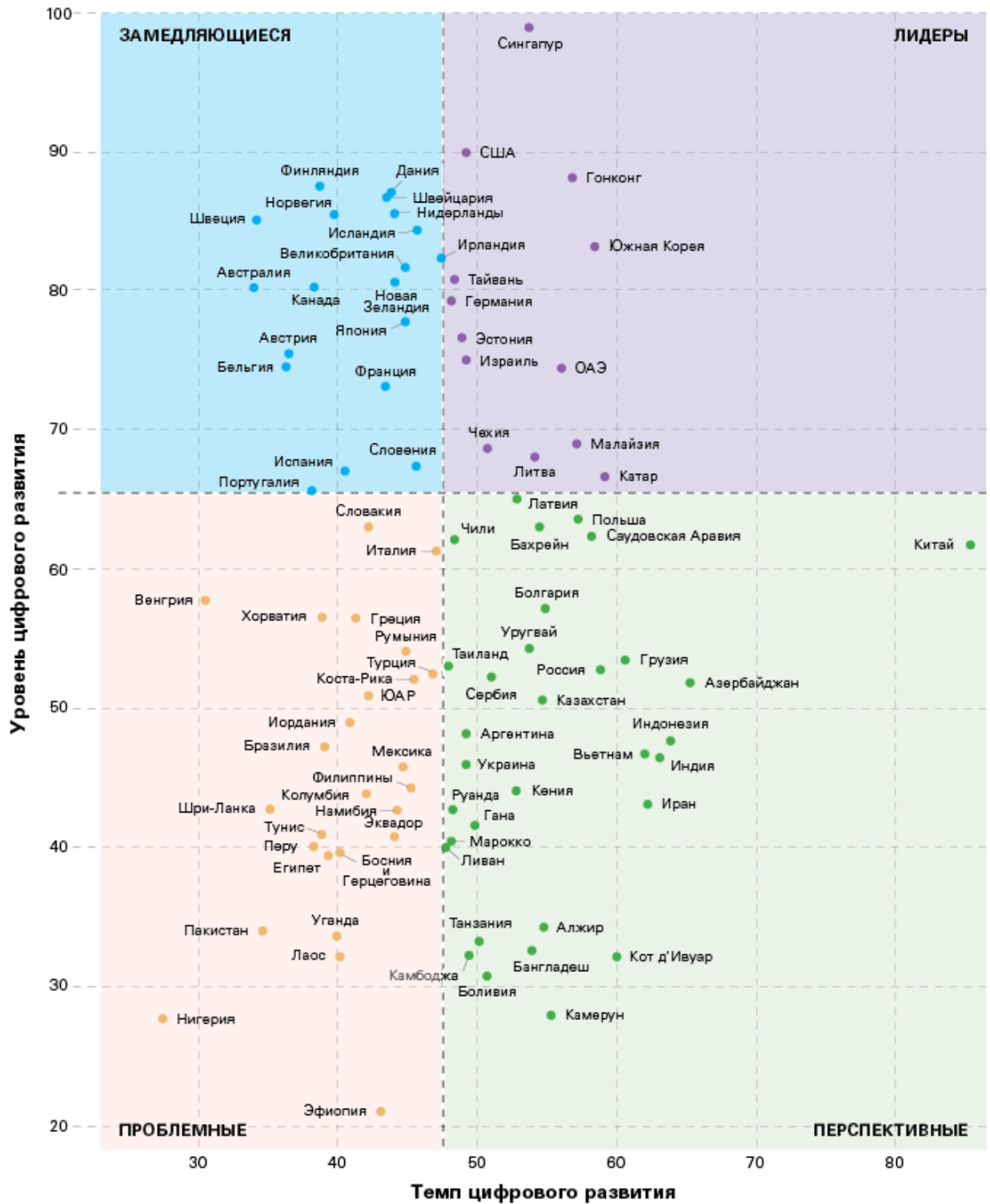


Рисунок 3 – Цифровая эволюция стран мира за 2020 г.¹

Также отметим существенный дисбаланс стран по уровню цифровизации в рамках каждой группы.

¹ Самые цифровые страны мира: рейтинг 2020 г. / Harvard Business Review. URL: <https://big-i.ru/innovatsii/trendy/853688> (дата обращения: 18.02.2023).

Исследовательский интерес ряда зарубежных авторов сконцентрирован на построении оптимальных логистических, сетевых цепочек развития отдельных предприятий и отраслей промышленности¹.

В российском научном дискурсе также сложился целый ряд методик, оценивающих цифровые преобразования в отраслях промышленности. Так, можно отметить труды А. Ю. Федотовой², в которых раскрываются вопросы реализации основных производственных фондов и технологических преобразований в отраслях промышленности. На этом основании автором констатируется, что практика внедрения цифровых технологий на отдельном предприятии может быть тиражирована на отрасль. Другие авторы делают акцент на значении цифровых технологий как способа формирования новых внутри- и межотраслевых связей³.

Способы оценки технологической модернизации отдельных отраслей промышленности предложены О. С. Сухаревым и Е. Н. Ворончихиной⁴, К. В. Самоновой и И. К. Шевченко⁵, З. А. Васильевой, О. В. Рыжковой и Ю. В. Улас⁶. В качестве общей характеристики данных исследований выступает диагностика эффектов, зачастую относящихся к смежным отраслям и сферам

¹ Юсим В. Н. Цифровые методы ускорения технологического и институционального развития // Цифровая экономика: тенденции и перспективы развития: сб. тез. докл. нац. науч.-практ. конф.: в 2 т. М.: РЭУ им. Г. В. Плеханова, 2020. Т. 1. С. 140–142.

² Федотова А. Ю. Анализ методик оценки инновационного и технологического потенциала регионов в контексте развития динамических способностей территориально-отраслевых комплексов // Современные научные исследования и инновации. 2016. № 10. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2016/10/72217> (дата обращения: 03.02.2020); Федотова А. Ю. Промышленные кластеры и переход к новому технологическому укладу: исторический аспект и перспективные тенденции // Инженерный вестник Дона. 2012. Т. 23, № 4-2. URL: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1288> (дата обращения: 07.03.2023).

³ Лихачева Т. П., Рыжкова О. В., Улас Ю. В. Методика оценки потенциала технологического развития региона для «вытягивания» производственных цепочек передовых технологий и проектирования их протяженности на территории региона // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2017. Т. 6, № 4(21). С. 230–236.

⁴ Сухарев О. С., Ворончихина Е. Н. Типы технологического развития регионов: структура технологий и инвестиций // Инвестиции в России. 2019. № 7(294). С. 24–36; Сухарев О. С., Ворончихина Е. Н. Структурная политика роста в России: ресурсы, технологичность, риск и индустриализация // Journal of new economy. 2020. Т. 21, № 1. С. 29–52.

⁵ Самонова К. В., Шевченко И. К. Анализ существующих систем показателей и методик оценки технологического положения территориально-отраслевых комплексов // Инженерный вестник Дона. 2015. № 2 (ч. 2). URL: <http://wmv.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2p2y2015/3044> (дата обращения: 12.01.2023).

⁶ Васильева З. А., Рыжкова О. В., Улас Ю. В. Методика оценки интегральных эффектов технологического развития региона в краткосрочном и долгосрочном периодах // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2017. Т. 6, № 4. С. 208–211.

развития общества (социальной, экологической и пр.). Так, в работе О. С. Сухарева¹ раскрыта структура и этапы технологической динамики экономического роста.

Кроме того, технологическое развитие отдельных отраслей раскрыто в трудах С. А. Белякова и А. С. Шпака², Б. Г. Шелегеды, О. Н. Шарнопольской, С. А. Руссияна и Н. В. Погоржельской³. В частности, можно отметить методический подход, основу которого составляют методы теории нечетких множеств и интерполяции, апробированные на конкретных предприятиях. Такой ракурс методических установок авторов позволил диагностировать и дать оценку переходного этапа технологического развития отрасли⁴.

Основываясь на методах оптимизации и теории графов, отдельные авторы выстраивают оценки инновационного развития отраслей⁵.

Можно отдельно обозначить методические подходы, реализующиеся в крупных корпорациях и в отраслевых ведомствах РФ. Центральное место в этом контексте отводится индексу зрелости Индустрии 4.0⁶. Содержательно данный подход включает целый комплекс тематических исследований, каждое из которых подразумевает анализ отдельных цифровых условий и тенденций, которые в

¹ Сухарев О. С. Экономический рост, институты и технологии. Структурный и институциональный подходы в экономической теории роста. 3-е изд., испр. М.: URSS, 2020. 400 с.; Сухарев О. Технологическая индустриализация: современная и новые возможности // Общество и экономика. 2020. № 7. С. 32–51.

² Беляков С. А., Шпак А. С. Оценка научно-технологического развития регионов Сибирского федерального округа // Фундаментальные исследования. 2014. № 6 (ч. 2). С. 293–297.

³ Шелегеда Б. Г., Руссиян О. Н., Погоржельская С. А., Шелегеда Н. В. Особенности методики расчета интегральной оценки технологических укладов на предприятиях угольной промышленности // Вестник Новосибирского государственного университета экономики и управления. 2007. № 2. С. 221–234.

⁴ Бочкарев А. М. Особенности структурного подхода к системе информационного обеспечения производственной деятельности предприятия // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2017. № 11(58). С. 570–574; Бочкарев А. М. Критерии оценки системы информационного обеспечения производственной деятельности промышленных предприятий // Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика. 2019. № 1(27). С. 74–79.

⁵ Goykher O. L., Skuba R. V., Bugrova O. S. et al. Analysis methodology of innovative development in regional industrial segment by graph theory // ISC 2018: Future of the global financial system: Downfall or harmony / ed. by E. Popkova. Cham: Springer, 2019. P. 1145–1154. (Lecture notes in networks and systems; vol. 57).

⁶ Индекс зрелости Индустрии 4.0 – Управление цифровым преобразованием компаний / Г. Шу, Р. Андерл, Ю. Гауземайер и др. München: Herbert Utz Verlag, 2017. URL: https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech_STUDIE_rus_Maturity_Index_WEB.pdf (дата обращения: 02.09.2022).

комплексе с семинарами как открытыми площадками обмена мнений, позволяют выстроить эффективную оценочную систему. В частности, такой подход позволяет эффективно диагностировать новые явления и процессы, не получившие измерительной базы.

Значимое место занимает также методический подход к диагностике ключевых тенденций цифровизации компании «Ростелеком», основу которого составляют методы семантического анализа и машинного обучения. Для проведения семантического анализа используются контентные данные из научных публикаций, патентов, средств массовой информации, которые обрабатываются с помощью методов машинного обучения. Подход позволяет выявить тенденции цифровизации в различных отраслях экономики, определить «жизненный цикл» цифрового тренда¹.

Разработаны и активно используются данные, собираемые органами Росстата, которые сформировали весьма широкий спектр групп показателей (рисунок 4).

¹ Мониторинг глобальных трендов цифровизации / Ростелеком. URL: <https://www.companu.rt.ru/upload/iblock/d79/2018.pdf> (дата обращения: 12.04.2019).



Рисунок 4 – Показатели цифровизации отраслей в соответствии с группировкой Росстата¹

Такой подход, функционирующий на федеральном уровне, позволяет осуществлять регулярное наблюдение и формировать единую метрическую базу для измерения процессов цифровизации.

Стоит раскрыть содержание методического подхода, реализуемого Минэкономразвития², синтезирующего и использующего в качестве базы данных показатели, формируемые органами Росстата, органами ведомственной статистики, подразделениями Роспатента, выборочных обследований и мониторингов.

В соответствии с данным подходом диагностируется уровень технологического развития отрасли:

¹ Система показателей Росстата для статистической оценки уровня технологического развития отраслей экономики. – URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/syst_pok.doc (дата обращения 16.02.2023).

² Об утверждении Методических рекомендаций по проведению статистической оценки уровня технологического развития экономики Российской Федерации в целом и ее отдельных отраслей: приказ Минэкономразвития России от 12 февраля 2020 г. № 66.

$$U_{tr} = \sum_{j=1}^g Ind_j \cdot b_j, \quad (1)$$

где U_{tr} – интегральный показатель, формируемый индикаторами технологического развития по отдельным отраслям;

g – количество интегрируемых групп индикаторов;

j – нумерация интегрируемых групп индикаторов ($j = 1, \dots, g$);

Ind_j – индикатор технологического развития отдельной отрасли;

b_j – коэффициент значимости j -го индикатора технологического развития отдельной отрасли.

Данный подход отличает разномерность исходных показателей и их различное происхождение, что позволяет на выходе повысить достоверность синтетических интегральных показателей.

Определенные методические наработки, позволяющие оценивать инфраструктуру промышленного интернета вещей в РФ, сложились в Аналитическом центре TAdviser и Госкорпорации «Ростех»¹. Источниками информации при этом выступают базы данных IDC, Accenture, Global Market Insights, J'son & Partners и прочих аналитических агентств, а также консалтинговых структур компаний и вендоров, таких как PwC, IBM, Cisco, SAP и пр. Предлагаемый инструментарий сложно воспроизводим, поскольку основан на методах телефонных интервью.

В рамках Национальной технологической инициативы «Технет» на регулярной основе применяется методика оценки мировых и российских компаний-

¹ Промышленный интернет вещей в России. Исследование TAdviser и ГК «Ростех». URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:ИИТ_2018:_Рынок_промышленного_интернета_вещей_в_России (дата обращения: 18.01.2023).

лидеров¹. Ее методическую основу составляют ранжированные списки компаний, собранные на основе анализа зарубежных информационно-аналитических изданий. Подчеркнем, что относительно российских предприятий авторы методики используют стоимостные показатели, отражающие годовой уровень дохода и расходов. Таким образом, не очевидна взаимосвязь между уровнем доходности и уровнем применения технологий на предприятии, что в русле авторского подхода выступает исходным допущением.

Нельзя не отметить методику, разработанную представителями Высшей школы экономики, которая позволяет дать численное описание отраслевых профилей региона². В качестве исходных использованы данные: удельный вес отрасли в общем объеме отгруженных товаров, удельный вес работников организаций отрасли в общей численности работников, удельный вес работников организаций отрасли в общей численности работников организаций отрасли, удельный вес отрасли в общем объеме инвестиций в основной капитал, среднемесячная начисленная заработная плата работников организаций отрасли, среднемесячная начисленная заработная плата работников организаций отрасли и др.³ На основе ранжирования данных показателей каждая отрасль промышленности получает определенный ранг, спектр которых отражает отраслевую специализацию региона.

Ученые НИУ ВШЭ провели исследование процессов цифровой трансформации⁴, содержащее комплексный анализ развития сектора ИКТ в РФ в 2021 г. На основе данных Росстата в докладе показаны тенденции изменения спроса

¹ Отчет «Рейтинг мировых и российских компаний-лидеров по направлению НТИ «Технет». URL: <https://technet-nti.ru/article/otchet-rejting-mirovyh-i-rossijskih-kompanij-liderov-po-napravleniyu-nti-tehnet> (дата обращения: 31.03.2023).

² Атлас экономической специализации регионов России / НИУ ВШЭ. URL: <https://ris3.hse.ru> (дата обращения: 14.12.2022).

³ Промышленное производство в России. 2021: стат. сб. / Росстат. М., 2021. 305 с. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Prom_proiz-vo_2021.pdf (дата обращения: 11.12.2022).

⁴ Цифровая трансформация: ожидания и реальность: докл. к XXIII Ясинской (Апрельской) междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества (Москва, 2022 г.) / Г. И. Абдрахманова, С. А. Васильковский, К. О. Вишневский и др.; рук. авт. кол. П. Б. Рудник. М.: НИУ ВШЭ, 2022. 221 с.

на ИКТ, импорта ИКТ, объема инвестиций в цифровизацию, занятости в сфере ИКТ и пр.

Ассоциация содействия искусственному интеллекту провела глубокое исследование проблем использования искусственного интеллекта в РФ¹. В ходе исследования было опрошено 673 должностных лица государственных органов и органов местного самоуправления в 46 субъектах РФ. Обработка анкет отразила процесс распространенности технологий искусственного интеллекта, а также влияние факторов, ограничивающих их развитие.

Развитие высокотехнологичного бизнеса в регионах России раскрыто в докладе РАНХиГС². В основе исследования лежит методика рейтингования оценок зарубежных агентств, экспертные оценки представителей органов власти и высокотехнологичных предприятий, детальный анализ которых позволил авторам разработать индикаторы, оценивающие степень концентрации цифровых ресурсов и обеспеченность цифровой инфраструктурой. Тем самым исследователям удалось, опираясь на анализ лучших практик, выявить центры концентрации высокотехнологичных предприятий.

Интерес представляет также разработка Центра стратегических разработок, посвященная исследованию региональных рынков труда в меняющихся цифровых условиях в 2022 г.³ Авторы раскрывают региональную специфику рынков труда, выделяя технологические факторы.

¹ Перспективы и проблемы использования технологий искусственного интеллекта в регионах Российской Федерации / Ассоциация содействия ИИ в промышленном секторе. URL: <https://www.csr.ru/upload/iblock/82f/tse64fmdsetwhhpd6e57a3wjtsudbmdx.pdf> (дата обращения: 01.09.2022).

² Высокотехнологичный бизнес в регионах России: нац. докл., вып. 3 / В. А. Барина, С. П. Земцов, В. Г. Зинов и др. М.: Ассоциация инновационных регионов России, 2020. 100 с.

³ Региональные рынки труда в новых экономических условиях / Центр стратегических разработок. URL: <https://www.csr.ru/ru/research/regionalnye-rynki-truda-v-novykh-ekonomicheskikh-usloviyakh/> (дата обращения: 05.03.2023).

Среди работ российских авторов, посвятивших свои труды процессам цифровизации отраслей промышленности, также отметим систему оценки В. В. Акбердиной, которая предусматривает пять этапов¹.

На первом этапе цифровизации происходит компьютеризация отраслей промышленности как процесс технической модернизации, автоматизирующих информационные процессы промышленных предприятий².

На втором этапе реализуется электронный обмен данными с внешними сетевыми партнерами (EDI), т. е. происходит реализация электронных транзакций.

На третьем этапе осуществляется внедрение программных продуктов, решающих группу задач, на основе чего выстраиваются программно-аппаратные комплексы.

Четвертый этап цифровизации связан с производством информационно-коммуникационных технологий и оборудования, что развивает внутренний рынок электронных компонентов³.

На пятом этапе начинает функционировать промышленный интернет вещей как многоуровневая система, в которой в качестве элементов выступают промышленные объекты со встроенными датчиками, контроллерами и соответствующим программным обеспечением.

¹ Акбердина В. В. Трансформация промышленного комплекса России в условиях цифровизации экономики // Известия Уральского государственного экономического университета. 2018. Т. 19, № 3. С. 82–99.

² Пыткин А. Н., Хисамова А. И., Бочкарев А. М. Структура системы информационного обеспечения производственной деятельности промышленного предприятия // Научное обозрение. 2015. № 15. С. 406–412; Бочкарев А. М., Хисамова А. И. Оценка системы информационного обеспечения производственной деятельности промышленного предприятия // Научное обозрение. 2015. № 16. С. 465–471; Бочкарев А. М. Модель управления системой информационного обеспечения производственной деятельности промышленного предприятия // Вестник Удмуртского государственного университета. 2015. Т. 25, № 4. С. 35–42; Бочкарев А. М. Анализ системы информационного обеспечения производственного предприятия // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2017. № 9-4(56). С. 13–18.

³ Бочкарев А. М. Развитие теоретических положений и функционирования информационного обеспечения производства с учетом цифровизации финансово-хозяйственной деятельности промышленных предприятий в современных условиях // Финансовая экономика. 2018. № 5. С. 652–657.

Говоря о методиках, оценивающих процессы цифровизации на уровне предприятий, отметим следующие.

С 2010-х годов возникают различные инициативы, связанные с развитием промышленного производства в эпоху цифровизации, такие как Консорциум промышленного интернета (Industrial Internet Consortium) в США, Инициатива промышленной цепочки создания ценности (Industrial Value Chain Initiative) в Японии и пр. Это выражается в реализации отдельных проектов, способствующих адаптации промышленного производства к новым условиям¹.

Адаптация к цифровым условиям подразумевает значительное повышение уровня знаний о цифровых технологиях на промышленном предприятии и связанных с ними возможностях, а также влечет за собой изменения целого ряда бизнес-процессов². Поскольку эти преобразования являются довольно сложной задачей, их осуществление обычно занимает несколько лет. Эта задача должна быть запланирована и реализована таким образом, чтобы обеспечить положительное влияние на прибыльность (т. е. рост и эффективность) на разных этапах в течение всего процесса преобразования. Преимущества должны быть видны на любом этапе трансформации для обеспечения ее успеха в целом. Такой подход позволяет получать быстрые результаты и одновременно двигаться к конечной цели преобразования.

Процесс адаптации промышленного предприятия к цифровым условиям предполагает последовательное прохождение следующих этапов: 1) информатизация; 2) связанность; 3) Индустрия 4.0.

Первый этап – информатизация – представляет собой основу для цифровизации. На этом этапе разные информационные технологии используются отдельно друг от друга, способствуя удешевлению производства. Второй этап – связанность: взаимосвязанные элементы приходят на смену отдельному

¹ Батов А. А., Бушмелева Г. В. Информационная модель управленческого учета промышленной корпорации // Современные проблемы экономики бизнеса и менеджмента: теория и практика: материалы Междунар. on-line-видеоконференции (Ижевск, 31 января – 1 февраля 2008 г.): в 2 ч. Ижевск: ИжГТУ им. М. Т. Калашникова, 2008. Ч. 1. С. 36–41; Главатских О. Б., Троянская А. И., Прасолов М. И., Царева Е. В. Цифровая трансформация процессов повышения квалификации персонала АО «Омутнинский металлургический завод» // Глобальный научный потенциал. 2021. № 1(118). С. 109–111.

² Вальгух К. К. Эффективность производства и инфляция // ЭКО. 2009. № 4(418). С. 74–92.

внедрению информационных технологий. Части систем эксплуатационных технологий обеспечивают связанность и взаимодействие, однако полная интеграция уровней информационных и эксплуатационных технологий еще не достигнута. На третьем этапе датчики позволяют фиксировать выполнение процессов с самого начала до конца с огромным количеством точек ввода данных. Создается цифровая модель текущей ситуации на предприятии, чтобы получить необходимые знания путем анализа первопричин. Сюда входит прогнозирование будущей цифровой модели. Постоянная адаптация позволяет компании переложить обязанности по принятию определенных решений на ИТ-системы, чтобы иметь возможность максимально быстро адаптироваться к меняющейся среде (рисунок 5).

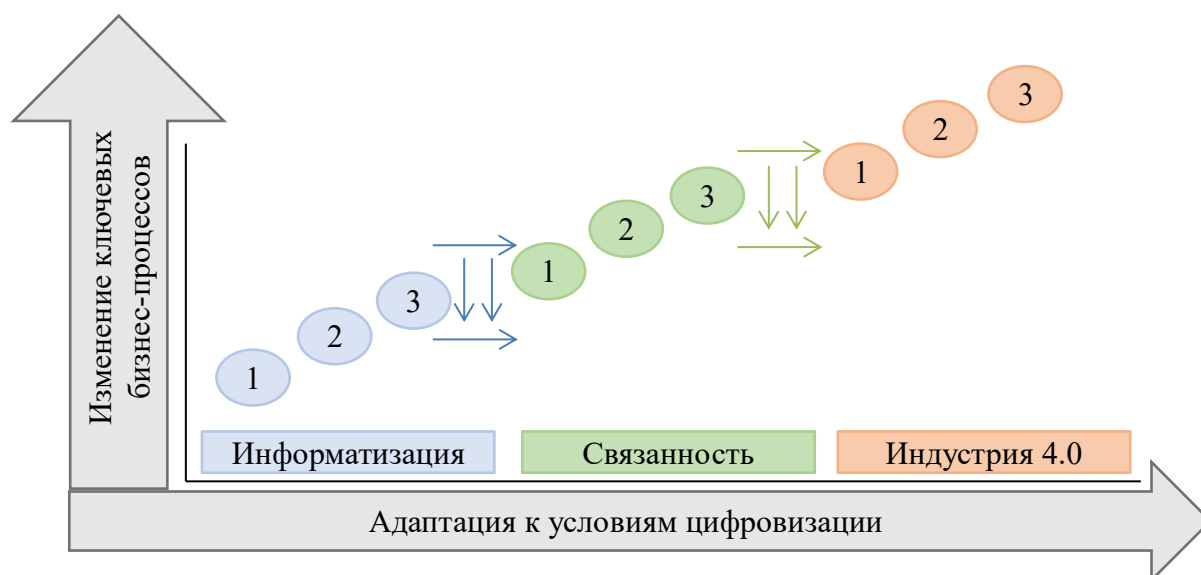


Рисунок 5 – Процесс изменения бизнес-процессов на промышленном предприятии в условиях цифровизации¹

Последовательный переход от одного этапа к другому с опорой на соответствующие принципы способен обеспечить эффективную адаптацию промышленного предприятия к цифровым условиям и переход к Индустрии 4.0².

¹ Составлено автором.

² Соболев Е. А., Абдулгалимов А. Р., Разливинская С. В., Корнюшко В. Ф. Принципы построения корпоративной информационной системы управления логистическими процессами на предприятиях нефтехимического профиля // Тонкие химические технологии. 2017. Т. 12, № 1. С. 89–95.

Можно отметить, что начиная со второй половины XX в. в развитых странах процессы цифровизации предприятий развиваются в соответствии с различными концепциями управления с целью максимизации прибыли¹. Среди подобных систем, достаточно широко раскрытых в научной литературе, можно назвать Material requirements/Resource planning, Distribution requirement planning и др.² Данные системы разрабатывались в целях снижения затрат и повышения производительности труда, наращивания задействования производственных мощностей, сокращения потерь рабочего времени и времени на внутризаводское перемещение узлов, деталей и комплектующих и т. д.³

В настоящее время наблюдается цифровизация в направлении не только отдельных операций, но и формирования единой базы данных со всеми необходимыми аналитическими сведениями, с целью последующего использования для разработки и принятия управленческих решений⁴ (рисунок 6).

Это актуально, поскольку у промышленного предприятия появляется возможность рационально использовать ограниченные ресурсы путем их оптимизации с помощью цифровых технологий в приоритетных направлениях развития хозяйственной деятельности⁵.

¹ Информационное общество (философские проблемы) / под ред. В. В. Трушкова. М.: Моск. гос. ин-т электроники и математики, 2011. 254 с.

² Levy A. Logic-based techniques in data integration // Logic-based artificial intelligence / ed. by J. Minker. Boston: Kluwer academic publishers, 2000. P. 575–596; Orlicky J. Material requirements planning: the new way of life in production and inventory management. N. Y.: McGraw-Hill, 1975. 292 p.; Wallace T., Kremzar M. ERP: making it happen; the implementers' guide to success with enterprise resource planning. Chichester: John Wiley, 2001. 385 p.

³ Семенов З. З., Бифов Б. М. Системный анализ информационного обеспечения управления предприятиями регионального производственного комплекса // Terra economicus. 2011. Т. 9, № 4-3. С. 212–215; Сидорова Е. Ю. Проблемы информационного обеспечения системы управления внешнеэкономической деятельностью предприятия // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2008. Т. 2, № 1(32). С. 226–233.

⁴ Радайкин А. Г. Инструменты формирования промышленной кросс-отраслевой экосистемы высокотехнологичных производств // Горизонты экономики. 2020. № 3(56). С. 27–32; Поляков Ю. Н. «Умные» цифровые двойники – основа новой парадигмы цифрового проектирования и моделирования потока создания потребительной стоимости в заготовительном производстве // Менеджмент: теория и практика. 2019. № 4. С. 91–102.

⁵ Подшивалова М. В., Алмршед С. К. Тренды инновационной активности промышленных предприятий в РФ и мире // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. 2020. Т. 14, № 4. С. 84–92.

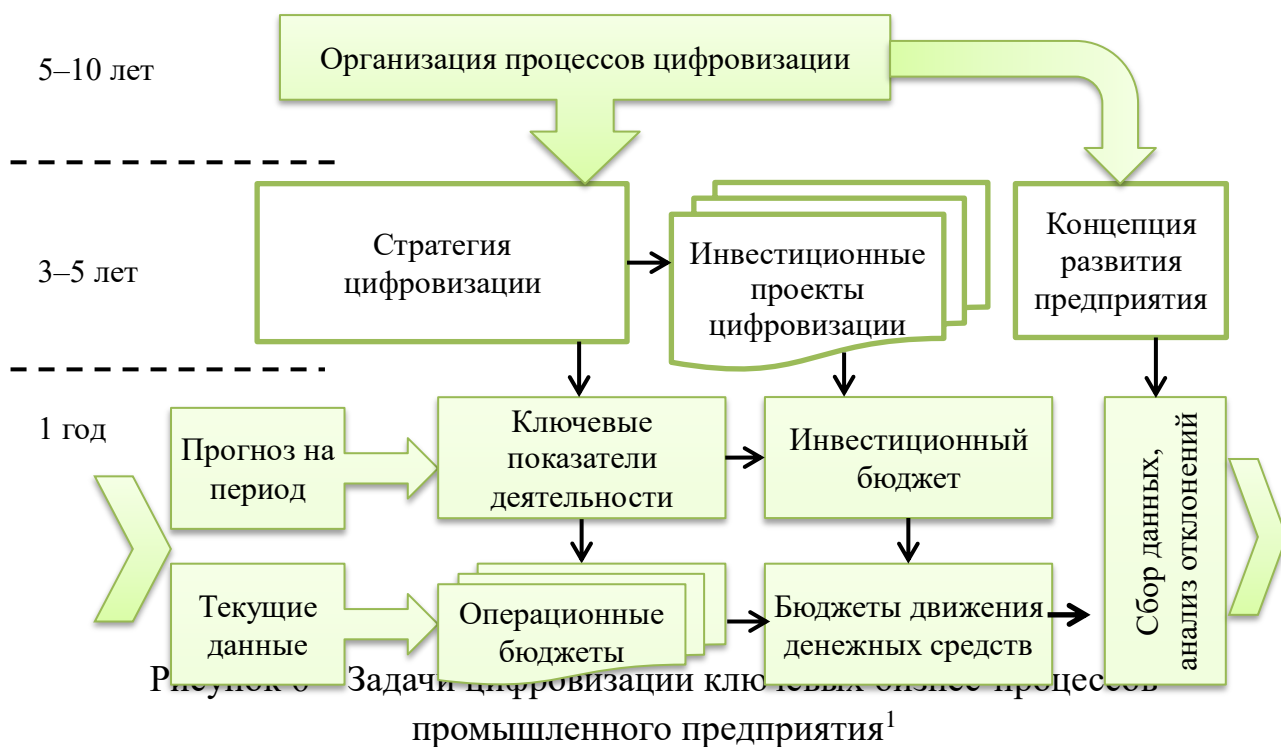


Рисунок 2. Задачи цифровизации ключевых бизнес-процессов промышленного предприятия¹

Исходя из анализа статистических данных, процессы цифровизации на промышленном предприятии могут привести к целому ряду потенциальных эффектов² (таблица 2).

Приведенные данные доказывают взаимосвязь процессов цифровизации с управленческой и хозяйственной деятельностью промышленного предприятия.

Проведенный анализ тенденций в развитии методических аспектов к процессам цифровизации отраслей и предприятий промышленности указывает на постепенную трансформацию сложившихся управленческих подходов к развитию отраслей и предприятий под влиянием цифровых приоритетов.

¹ Составлено автором по: Пыткин А. Н., Блаженкова Н. М. Взаимосвязь эффективности и результативности деятельности хозяйственной организации // Журнал экономической теории. 2008. № 3. С. 133–139; Пыткин А. Н., Блаженкова Н. М. Комплексная оценка результативности хозяйственной организации на основе информации управленческого учета // Экономические и гуманитарные науки. 2009. № 1(207). С. 196–202.

² Данные Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. URL: <https://digital.gov.ru/ru/activity/statistic/> (дата обращения: 18.01.2023).

Таблица 2 – Потенциальные эффекты цифровизации на промышленном предприятии¹

Наименование показателя	Повышение эффективности, %
Снижение времени управленческих процессов	50–82
Достоверность управленческой информации	65–80
Повышение уровня детализации и глубины анализа	30–50
Расширение функциональных возможностей задач управления, стандартизация управленческих процессов	До 50
Ускорение закрытия периода и формирование консолидированной управленческой отчетности	До 500
Сокращение затрат на административно-управленческий персонал	20–30
Повышение эффективности использования инвестиций	3–5
Повышение эффективности производства	7–9
Повышение точности учета затрат	20–30
Снижение операционных и управленческих затрат	5–8
Увеличение оборачиваемости средств	20–30

В результате приоритетными становятся те промышленные отрасли и предприятия, которые могут наиболее быстро адаптироваться к новым условиям промышленной политики, в частности, осуществить переход от иерархической системы информационного обеспечения к эффективной модели цифрового развития, основанной на сетевых и облачных технологиях, связывающих персонал и производство в единой системе².

Кардинальные изменения условий развития отраслей промышленности и предприятий, вызванные последствиями экономических шоков, экономических преобразований, санкциями США и Евросоюза, требуют развития производственного и отраслевого менеджмента, в том числе путем повышения уровня цифровизации отраслей и предприятий³. Определенный успех преобразований в отраслях промышленного производства во многом обусловлен теми изменениями, которые происходят в государственной промышленной

¹ Составлено автором по: Индикаторы информационного общества, 2015: стат. сб. / Г. И. Абдрахманова, Л. М. Гохберг, М. А. Кевеш и др. М.: НИУ ВШЭ, 2015. 312 с.

² Вагин С. Г. Современные доминанты инновационно-технологического развития // Известия Института систем управления СГЭУ. 2010. № 1. С. 154–160; Вагин С. Г., Терпугов А. Е. Эффективные инструменты управления, формирующие инновационную стратегию организации // Вестник Самарского муниципального института управления. 2018. № 4. С. 74–79.

³ Кашин В. А., Куршнева Е. Л. Технологическое развитие как основа структурных сдвигов в экономике // Естественно-гуманитарные исследования. 2022. № 42(4). С. 95–99.

политике РФ, и способностью предприятий оперативно собирать и анализировать информацию об изменениях внешней среды и адаптироваться к ним.

Потребность промышленных предприятий в цифровизации производственных процессов гораздо выше по сравнению с другими видами деятельности¹, что обусловлено не только современными жесткими рыночными механизмами, но и постоянным повышением производительности труда, улучшением качественных характеристик товарной продукции, снижением трудоемкости проектно-конструкторских работ, применением современных инструментов диспетчеризации и оперативного управления, в основу которых положены большие данные.

Формирование системы сбора и обработки больших данных, таким образом, выступает первоочередной задачей повышения эффективности отраслей промышленности и отдельных предприятий. Это предполагает, соответственно, использование современных программных средств для автоматизации бизнес-процессов, обеспечения информационной безопасности предприятия, выработки приоритетных направлений цифровизации².

Таким образом, для получения максимально возможных преимуществ от цифровизации отраслей промышленности и отдельных предприятий необходимо выработать представление об общей стратегии отраслевого развития, включая соответствующие управленческие механизмы и оценочный инструментарий. В соответствии с авторской логикой методические основы организации процесса цифровизации отраслей промышленности и предприятий представлены на рисунке 7.

¹ Романова О. А., Сиротин Д. В. Базовые отрасли промышленных регионов России: образ будущего // Journal of new economy. 2022. Т. 23, № 2. С. 9–28.

² Гершанок Г. А., Петров Д. А. Формирование механизма выбора концепции организации производства на основе характеристики выпускаемого продукта // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Социально-экономические науки. 2017. № 2. С. 152–164.



Рисунок 7 – Методические основы организации цифровизации отраслей и предприятий промышленности¹

¹ Составлено автором.

Задача цифровизации промышленного предприятия решается частично за счет осуществления модернизации отдельных бизнес-процессов¹. Особого внимания требует создание единой цифровой среды на основе выстроенной логики бизнес-процессов. При высокой скорости изменения внешней и внутренней среды возникает актуальный вопрос совершенствования бизнес-процессов для быстрого реагирования и адаптации к текущим условиям².

Идеальным является вариант, который предусматривает цифровизацию предприятия в целом, с поэтапным проектированием и внедрением информационных систем. Однако в большинстве случаев реализовать такой подход не представляется возможным. Во-первых, цифровизация предприятия «с нуля» в современных условиях довольно редкое явление, а отказываться от имеющихся разработок чаще всего нецелесообразно, поскольку они, как правило, достаточно хорошо внедрены и отлажены. Во-вторых, в случае крупного предприятия цифровизация является дорогостоящей, трудоемкой и длительной процедурой, требующей привлечения большого количества специалистов и отличающейся невозможностью применять комплексные решения.

Поэтому на данный момент наиболее часто используют схему цифровизации, основанную на интеграции известных универсальных систем или внутренних специализированных разработок³. В результате интеграции имеющихся ресурсов происходит объединение деятельности предприятия в области инженерной подготовки и управления производством.

¹ Бочкарев А. М. Актуализация совершенствования систем информационного обеспечения промышленного предприятия // Креативная экономика. 2019. Т. 13, № 6. С. 1205–1214.

² Бочкарев А. М. Структура системы информационного обеспечения производственной деятельности предприятия // Вестник Российского экономического университета им. Г. В. Плеханова: региональная экономика. 2018. № 6(102). С. 121–129; Бочкарев А. М. Совершенствование системы информационного обеспечения для оперативного управления производством // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2018. № 5. С. 62–65; Бочкарев А. М. Аутсорсинг информационного обеспечения в структуре промышленного предприятия // Финансовая экономика. 2018. № 7, ч. 13. С. 1530–1533.

³ Harland C. Supply chain management, purchasing and supply management, logistics, vertical integration, materials management and supply chain dynamics // Blackwell encyclopedic dictionary of operations management / ed. by N. Slack. Oxford: Blackwell, 1996. P. 2–11.

При использовании такого подхода можно выделить ключевые бизнес-процессы (анализ, проектирование, реализация, использование, оценка и регулирование), которые формируют замкнутый логический цикл направлений модернизации¹. Представленные бизнес-процессы реализуются по отношению к основным составляющим процесса цифровизации (рисунок 8).

Можно выделить следующие бизнес-процессы:

- анализ имеющегося методического обеспечения на предприятии на современном этапе развития;
- разработка и обоснование методики оценки процессов цифровизации, наиболее полно удовлетворяющего требованиям текущей ситуации и стратегии развития промышленного предприятия²;
- систематизация и регламентация процессов оценки цифровизации³;
- диагностика применимости методического подхода к оценке процессов цифровизации на предприятии⁴;
- оценка на соответствие текущим условиям цифровизации в отрасли, корректировка в случае необходимости⁵.

¹ Bochkarev A., Urasova A., Balandin D. Methodological aspects of information support in the enterprise management system // DEFIN-2021: IV International Scientific and Practical Conference. N. Y.: Association for Computing Machinery, 2021. Art. no. 17.

² Виноградова Е. Ю., Галимова А. И., Андреева С. Л. Вопросы учета специфики предприятий высокотехнологичных отраслей при разработке информационной системы управления и планирования // Human progress. 2022. Т. 8, № 1. URL: http://progress-human.com/images/2022/Tom8_1/Vinogradova.pdf (дата обращения: 31.03.2023).

³ Виноградова Е. Ю., Галимова А. И., Андреева С. Л. Технология внедрения комплексной системы экономического планирования и управления хозяйствующего субъекта // Вестник НГУЭУ. 2019. № 4. С. 244–255.

⁴ Виноградова Е. Ю., Галимова А. И., Андреева С. Л. Описание процессов в моделях решения задач управления хозяйствующими субъектами // Московский экономический журнал. 2020. № 10. URL: <https://qje.su/ekonomicheskaya-teoriya/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-10-2020-50/?print=print> (дата обращения: 31.03.2023).

⁵ Bochkarev A., Serogodsky V., Cherdantsev V., Zagorujko I. The models of corporate governance // International journal of recent technology and engineering. 2019. Vol. 8, iss. 4. P. 8890–8895; Plotnikov A., Shcheludyakov A., Cherdantsev V., Bochkarev A., Zagoruiko I. Data on post bank customer reviews from web // Data in brief. 2020. Vol. 32. P. 106–152.

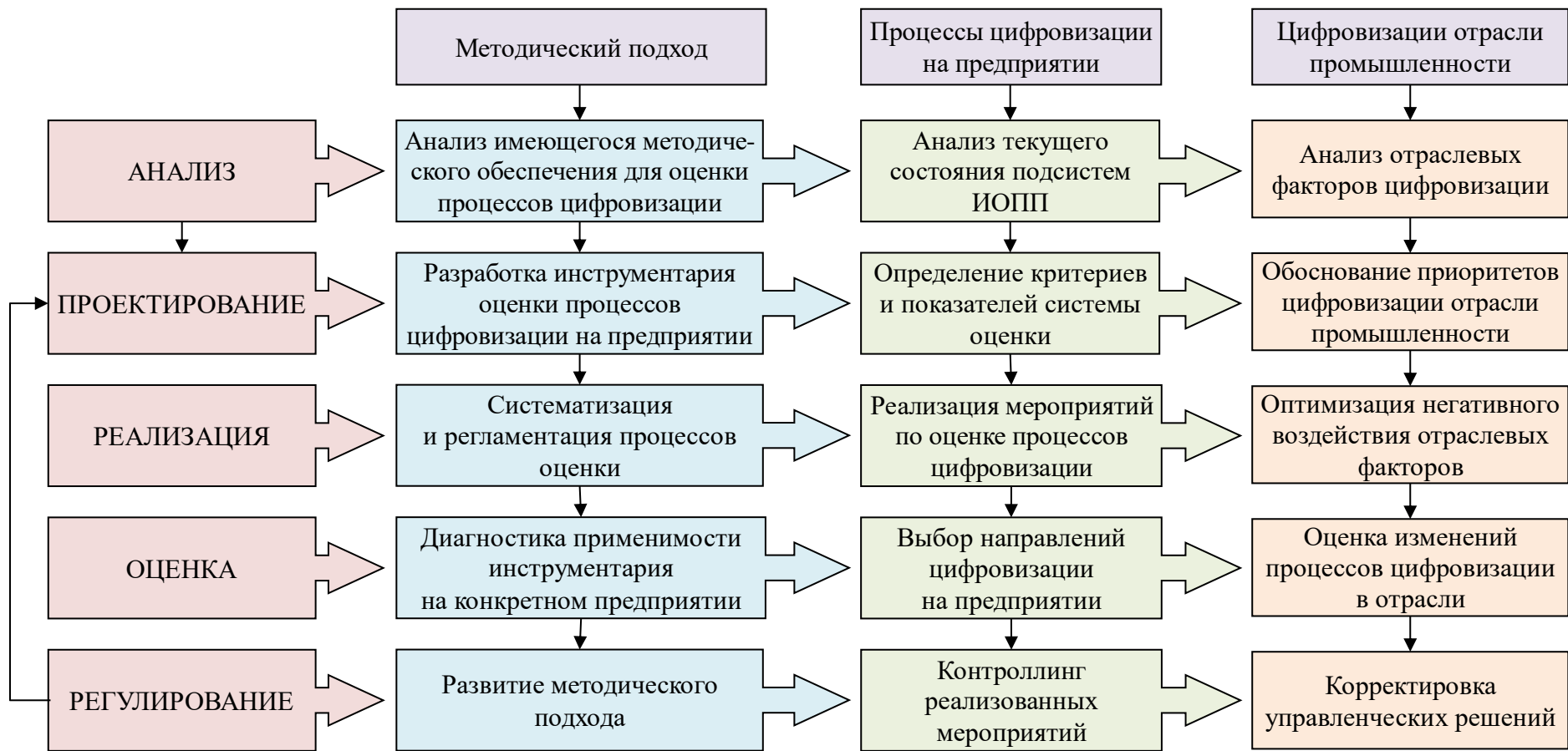


Рисунок 8 – Методические аспекты оценки процессов цифровизации промышленного предприятия в разрезе бизнес-процессов¹

¹ Составлено автором.

Схематическое представление направлений оценки процессов цифровизации промышленного предприятия отражает бизнес-процессы анализа, проектирования, реализации, оценки и регулирования¹.

Таким образом, цифровая трансформация промышленности охватывает как отраслевые процессы, так и бизнес-процессы на отдельном предприятии, что может быть измерено совокупностью показателей, сбалансированных с позиции реализации отраслевых приоритетов стратегического развития промышленности. Это позволяет выделить классификацию процессов цифровой трансформации промышленности (таблица 3).

Таблица 3 – Классификация процессов цифровой трансформации промышленности

Уровень	Укрупненные процессы	Критерии цифровой трансформации процесса
Отрасли промышленности	Организационно-экономические процессы (процессы специализации, кооперации, комбинирования, укрупнения и пр.)	– наличие платформенных цифровых решений; – достаточность цифровизации отрасли; – наличие предприятий – лидеров по цифровизации в отрасли; – достаточность и востребованность отечественного ПО в отрасли
	Технологические процессы (охват процессами цифровизации, взаимосвязанность цифровых проектов и пр.) Процессы стратегического планирования (процессы выработки и реализации стратегических отраслевых приоритетов)	– наличие и достаточность проектов по анализу больших данных, внедрению технологий Big Data, в сфере робототехники, по внедрению цифровых двойников, использованию облачных сервисов и пр. – наличие стратегии цифровизации предприятия; – согласованность отраслевых приоритетов цифровой трансформации со стратегическими приоритетами развития промышленности; – уровень равномерности процессов цифровой трансформации в отрасли
Уровень промышленного предприятия	Внешние бизнес-процессы (процессы взаимодействия с поставщиками, потребителями)	– наличие интегрированной системы; – достаточность уровня информатизации хозяйственной деятельности; – доступность процессов цифровой трансформации для пользователей; – востребованность предоставляемой отдельными подразделениями информации

¹ Бочкарев А. М. Основные принципы организации эффективной системы информационного обеспечения промышленного предприятия // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2021. № 7-2. С. 125–130.

Продолжение таблицы 3

Уровень промышленного предприятия	Уровень	Укрупненные процессы Внутренние бизнес-процессы (процессы анализа, разработки и принятия управленческих решений)	Критерии цифровой трансформации процесса – наличие базы моделей, базы данных системы управления; – достаточность конфигурации баз данных и баз моделей; – доступность информационных ресурсов для автоматизированной обработки; – востребованность отчетов по запросам потребителей
		Внутриструктурные бизнес-процессы (производственные процессы)	– наличие необходимого программного продукта для отдельных бизнес-процессов; – достаточность программных средств для решения практических задач; – доступность информационных коммуникаций между подразделениями; – востребованность со стороны квалифицированных пользователей
		Бизнес-процессы сопровождения конкретной организационной структуры (поставка товара и последующее обслуживание)	– наличие документов, регламентирующих функционирование и развитие цифровой трансформации; – достаточность функционала управления процессами цифровой трансформации; – доступность систем электронного документооборота; – востребованность корпоративного портала

В развитии процессов цифровой трансформации промышленности выделены ключевые признаки цифровой трансформации на отраслевом уровне и на уровне отдельного промышленного предприятия, которые в совокупности позволяют комплексно оценить процессы цифровой трансформации промышленности, поскольку цифровизация отдельного промышленного предприятия, происходя под воздействием отраслевых факторов, формирует приоритеты цифровизации отрасли промышленности.

Таким образом, в результате анализа методических аспектов оценки цифрового развития отраслей промышленности можно сделать несколько выводов¹.

¹ Бочкарев А. М. Использование методического инструментария оценки эффективности системы ИОПП на основе построенной модели // Управленческий учет. 2021. № 7-1. С. 30–35.

Во-первых, в научном сообществе не сложилось единой общепринятой методики оценки процессов цифровизации промышленных отраслей и предприятий.

Во-вторых, сложившиеся методические подходы обладают значительным числом недостатков, связанных как с этапом выбора данных, так и с их обработкой.

В-третьих, цифровизация отдельного промышленного предприятия происходит под воздействием отраслевых факторов.

В-четвертых, приоритеты цифровизации отрасли промышленности определяют стратегию цифровизации отдельного предприятия.

В целях формирования авторского методического подхода представляется целесообразным выявить ключевые приоритеты цифровизации отраслей промышленности, что станет базой для обоснования соответствующих методов анализа и построения авторского инструментария.

1.3 Ключевые приоритеты цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности

Понятие трансформации в экономических исследованиях на современном этапе раскрыто весьма подробно. Так, теории экономической динамики раскрывают процесс трансформации как переходный этап (от технологических укладов, промышленных революций и пр.)¹.

¹ Оганьян А. Г. Теоретические аспекты эволюционного характера трансформации национальной экономики на этапе формирования постиндустриального общества // Вестник евразийской науки. 2018. Т. 10, № 3. С. 29.

Отдельные авторы рассматривают трансформацию как период неопределенности в процессе распределения ресурсов¹.

Представители теорий эволюционной экономики рассматривают трансформацию как неравновесный процесс в совокупности адаптационных к внешней среде изменений².

Позиция, развитая в исследованиях А. И. Татаркина³, Е. Г. Анимицы, Е. Б. Дворядкиной, Я. П. Силина, Н. В. Новиковой и др.⁴, определяет трансформацию как одну из фаз индустриализации.

Р. Нельсон и С. Уинтер⁵ описывают трансформацию как совокупность реакций предприятий и отраслей на технологические изменения. Накопление таких реакций в процессе межотраслевого взаимодействия приводит к существенным изменениям качественного состояния промышленности в целом.

Таким образом, можно выделить целую группу подходов, так или иначе определяющих трансформацию как переходный этап в развитии экономики, при

¹ Алчиан А. Значение измерения полезности // Вехи экономической мысли: хрестоматия: в 6 т. / под ред. В. М. Гальперина. СПб.: Экономическая школа, 2000. Т. 1: Теория потребительского поведения и спроса. С. 337–369; Макаров В. О применении метода эволюционной экономики // Вопросы экономики. 1997. № 3. С. 18–26.

² Ulam S. Tribute to John von Neumann // Bulletin of the American mathematical society. 1958. Vol. 64, iss. 3, pt. 2. P. 1–49; Коротаев А. В. Сингулярность уже рядом? // История и синергетика: методология исследования / отв. ред. С. Ю. Малков, А. В. Коротаев. 2-е изд. М.: URSS, 2009. С. 183–191; Müller V., Bostrom N. Future progress in artificial intelligence: a survey of expert opinion // Fundamental issues of artificial intelligence / ed. by V. Müller. Cham: Springer, 2016. P. 555–572; Воронцов Н. Н. Синтетическая теория эволюции: ее источники, основные постулаты и нерешенные проблемы // Журнал всесоюзного химического общества им. Д. И. Менделеева. 1980. Т. 25, № 3. С. 295–314; Зойдов К. Х. Экономическая эволюция и эволюционная экономика. М.: Институт экономики РАН, 2003. 156 с.; Клейнер Г. Б. Особенности процессов формирования эволюции социально-экономических институтов в России. М.: ЦЭМИ РАН, 2001. 65 с.; Князева Е. К., Курдюмов С. П. Законы эволюции и самоорганизации сложных систем. М.: Наука, 1994. 236 с.; Лукинов И. И. Эволюция экономических систем. М.: Экономика, 2002. 658 с.

³ Татаркин А. И., Анимица Е. Г., Новикова Н. В. Новая парадигма региональной политики в России // От идеи Ломоносова к реальному освоению территорий Урала, Сибири и Дальнего Востока / под общ. ред. А. И. Татаркина, В. В. Кулешова, П. А. Минакира. Екатеринбург: Институт экономики Уральского отделения РАН, 2009. С. 19–94.

⁴ Регион в социально-экономическом пространстве России: анализ, динамика, механизм управления / Е. Г. Анимица, Е. Б. Дворядкина, Н. В. Новикова и др. Пермь: ПГУ, 2008. 288 с.; Силин Я. П., Анимица Е. Г., Новикова Н. В. Новая индустриализация – стратегический вектор развития промышленности России // Управление промышленным предприятием в условиях новой индустриализации / под общ. ред. Я. П. Силина. Екатеринбург: УрГЭУ, 2016. С. 7–25.

⁵ Нельсон Р., Уинтер С. Эволюционная теория экономических изменений: пер. с англ. М.: Дело, 2002. 536 с.

котором аккумуляция количественных изменений отраслевых и технологических показателей приводит к качественным изменениям всей экономической системы.

Также можно выделить подход, связывающий трансформацию с комплексом структурных изменений в отраслях¹. Отраслевые показатели при этом меняются в процессе межотраслевых взаимодействий. В частности, Ю. В. Яковец подчеркивает циклический характер экономических трансформаций².

При структурном подходе трансформация отражает динамику показателей³ в разрезе уровней развития экономики (стран, регионов, иных локаций)⁴. В результате происходит внедрение научно-технологических новаций, замещение промышленных технологий⁵. Отметим, что тенденции таких изменений могут носить разнонаправленный характер, что также отражает трансформация⁶.

В современных условиях можно говорить о понятии «цифровая трансформация», которое включает процессы производства, основанные на цифровых технологиях⁷, определяющих характер трансформационных процессов⁸ как на уровне предприятия, так и на уровне отрасли⁹.

¹ Красильников О. Ю. Структурные сдвиги в экономике. Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2001. 169 с.

² Яковец Ю. В. Циклы, кризисы, прогнозы. М.: Наука, 1999. С. 8.

³ Перстенева Н. П. Критерии классификации показателей структурных различий и сдвигов // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 3 (ч. 2). С. 478–482.

⁴ Казинец Л. С. Темпы роста и структурные сдвиги в экономике: показатели планирования и статистики. М.: Экономика, 1981. 184 с.

⁵ Аверьянов А. Н. Системное познание мира: методологические проблемы. М.: Политиздат, 1985. 263 с.; Красильников О. Ю. Структурные сдвиги в экономике. Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2001. 169 с.

⁶ Глазьев С. Ю. Современная теория длинных волн в развитии экономики // *Экономическая наука современной России*. 2012. № 2(57). С. 8–27.

⁷ Улезько А. В., Жукова М. А. Цифровизация как этап эволюции социально-экономических систем // *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. 2019. Т. 12, № 1(60). С. 169–179.

⁸ Юдина Т. Н., Тушканов И. М. Цифровая экономика сквозь призму философии хозяйства и политической экономии // *Философия хозяйства*. 2017. № 1. С. 193–200.

⁹ Сильвестров С. Н., Бауэр В. П., Еремин В. В., Лапенкова Н. В. О цифровой трансформации предприятия в контексте системной экономической теории // *Экономическая наука современной России*. 2020. № 2(89). С. 22–45.

Отметим позицию авторов, связывающих цифровую трансформацию с активизацией IT-сектора¹, динамикой отдельных показателей хозяйственной деятельности предприятия², социально-экономических индикаторов³, институциональных изменений⁴.

Проведенный анализ авторских позиций позволяет заключить, что цифровая трансформация как феномен современного этапа технологического развития экономики прошла несколько этапов (таблица 4).

Таблица 4 – Эволюция содержания понятия «цифровая трансформация» в научном дискурсе⁵

Содержание понятия	Авторы	Детализация содержания применительно к промышленности
Переходный период; период неопределенности, фазовый переход, аккумуляция устойчивой динамики показателей как условие качественных изменений	Н. Н. Воронцов, В. Л. Макаров, А. Г. Оганьян, Р. Нельсон, С. Уинтер и др.	– взаимодействие отраслей; – отраслевые переходы; – межотраслевое взаимодействие; – взаимосвязь уровней (от микро- до отраслевого уровня)
Изменение взаимосвязанных пропорций, структурные изменения, пропорциональность и сбалансированность показателей	Л. С. Казинец, О. Ю. Красильников, Н. П. Перстенева, Ю. В. Яковец и др.	– изменение отраслевых взаимозависимостей; – изменение отраслевых пропорций; – неравномерная динамика отраслевых показателей

¹ Лихачев М. О. Современные инновации и классическая экономическая теория // Экономический журнал. 2018. № 1(49). С. 6–14.

² Дружинин П. С. Региональные особенности реализации трансформации пространственной организации производств регионов // Экономика и управление: проблемы, решения. 2017. Т. 6, № 11. С. 92–95; Кутергина Г. В., Пономарева Е. В., Захарова Ю. С. К вопросу об оценке трансформации региональной отраслевой структуры // Рынки будущего: локация Пермский край: материалы VI Перм. экон. конгресса (Пермь, 27 февраля 2020 г.). Пермь: ПГНИУ, 2020. С. 46–56.

³ Самарина В. П. Центральное-черноземный экономический район: региональная динамика и трансформация социально-экономических характеристик // Экономические науки. 2007. № 37. С. 303–307; Брижак О. В. Ключевые компоненты системной социально-экономической трансформации экономики России // Проблемы современной экономики. 2017. № 3(63). С. 35–38; Дегтярев А. Н., Дегтярева С. В. Сравнительное моделирование трансформации институциональных матриц социально-экономических систем // Вестник Оренбургского государственного университета. 2007. № 1(64). С. 58–72.

⁴ Гречко М. В. Эволюция и трансформация производительных сил и производственных отношений в контексте постинституциональных преобразований и развития экономики России // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2014. Т. 10, № 35(272). С. 27–37.

⁵ Систематизировано автором.

Активизация IT-отрасли на отраслевом уровне и превалирование цифровых технологий в производственных процессах и бизнес-процессах промышленных предприятий

П. С. Дружинин,
М. В. Гречко,
М. А. Жукова,
Г. В. Кутергина,
Н. В. Лапенкова,
М. О. Лихачев,
С. Н. Сильвестров,
А. В. Улезько и др.

– производство товаров на основе цифровых технологий;
– внедрением цифровых технологий

Представляется целесообразным раскрыть ключевые приоритеты цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности как объективные, существенные, необходимые, общие ориентиры в процессе цифровизации, отражающие особенности развития отраслей промышленности на очередном этапе развития¹.

Ключевые приоритеты на самом общем уровне должны учитывать отраслевые характеристики цифровой трансформации. Соответственно, можно говорить о теоретических характеристиках, которые являются отражением свойств исследуемых цифровых процессов и явлений в промышленности; об эмпирических характеристиках, которые являются результатом обобщения реальных фактов, кейсов.

К теоретическим характеристикам можно отнести формирование целостности отраслевой структуры, темпоральную размерность цифровых процессов, стадийность цифровизации, отсутствие четких границ, кумулятивный характер, дихотомичность цифрового развития². Данные приоритеты существуют вне зависимости от конкретного этапа цифровизации и безотносительно отрасли.

В то же время основное внимание в рамках данной работы отводится эмпирическим характеристикам, связанным с конкретным периодом развития процессов цифровизации отраслей промышленности, а именно современного этапа, сопряженного с условиями Индустрии 4.0, реиндустриализации, технологической модернизации и пр. Это делает необходимым учет отраслевой и региональной специализации, характера воздействия внешних факторов. Таким

¹ Новая философская энциклопедия: в 4 т. М.: Мысль, 2010. Т. II. С. 34–36.

² Урасова А. А. Методология моделирования процессов цифровизации экономики регионов РФ: технологические доминанты и отраслевая трансформация. Екатеринбург: Институт экономики Уральского отделения РАН, 2021. 354 с.

образом, к приоритетам современного этапа цифровизации отраслей промышленности, сопровождающегося переходом к Индустрии 4.0, реиндустриализацией и технологической модернизацией, отнесем следующие (рисунок 9).

Рассмотрим более подробно содержание каждого из обозначенных приоритетов.



Рисунок 9 – Ключевые приоритеты цифровизации отраслей промышленности¹

Иноватизация и модернизация промышленности. Глобальные тренды цифровизации определяют структурные изменения в отраслях промышленности, непосредственно связанные с иноватизацией и модернизацией процессов, при которых цифровые процессы начинают превалировать в социально-экономическом развитии. Такой тренд можно проследить в контексте изменения национальных приоритетов РФ в области цифровизации и технологического развития. Так, РФ занимает 41-е место по готовности к цифровой экономике со

¹ Составлено автором.

значительным отрывом от лидирующих стран (Сингапур, Финляндия, Швеция, Норвегия, Соединенные Штаты Америки, Нидерланды, Швейцария, Великобритания, Люксембург и Япония и пр.). С позиции инновационных результатов использования цифровых технологий наша страна занимает 38-е место с большим отставанием от лидирующих стран¹. Это можно связать с неблагоприятной средой для ведения и развития бизнес-процессов и инновационных процессов в отраслях.

Первый этап формирования технологических приоритетов можно связать с принятием Комплексной программы научно-технического прогресса СССР на 1986–2005 гг.² Ключевым положением программы, касающимся цифровизации, была интенсификация исследований в области электроники, информатики и вычислительной техники.

Второй этап можно связать с постановлением Правительства РФ от 17 апреля 1995 г. № 360 «О государственной поддержке развития науки и научно-технических разработок», в котором приведено восемь приоритетных направлений, одним из которых выступает «Информационные технологии и электроника»³. В соответствии с планом реализации данного приоритета был разработан Перечень критических технологий федерального уровня⁴. К приоритетным технологиям были отнесены информационные технологии и электроника, производственные технологии, новые материалы и химические продукты, технологии живых систем и пр.

¹ Об утверждении программы «Цифровая экономика Российской Федерации»: распоряжение Правительства РФ от 28 июля 2017 г. № 1632-р. URL: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf> (дата обращения: 18.03.2023).

² Комплексная программа научно-технического прогресса СССР на 1986–2005 гг. Проблемный раздел 3.1. Основные проблемы развития народного хозяйства. М., 1983. URL: <https://znanie-vlast.livejournal.com/301015.html> (дата обращения: 18.03.2023).

³ О государственной поддержке развития науки и научно-технических разработок: постановление Правительства РФ от 17 апреля 1995 г. № 360. URL: http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&link_id=4&nd=102035153 (дата обращения: 08.05.2022).

⁴ Приоритетные направления развития науки и техники. URL: <https://docs.cntd.ru/document/9034171> (дата обращения: 08.05.2022).

Третий этап (2002 г.) связан с формированием перечня из 52 критических технологий¹. В перечень включены восемь групп технологий, которые можно отнести к процессам цифровизации. В 2006 г. данный перечень был видоизменен², количество технологий сократилось до 34. В данном документе детализируется приоритет «ИТ-системы», что можно обозначить как четвертый этап.

Кроме того, можно говорить о пятом этапе формирования и реализации технологических приоритетов, основанном на очередном перечне критических технологий³. В соответствии с этим с 2014 г. реализуется проект «Национальная технологическая инициатива» (НТИ), который закрепляет «ключевые рынки будущего»⁴. Одним из таких рынков назван рынок «Технет» как кросс-рыночное и кросс-отраслевое направление⁵.

На сегодняшний день можно обозначить шестой этап формирования технологических приоритетов, который начался в 2016 г. с принятия Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации⁶. Перечень приведенных в Стратегии приоритетов отражает ответы РФ на глобальные вызовы. Обозначенные семь приоритетов представляют собой комплекс взаимосвязанных сквозных цифровых технологий⁷.

Таким образом, в соответствии с логикой формирования национальных технологических приоритетов, отражающих процессы цифровизации, можно

¹ Перечень критических технологий Российской Федерации, утв. Президентом РФ от 30 марта 2002 г. № Пр-578. URL: <https://base.garant.ru/71430550/> (дата обращения: 18.03.2023).

² Перечень критических технологий Российской Федерации, утв. Президентом РФ от 21 мая 2006 г. № Пр-842. URL: <https://base.garant.ru/197876/> (дата обращения: 18.03.2023).

³ Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации: указ Президента РФ от 7 июля 2011 г. № 899. URL: <https://base.garant.ru/55171684/> (дата обращения: 18.03.2023).

⁴ Национальная технологическая инициатива. URL: <https://nti2035.ru/nti/> (дата обращения: 18.03.2023).

⁵ Официальный сайт Инфраструктурного центра «Технет» СПбПУ. URL: <https://technet-nti.ru/> (дата обращения: 18.03.2023).

⁶ О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации: указ Президента РФ от 1 декабря 2016 г. № 642. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_207967/ (дата обращения: 18.03.2023).

⁷ Акбердина В. В., Смирнова О. П. Кросс-индустриальная трансформация: структурные изменения и инновационное развитие // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2021. Т. 17, № 7(400). С. 1238–1260.

говорить о существовании приоритета на инноватизацию и модернизацию промышленности РФ.

Кросс-индустриальная трансформация отраслей промышленности.

В контексте перехода к Индустрии 4.0 возникает широкий спектр межотраслевых взаимодействий и взаимосвязей, которые можно назвать кросс-индустриальными, ключевыми в процессе цифровой трансформации отраслей промышленности. Благодаря внедрению цифровых технологий промышленные предприятия способны приобретать дополнительные конкурентные преимущества. Кросс-индустриальные технологии выступают цифровыми технологиями перехода к Индустрии 4.0, с помощью которых может быть достигнуто устойчивое и сбалансированное развитие отраслей промышленности.

Эксперты рассматривают кросс-индустриальную трансформацию как процесс межотраслевого взаимодействия в промышленных комплексах, в котором реализация цифровых технологий приводит к значительному качественному научно-технологическому росту страны в целом¹.

В отдельных работах встречается анализ кросс-индустриальных эффектов от реализации технологий в отдельных отраслях². Отличие кросс-индустриальных технологий заключается в том, что их можно использовать в отраслях и производствах, не связанных друг с другом, что в совокупности приведет к рывку в научно-технологическом развитии, т. е. трансформации. Также встречаются

¹ Акбердина В. В., Смирнова О. П. Кросс-индустриальная трансформация: структурные изменения и инновационное развитие // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2021. Т. 17, № 7(400). С. 1238–1260.

² Huang C.-Y., Ji L. Cross-industry growth differences with asymmetric industries and endogenous market structure // The B. E. Journal of Macroeconomics. 2019. Vol. 19, iss. 2. URL: <https://doi.org/10.1515/bejm-2017-0045> (дата обращения: 18.03.2023); Mahnken T., Moehrle M. Multi-cross-industry innovation patents in the USA – a combination of PATSTAT and Orbis search // World patent information. 2018. Vol. 55. P. 52–60; Lyng H., Brun E. Knowledge transition: a conceptual model of knowledge transfer for cross-industry innovation // International journal of innovation and technology management. 2018. Vol. 15, iss. 5. Art. no. 1850043.

авторские позиции, оценивающие готовность к внедрению кросс-индустриальных технологий¹.

Совокупность кросс-индустриальных эффектов в результате реализации научно-технологических приоритетов может выступить ключевым приоритетом промышленного развития. Важны при этом инвестиционные возможности промышленных предприятий в направлении внедрения цифровых технологий: искусственный интеллект, аддитивное производство, промышленная платформизация. В частности, в современном промышленном развитии можно наблюдать внедрение киберфизических систем, промышленных роботов, технологий Big Data и пр. с целью минимизации производственных затрат².

Таким образом, в соответствии с логикой цифровой трансформации можно говорить о существовании приоритета, ориентирующего развитие отраслей промышленности на кросс-индустриальную трансформацию отраслей промышленности, неизбежно влекущую за собой научно-технологический прорыв.

Преобразование отраслей промышленности в промышленные цифровые платформы. Значимую роль в процессе цифровизации отраслей промышленности

¹ Гурьянов А. В., Заколдаев Д. А., Шукалов А. В. и др. Организация цифровых производств индустрии 4.0 на основе киберфизических систем и онтологий // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2018. Т. 18, № 2. С. 268–277; Паскова А. А. Технологии big data в автоматизации технологических и бизнес-процессов // Научное обозрение. Технические науки. 2018. № 4. С. 23–27; Баурина С. Б. Технологии будущего: умные производства в промышленности // Вестник Российского экономического университета им. Г. В. Плеханова. 2020. Т. 17, № 2. С. 123–132; Акбердина В. В., Коровин Г. Б., Дзюба Е. И. Механизмы государственного управления в сфере научно-технологического развития // Вопросы государственного и муниципального управления. 2020. № 4. С. 111–140; Романова О. А., Пономарева А. О. Многовекторная промышленная политика России в условиях формирования нового индустриального ландшафта // Журнал экономической теории. 2020. Т. 17, № 2. С. 276–291; Смышляева А. А., Резникова К. М., Савченко Д. В. Современные технологии в Индустрии 4.0 – киберфизические системы // Отходы и ресурсы. 2020. Т. 7, № 3. URL: <https://doi.org/10.15862/02INOR320> (дата обращения: 02.09.2022).

² Schumacher A., Erol S., Sihn W. A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises // Procedia CIRP. 2016. Vol. 52. P. 161–166; Fatorachian H., Kazemi H. A critical investigation of Industry 4.0 in manufacturing: theoretical operationalisation framework // Production Planning & Control. 2018. Vol. 29, iss. 8. P. 1–12.

играет платформизация как процесс формирования вертикально и горизонтально взаимосвязанных промышленных сетей создания стоимости¹.

При этом создание цифровых платформ как процесс приводит к качественным изменениям на отраслевых рынках, в структурах цепочек создания добавленной стоимости². Тем самым происходит преобразование отраслей промышленности в промышленные цифровые платформы как основы для создания экономических экосистем, расширяющих цепочки создания стоимости и вовлекающих потребителей в инновационные процессы³. На цифровой платформе происходит аккумуляция больших данных, их обработка и интеллектуальное управление ими, на основе чего формируется взаимодействие потребителей, поставщиков и партнеров.

Таким образом, цифровую платформу можно трактовать как экосистему, основанную на взаимодействии ключевых отраслевых акторов (поставщиков, дилеров, научного сообщества и пр.), которое позволяет сократить транзакционные издержки⁴.

Тенденции усиливающейся специализации промышленных предприятий, разделения труда в отрасли, увеличения скорости внедрения инноваций, освоения новых рынков, повышения производительности труда, сокращения

¹ Li Y., Dai J., Cui L. The impact of digital technologies on economic and environmental performance in the context of Industry 4.0: a moderated mediation model // *International journal of production economics*. 2020. Vol. 229. Art. no. 107777.

² Kiel D., Müller J., Arnold C., Voigt K. Sustainable industrial value creation: benefits and challenges of Industry 4.0 // *International journal of innovation management*. 2017. Vol. 21, no. 08. Art. no. 1740015.

³ Gawer A., Cusumano M. Industry platforms and ecosystem innovation // *The journal of product innovation management*. 2014. Vol. 31. P. 417–433; Genz S., Janser M., Lehmer F. The impact of investments in new digital technologies on wages – worker-level evidence from Germany // *Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik*. 2019. Vol. 39, iss. 3. P. 483–521; Hagiú A., Wright J. Multi-sided platforms // *International journal of industrial organization*. 2015. Vol. 43. P. 162–174; Heilbroner R. *An inquiry into the human prospect*. 2nd ed. N. Y.: Norton, 1980. 191 p.; Kenney M., Zysman J. *The rise of the platform economy* // *Issues in science and technology*. 2016. Vol. 32. P. 61–69.

⁴ Акбердина В. В., Пьянкова С. Г. Методологические аспекты цифровой трансформации промышленности // *Научные труды Вольного экономического общества России*. 2021. Т. 227, № 1. С. 292–313.

транзакционных издержек и пр. predeterminedили высокий потенциал платформизации российских промышленных предприятий¹.

При этом первоочередные условия для создания промышленных платформ должны создаваться для высокотехнологичных секторов в форме цифровых бизнес-моделей. Для низкотехнологичных предприятий, ориентированных на повышение эффективности, целесообразно создание информационно-коммуникационных, транзакционных платформ².

Таким образом, цифровые платформы приводят к значительной трансформации промышленных отраслей, предоставляя новые возможности повышения производительности труда на основе кооперации. При этом уровень развития и использования цифровых платформ зависит от отраслевой специализации³.

Можно говорить о формировании платформенной экономики, основанной на системе цифровых платформ, в рамках которой фактически отсутствуют отраслевые и территориальные границы. При этом конфигурация промышленных цифровых платформ может состоять из нескольких типов платформ⁴.

Резюмируем, что в соответствии с логикой цифровых преобразований можно говорить о существовании приоритета, направляющего преобразования отраслей промышленности в промышленные цифровые платформы.

Формирование промышленных экосистем. Процесс формирования цифровой экосистемы в промышленности происходит на основе промышленной

¹ Кондратьев Н. Д. Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения. Избранные труды. М.: Экономика, 2002. 400 с.

² Акбердина В. В., Пьянкова С. Г. Методологические аспекты цифровой трансформации промышленности // Научные труды Вольного экономического общества России. 2021. Т. 227, № 1. С. 292–313.

³ Ховалова Т. В. Использование цифровых платформ для стратегического развития промышленных компаний // Стратегические решения и риск-менеджмент. 2022. Т. 13, № 3. С. 245–254.

⁴ Сердюков Р. Д. Роль и место цифровых платформ в развитии промышленных предприятий: экосистемный подход // Естественно-гуманитарные исследования. 2021. № 37(5). С. 249–255.

кооперации и платформизации, что в совокупности расширяет цифровую индустрию¹.

К основным свойствам промышленных экосистем исследователи относят динамичность, системообразование, развитие и рост, устойчивость, приоритетность, которые в совокупности определяют стадию жизненного цикла экосистемы². Промышленная цифровая экосистема основывается на положениях теории нового индустриального общества и акцентирует внимание на процессе реиндустриализации³.

В своем развитии промышленная экосистема использует целый ряд цифровых инструментов, посредством применения которых происходит перестройка бизнес-процессов и переход к цифровым моделям управления.

Траектория развития цифровой экономики демонстрирует необходимость концентрации ресурсов⁴. Именно цифровая экосистема аккумулирует технологические, функциональные, инфраструктурные платформы, которые в своем взаимодействии способствуют разработке и реализации цифровых продуктов и услуг.

Типология цифровых экосистем включает внутрипроизводственные и межпроизводственные, а также экосистемы по отраслевой специализации, среди

¹ Пудовкина О. Е. Формирование цифровой экосистемы промышленной кооперации на базе передовых цифровых платформ в условиях реиндустриализации // Вестник университета. 2020. № 9. С. 41–48.

² Молчан А. С., Толстых Т. О., Надаенко А. Ю. Принципы формирования и развития экосистем и их влияние на стратегию промышленного менеджмента // Экономика устойчивого развития. 2020. № 1(41). С. 124–128.

³ Пудовкина О. Е. Формирование цифровой экосистемы промышленной кооперации на базе передовых цифровых платформ в условиях реиндустриализации // Вестник университета. 2020. № 9. С. 41–48.

⁴ Александров А. А., Ларионов В. И., Сущев С. П. Единая методология анализа риска чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера // Вестник Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана. Серия Естественные науки. 2015. № 1(58). С. 113–132; Буркальцева Д. Д. Точки экономического и инновационного роста: модель организации эффективного функционирования региона // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2017. Т. 8, № 1(29). С. 8–30; Радзиевская Т. В., Мишина А. В. Модель оценки качества управления системы «человеческий капитал – инновационные технологии» при наличии противодействия экономическому развитию // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление. 2016. № 2. С. 5–12; Зацаринный А. А., Горшенин А. К., Волович К. И. и др. Управление научными сервисами как основа национальной цифровой платформы «Наука и образование» // Стратегические приоритеты. 2017. № 2(14). С. 103–114.

которых можно отметить цифровые экосистемы, экосистемы стартапов, экосистемы Индустрии 4.0¹. Подчеркнем, что за счет расширения индустрии промышленная экосистема охватывает социо-эколого-экономический срез, тем самым она имеет в качестве целевого ориентира устойчивость и сбалансированность в развитии отраслей промышленности.

С учетом ключевых приоритетов цифровой трансформации, а также с позиции развития отраслей и предприятий промышленности цифровую трансформацию можно рассматривать как совокупность процессов динамики ключевых промышленных и технологических показателей, определяющих качественные характеристики отраслей и предприятий, стратегию их развития. Таким образом, цифровая трансформация выступает интеграционным процессом².

Трансформация как интеграционный процесс в отраслях АПК раскрывается в отдельных научных работах,³ что выражается в развитии интегрированных корпоративных структур, слиянии и разделении предприятий⁴. Интеграционные тенденции наблюдают и другие исследователи.⁵ Отдельные черты и тенденции интеграции регионов в направлении развития трансформаций рассмотрены в

¹ Головина А. Н., Потанин В. В. Развитие теоретических основ формирования экосистем промышленных предприятий // Общество: политика, экономика, право. 2021. № 12. С. 52–56.

² Пролыгина Н. А. Развитие интеграционных процессов в АПК на основе трансформации собственности [на примере Орловской обл.] // Экономика сельского хозяйства. Реферативный журнал. 2004. № 2. С. 320; Туов А. Р. Совершенствование системы межотраслевого обмена субъектов зернопродуктового подкомплекса АПК региона на основе интеграционных трансформаций: автореф. дис. ... канд. экон. наук. Майкоп, 2012. 29 с.; Орлова Л. Д., Ильина Л. А. Стратегическая трансформация интеграционных процессов аграрного сектора экономики // Экономика и управление: теория, методология, практика: тр. II Междунар. науч.-техн. конф. (Самара, 22–23 апреля 2010 г.). Самара: СамГТУ, 2010. Т. II. С. 68–75.

³ Туов А. Р. Модернизация институционально-хозяйственной среды межотраслевого обмена на основе интеграционных трансформаций // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 5: Экономика. 2010. № 3. С. 120–125.

⁴ Гязова М. М. Интеграционные трансформации как фактор формирования корпоративного сектора в АПК // Региональная экономика: теория и практика. 2006. № 4. С. 49–52.

⁵ Шукуров Э. Э. Трансформация интеграционных процессов в промышленности // Проблемы современной экономики. 2009. № 4 (32). С. 348–349; Чернова О. А. Интеграционные тенденции трансформаций экономики угольной промышленности (региональные доминанты): дис. ... канд. экон. наук. Ростов н/Д, 2003. 194 с.

широком круге исследований¹. Так, подчеркивается формирование связей и зависимостей в отраслях, которое выступает основой трансформации².

Резюмируем, что цифровая трансформация имеет интеграционный и двунаправленный характер: 1) в отношении отраслей, как процесс формирования межотраслевых зависимостей, определяющих единообразие и преемственность в адаптации к новым технологическим условиям; 2) в отношении предприятий промышленности – в форме увеличения объема и спектра производимых инновационных товаров и услуг.

Таким образом, можно дать определение **цифровой трансформации промышленности** как многоуровневого интеграционного кросс-отраслевого процесса перехода промышленности на новый технологический уклад посредством масштабного внедрения цифровых технологий в целях формирования в отрасли цифровых промышленных экосистем.

Авторское определение отличается:

– дуальным рассмотрением промышленности: в отраслевом значении, в отношении комплекса промышленных производств, адаптирующихся к технологическим условиям, в рамках которых формируются отраслевые конфигурации и зависимости, определяющие качественные и структурные изменения в промышленности; применительно к отдельным предприятиям, находящимся на определенной стадии технологического развития, обладающим устойчивой динамикой производственных показателей ключевых бизнес-процессов, активно внедряющих цифровые технологии в соответствии со стратегией развития промышленности РФ;

¹ Саралидзе А. М. Развитие федеративных отношений как фактор углубления интеграции региональных социально экономических систем // Вестник Института экономики Российской академии наук. 2015. № 2. С. 64–75; Самойлов А. В. Интегративный подход к исследованию инновационного потенциала национальной экономики // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2012. № 4(90). С. 67–71.

² Бакланов П. Я. Интеграционные и дезинтеграционные процессы на Дальнем Востоке России // Региональные исследования. 2002. № 1. С. 11–19.

– учетом ключевых приоритетов цифровой трансформации на современном этапе развития промышленности, включая новые формы межотраслевого взаимодействия и межотраслевых связей;

– ориентацией на формирование единой стратегии цифровой трансформации промышленности.

Таким образом, в соответствии с логикой цифровых преобразований можно говорить о формировании промышленных экосистем как процессе достижения устойчивости и сбалансированности в цифровой экономике.

Предложенный в параграфе 1.1 авторский теоретический подход с позиции раскрытия предмета настоящего исследования, методические установки оценки цифрового развития отраслей промышленности, раскрытые в параграфе 1.2, а также выявленные в настоящем параграфе приоритеты цифровой трансформации отраслей промышленности позволяют сформировать авторское видение теоретико-методических аспектов настоящего исследования (рисунок 10).

Таким образом, возникает потребность в разработке методического инструментария, который базируется на синтезе теории технологического развития, концепции промышленных революций и теории индустриального развития, а также на совокупности методических установок, учитывающих ключевые приоритеты в процессе цифровой трансформации промышленности.

Современные приоритеты цифровой трансформации промышленности имеют глубокое теоретическое обоснование, которое наиболее полно отражает синтез теории технологического развития, концепции промышленных революций и теории индустриального развития.

Таким образом, в рамках первой главы диссертационной работы был раскрыт авторский теоретический подход, представляющий собой синтез положений теории технологической эволюции, концепции промышленных революций и теории индустриального развития.

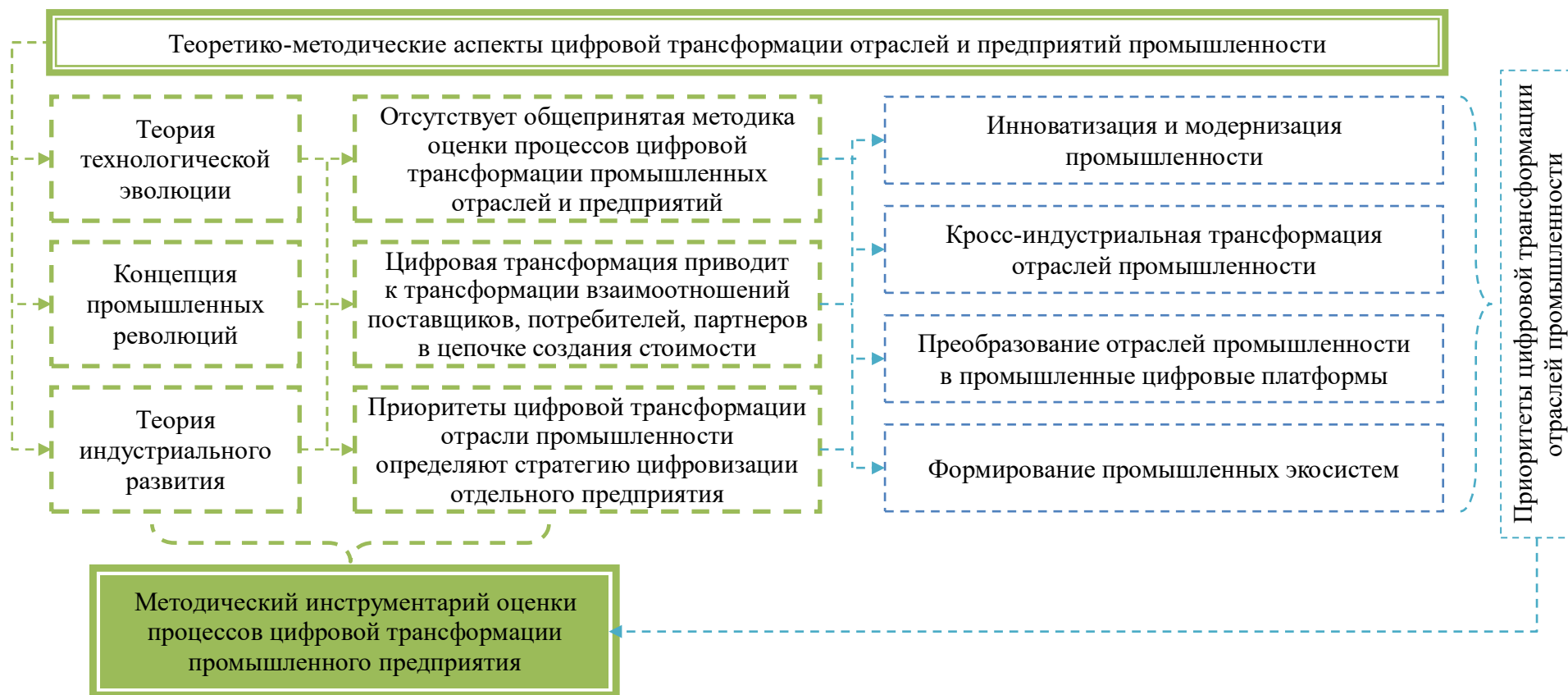


Рисунок 10 – Авторское видение теоретико-методических основ цифровой трансформации промышленности¹

¹ Составлено автором.

Предложена авторская классификация бизнес-процессов на предприятии и процессов в отрасли, которые в совокупности позволяют комплексно оценить процессы цифровой трансформации промышленности. В результате дано и раскрыто определение цифровой трансформации промышленности как многоуровневого интеграционного кросс-отраслевого процесса перехода промышленности на новый технологический уклад посредством масштабного внедрения цифровых технологий в целях формирования в отрасли цифровых промышленных экосистем.

Кроме того, доказано отсутствие единой общепринятой методики оценки процессов цифровизации промышленных отраслей и предприятий, а сложившиеся методические подходы обладают значительным числом недостатков. В связи с этим, сделан вывод о необходимости формирования авторского методического подхода.

Выявлены ключевые приоритеты цифровизации отраслей промышленности, которые имеют глубокое теоретическое обоснование и формируются под воздействием отраслевых факторов в соответствии с тенденциями цифровизации отрасли промышленности.

В следующей главе представляется целесообразным раскрыть ключевые тенденции цифровизации отраслей и предприятий, а также предложить авторский методический инструментарий исследования процессов цифровой трансформации промышленных отраслей и предприятий.

2 Обоснование инструментов внутрифирменного стратегического планирования в условиях цифровой трансформации

2.1 Ключевые тенденции цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности

Отрасли промышленности были и остаются системообразующими в российской экономике. На сегодняшний день примерно 30 % валового внутреннего продукта РФ создается именно в промышленном секторе. Вместе с тем за последние 20 лет можно отметить явный тренд, исключающий поступательную индустриализацию (рисунок 11).

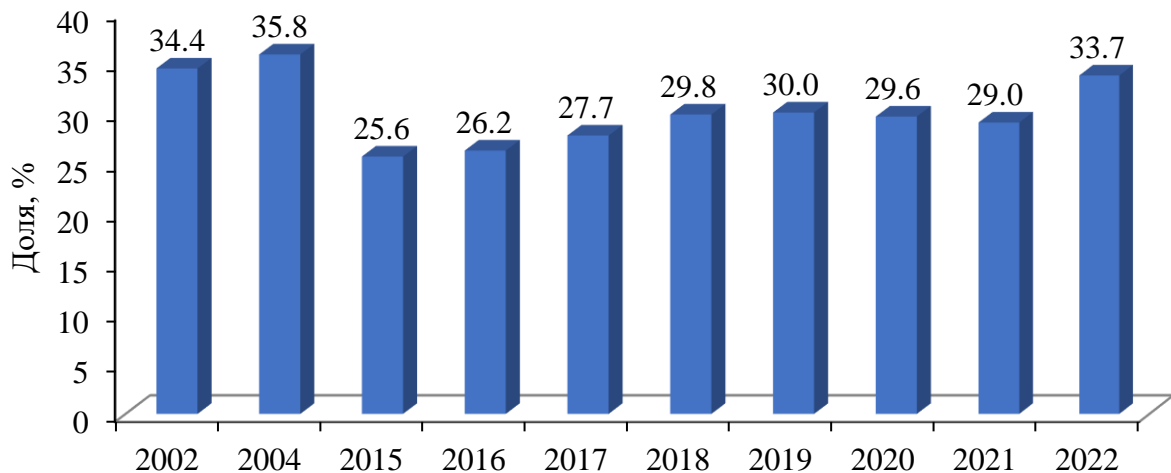


Рисунок 11 – Доля промышленности в ВВП РФ¹

Так, если в 2002 г. доля промышленности в ВВП РФ составляла порядка 34,4 %, ВВП, то в 2015 г. ее величина составила уже 25,6 %. В этом контексте нельзя

¹ Источник: <https://rosstat.gov.ru>

не отметить колоссальный спад в темпах роста производительности труда в РФ (рисунок 12).

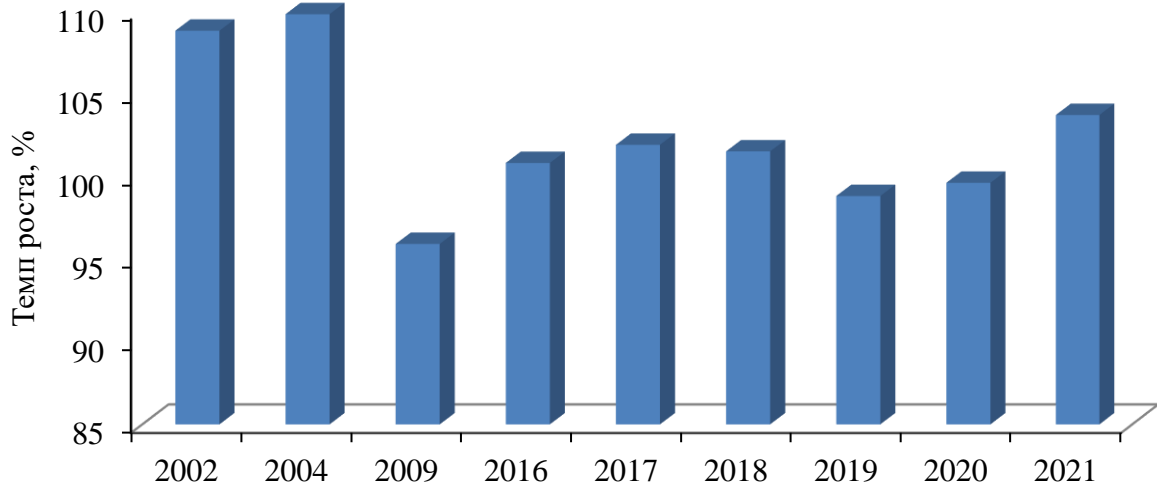


Рисунок 12 – Темп роста производительности труда в РФ¹

Такие тенденции, как рост эффективности в пределах 1 %, стагнация на рынке труда, спровоцировали незначительный рост ВВП. Эксперты отмечают, что подобные тенденции были актуальны для других развитых стран. Вместе с тем если в других странах незначительные темпы роста производительности труда объяснялись «эффектом Солоу», который был обусловлен значительной цифровизацией отраслей промышленности, то в РФ обозначенные тренды сформировались на фоне низкой готовности промышленных предприятий к процессам цифровизации².

Цифровая трансформация как магистральное направление в развитии промышленности обосновывается во многих исследованиях.

Так, цифровая трансформация раскрывается в качестве ключевого тренда развития обрабатывающей промышленности, что выражается в затратах предприятий обрабатывающей промышленности на внедрение и использование

¹ Источник: <https://rosstat.gov.ru>

² Акбердина В. В. Трансформация промышленного комплекса России в условиях цифровизации экономики // Известия Уральского государственного экономического университета. 2018. Т. 19, № 3. С. 82–99.

цифровых технологий за 2018–2021 гг.¹ Кроме того, подчеркивается повышение экономической эффективности в промышленной сфере на основе цифровых технологий и инструментов, таких как интеллектуальные информационные инновации, блокчейн, интернет вещей, Big Data и пр., а именно происходит снижение затрат и повышение производительности труда на предприятиях, возрастает качество продукции, снижение срока вывода продуктов на рынок². Цифровая трансформация как сквозной процесс направлена на наращивание конкурентоспособности предприятий и выход на новые рыночные позиции³. Отдельные авторы доказывают вовлеченность отечественных предприятий различных отраслей в процесс цифровой трансформации. В частности, отмечено проникновение цифровых технологий в обрабатывающую промышленность, что преобразует цепочки создания стоимости, повышает качество продукции, снижает себестоимость и т. д.⁴

Таким образом, в научном дискурсе сложилось устойчивое представление о взаимосвязи цифровых, инновационных факторов и производственных показателей. Эта гипотеза подтверждается и проведенным в рамках данного исследования корреляционным анализом (рисунок 13).

На рисунке 13 отражены основные значимые корреляции между показателями развития информационно-коммуникационных технологий и данными развития промышленности в РФ, составившие в совокупности корреляционные плеяды. Представленные коэффициенты демонстрируют зависимость двойственную, взаимную, что говорит о двусторонней зависимости анализируемых процессов: технологических и промышленных.

¹ Фоменко Е. В., Лунева Т. В., Никитин Э. В. Реализация политики цифровой трансформации в обрабатывающей промышленности России // Индустриальная экономика. 2022. Т. 7, № 5. С. 614–620.

² Идрисов А. Э. Эволюция моделей и инструментов цифровой трансформации в промышленности // Управление устойчивым развитием. 2022. № 6(43). С. 17–24.

³ Кокуйцева Т. В. Подходы к формированию методологии управления цифровой трансформацией компаний наукоемких отраслей промышленности // Вопросы инновационной экономики. 2022. Т. 12, № 3. С. 1443–1462.

⁴ Галочкин А. Н. Современные тенденции развития обрабатывающей промышленности в условиях цифровой трансформации экономики // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2022. № 4-1. С. 37–43.

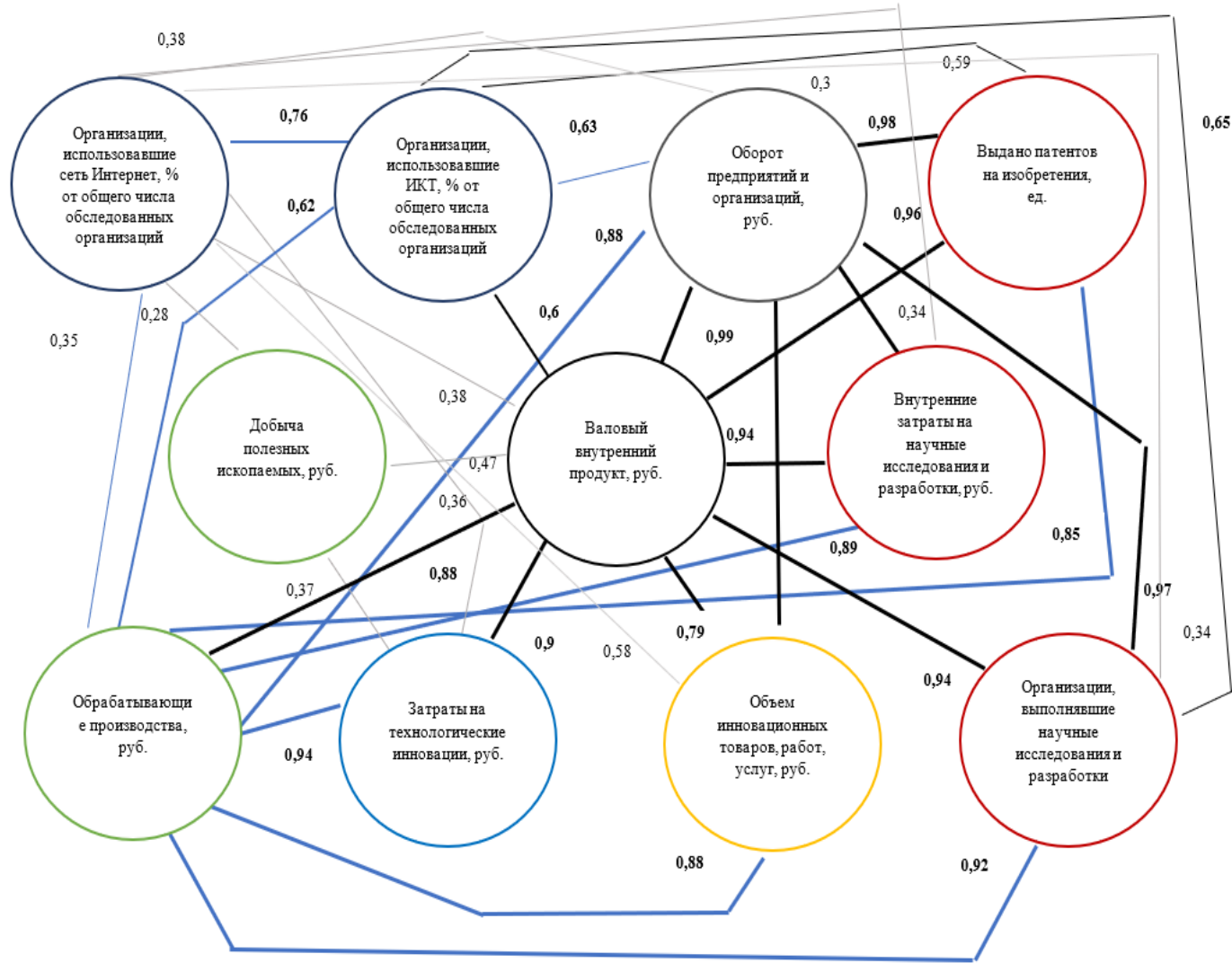


Рисунок 13 – Корреляционные плеяды зависимости показателей ИКТ и показателей развития промышленности¹

¹ Составлено автором.

По каждому показателю было определено среднее значение за 2017–2021 гг., а затем произведен расчет парных корреляций между этими средними значениями, результаты которого представлены в корреляционной матрице в приложении Б.

Основываясь на данных, составивших корреляционные плеяды, отметим следующие наблюдения (таблица 5).

Таблица 5 – Значимые взаимосвязи между показателями ИКТ и производственными показателями¹

Наименование показателя	Теснота взаимосвязи с показателями ИКТ
Обрабатывающие производства	0,60–0,94
ВВП	Более 0,9
Оборот предприятий и организаций	Более 0,6–0,98
Добывающие отрасли	Менее 0,5 во всей совокупности показателей

В рассматриваемом процессе установлено, что развитие промышленности зависит от инновационных и технологических показателей, причем эта зависимость количественно измерима и существенна.

В этом контексте представляется целесообразным рассмотреть ключевые тенденции развития отраслей и предприятий промышленности в условиях цифровой трансформации.

1. Информационно-коммуникационная динамика в процессе цифровизация отраслей промышленности

Экономика России в целом и промышленность в частности имеют достаточно высокий уровень первичной компьютеризации (таблица 6).

Такие направления, как использование персональных компьютеров, электронной почты, глобальных информационных сетей, достаточно хорошо освоены промышленными предприятиями. Доля обеспеченных в этом направлении предприятий в 2017 г. составила более 90 %, а предприятия обрабатывающих отраслей достигли показателя, близкого к 100 %.

¹ Составлено автором на основе рисунка 13.

Таблица 6 – Уровень первичной информационно-коммуникационной цифровизации отраслей промышленности РФ¹

Показатель	Добыча полезных ископаемых					Доля организаций по отраслям, % Обрабатывающие производства					Обеспечение электрической электроэнергией, газом и паром; кондиционирование воздуха				
	2017	2018	2019	2020	2021	2017	2018	2019	2020	2021	2017	2018	2019	2020	2021
Организации, использовавшие:															
персональные компьютеры	90,7	88,5	87,3	73,0	73,4	95,5	94,1	94,1	82,6	85,1	94,2	93,4	94,7	85,1	86,7
серверы	69,1	65,1	64,8	51,0	45,3	74,5	72,2	73,7	62,9	61,4	60,6	59,2	60,3	54,9	51,5
локальные вычислительные сети	73,3	69,5	69,2	56,3	55,7	76,2	72,8	74,2	64,3	66,3	73,3	73,5	71,5	64,1	66,1
глобальные информационные сети	89,0	86,5	85,8	...	...	94,5	93,1	93,4	...	...	92,3	91,5	93,5	...	...
из них сеть Интернет	88,1	86,0	85,3	...	...	94,2	92,8	93,2	...	...	89,6	89,1	92,5	...	...
фиксированный (проводной и беспроводной) интернет)	...	...	...	68,6	68,1	...	...	...	79,9	82,3	...	...	...	80,9	82,0
мобильный интернет	...	...	...	50,6	50,5	...	...	...	51,2	53,4	...	...	...	49,1	49,4
Организации, имевшие веб-сайт	39,7	37,4	40,4	32,0	33,2	63,8	61,6	63,2	52,5	56,1	47,5	47,7	51,1	44,3	46,4

¹ Составлено автором по: Наука, инновации и технологии / Росстат. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/science> (дата обращения: 31.03.2023).

Однако с 2018 г. в контексте воздействия экономических санкций, а также последствий пандемии COVID-2019 значения данных показателей значительно снизились и в 2021 г. колебались уже на уровне 70 %. Таким образом, первичная компьютеризация выступает необходимым условием для выполнения текущих задач предприятия. При этом серверы эксплуатируют лишь 45 % промышленных предприятий, веб-сайты в интернете имеют в среднем только около 40 % предприятий.

II. Использование программных средств в цепочках создания конечной продукции и ее реализации потребителям

Промышленные предприятия являются субъектами хозяйственной деятельности, выступающими звеньями различных логистических, хозяйственных, сетевых и прочих цепочек. В процессе взаимодействия с другими участниками рынка промышленные предприятия так или иначе осуществляют цифровой обмен с поставщиками, потребителями и пр. (рисунок 14).

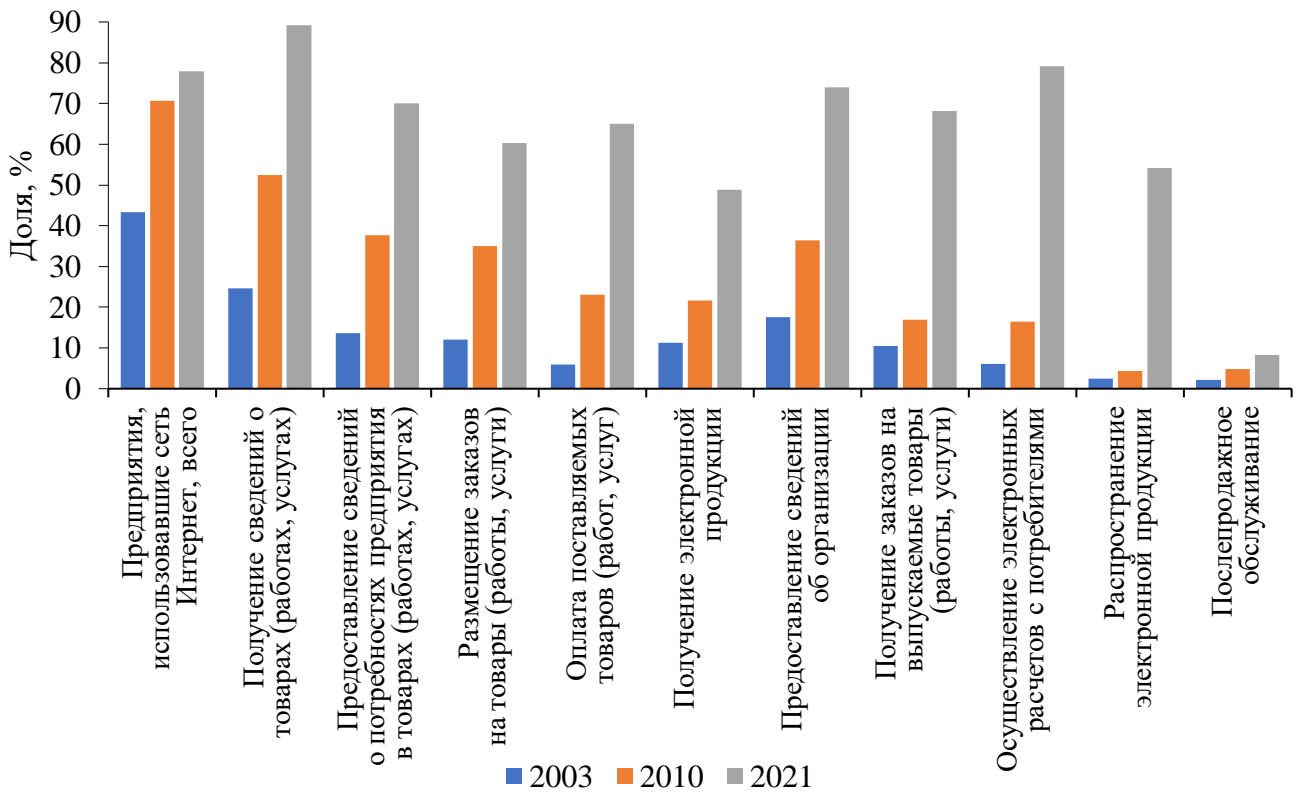


Рисунок 14 – Использование программных средств в процессе создания конечной продукции и ее реализации потребителям¹

В этом направлении, безусловно, необходимы специальные программные средства. Так, около 80 % промышленных предприятий применяют подобные продукты, но для связи с поставщиками их используют только около 50 % предприятий, а в процессе коммуникации с потребителями – около 30 %. Стоит отметить и положительную динамику, отражающую трехкратный рост использования программных средств как с поставщиками, так и с потребителями.

III. *Использование специальных программных средств в процессе взаимодействия с внешними сетевыми партнерами*

Фактически с началом применения специальных программных средств, на промышленных предприятиях происходит постепенный переход от простой «оцифровки» данных к процессам цифровизации. Этим объясняется общий более низкий уровень достигнутых показателей в сравнении с показателями ИКТ (рисунок 15).

¹ Составлено автором по: Наука, инновации и технологии / Росстат. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/science> (дата обращения: 31.03.2023).

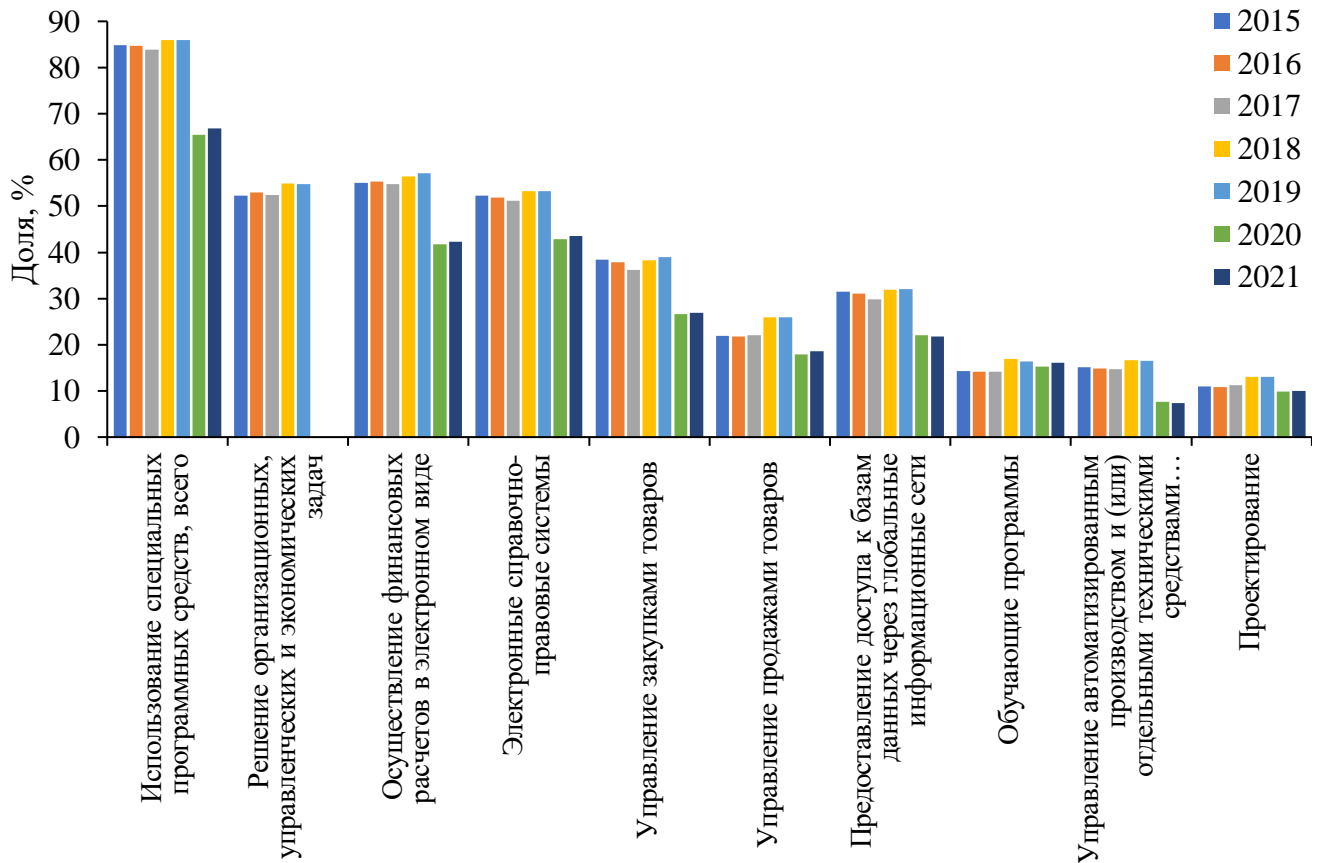


Рисунок 15 – Использование специальных программных средств при взаимодействии с внешними сетевыми партнерами¹

При этом наблюдается асимметрия в сторону специальных программ для решения управленческих и экономических задач. Отметим низкий показатель применения программных средств для проектирования (на уровне 10 %).

На данном этапе происходит интеграция ключевых ресурсов предприятия с программными инструментами и продуктами, что позволяет создать интегрированную модель, процесс сбора и обработки данных во всех направлениях деятельности предприятия (ERP-системы, CRM-системы).

Рассмотрим отдельные реализованные проекты, связанные с применением специальных программных средств и продуктов (таблица 7).

¹ Составлено автором по: Наука, инновации и технологии / Росстат. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/science> (дата обращения: 31.03.2023).

Таблица 7 – Реализация отраслевых программных комплексов и цифровых платформ на российских промышленных предприятиях¹

Критерий	Количество реализованных проектов
Программный комплекс сопровождения бурения нефтяных скважин «ГеоНафт»	11
Комплекс цифровых технологий «Интеллектуальный карьер»	2
Цифровая платформа учета закупок лома цветных и черных металлов «ЦУЗ.РФ»	63
Цифровая платформа оптовых закупок и сбыта продукции МСП «Supl.biz» (безотносительно отрасли)	8
Облачная платформа для горнодобывающей промышленности «SKYEER»	12
«АСК – Горная логистика» (горнодобывающая отрасль)	6
Неосинтез	7
Цифровой советчик и система управления в реальном времени	5
Система мониторинга промышленного оборудования «Диспетчер»	16
Платформа интеллектуального анализа данных Clover Smart Maintenance	51
Цифровая образовательная платформа «Цифровое производство»	85
«Технологии «Фабрик Будущего»	13
«1С:MES Оперативное управление производством»	21
«1С:PDM Управление инженерными данными»	5

Рассматривая промышленность РФ в таком контексте, необходимо констатировать, что отрасли промышленности идут по пути постепенной цифровизации, поскольку ERP-, SCM- и CRM-системы имеет около четверти предприятий, специальные программные средства для управления автоматизированным производством – около трети предприятий, программное обеспечение для управления закупками и продажами товаров – около половины предприятий.

При этом необходимо подчеркнуть отраслевые различия: в электротехнической и химической промышленности доля предприятий, внедривших ERP- и CRM-системы, составляет около 45 %, а предприятий, использующих программные средства для научных исследований, – порядка 20 %. Доля предприятий, использующих программное обеспечение для проектирования, в отрасли электро- и электронного оборудования достигает 60 %, в

¹ Урасова А. А. Методология моделирования процессов цифровизации экономики регионов РФ: технологические доминанты и отраслевая трансформация. Екатеринбург: Институт экономики Уральского отделения РАН, 2021. 354 с.

металлургической отрасли – 55%. Машиностроение отличается высокой долей применения специального программного обеспечения. Наиболее низкие показатели по указанным критериям достигнуты в легкой, пищевой и деревообрабатывающих отраслях.¹

Нельзя не отметить тенденцию, связанную с изменением спроса на рынке специальных программных средств в пользу российских производителей. Стимул к такому тренду появился в связи с рядом запретов на продукцию иностранных производителей. Однако такая обстановка обусловила появление новых проектов российских промышленных предприятий, стремящихся к сохранению позиций на рынке путем замены комплектующих и составляющих программных продуктов российскими аналогами.

IV. Собственное производство информационно-коммуникационного оборудования

В этом направлении также необходимо отметить некоторые тенденции. Так, число разрабатываемых производственных технологий стабильно возрастает (рисунок 16).

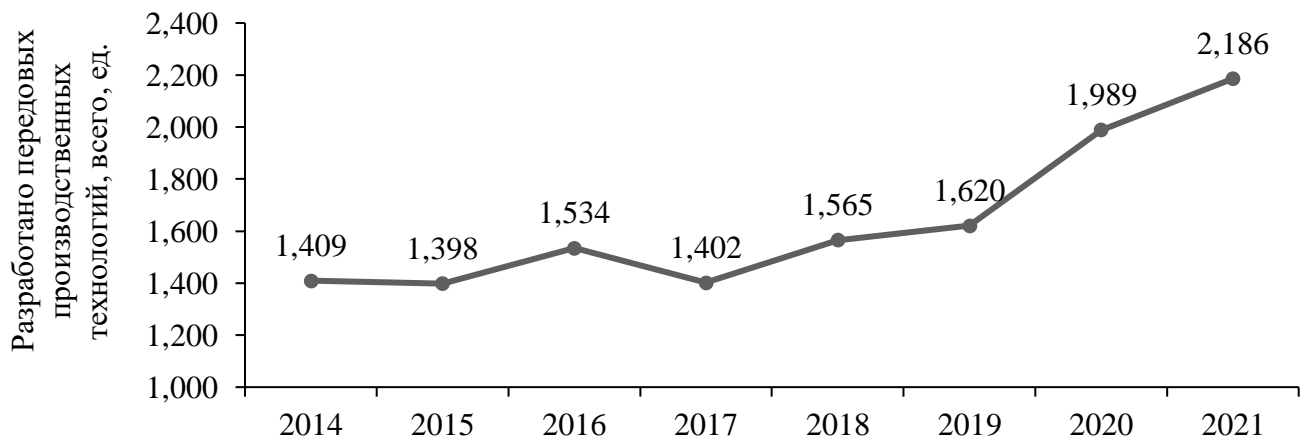


Рисунок 16 – Динамика количества разработанных производственных технологий и программных продуктов в промышленности в 2014–2021 гг.²

¹ Акбердина В. В. Трансформация промышленного комплекса России в условиях цифровизации экономики // Известия Уральского государственного экономического университета. 2018. Т. 19, № 3. С. 82–99.

² Составлено автором по: Наука, инновации и технологии / Росстат. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/science> (дата обращения: 31.03.2023).

Снижение можно наблюдать в направлении автоматизированной транспортировки материалов и деталей, а также в применении технологий автоматизированного наблюдения и контроля (таблица 8). Наибольший рост демонстрировали направления, связанные с производством, обработкой, сборкой, связью и управлением.

Таблица 8 – Количество разработанных производственных технологий и программных продуктов в промышленности¹

Вид технологий	Число технологий, ед.							
	201	201	201	201	201	201	202	202
	4	5	6	7	8	9	0	1
Проектирование и инжиниринг	4	3	4	4	4	4	3	4
	4	5	0	1	5	5	4	3
	5	9	2	7	8	6	9	8
Производство, обработка и сборка	5	5	5	4	4	5	6	6
	0	4	0	8	9	1	3	5
	6	8	9	5	2	0	8	8
Автоматизированная транспортировка материалов и деталей, а также осуществление автоматизированных погрузочно-разгрузочных операций							1	1
	2	1	3	3	4	2	1	4
Аппаратура автоматизированного наблюдения и (или) контроля	2	2	4	4	0	9	9	2
	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	6	3	6	5	4	3
Связь и управление	0	7	0	4	5	9	2	1
	2	2	2	2	2	3	2	1
	0	3	8	1	9	1	7	8
	2	2	5	8	2	6	3	9
Производственная информационная система							1	2
	6	8	8	4	7	8	9	5
	5	4	3	4	2	1	0	6
Интегрированное управление и контроль							1	2
	5	4	6	7	4	6	8	4
	9	6	1	0	6	9	7	1

Вместе с тем тенденции внедряемых производственных технологий не отличаются таким стабильным приростом (рисунок 17).

¹ Составлено автором по данным Росстата.

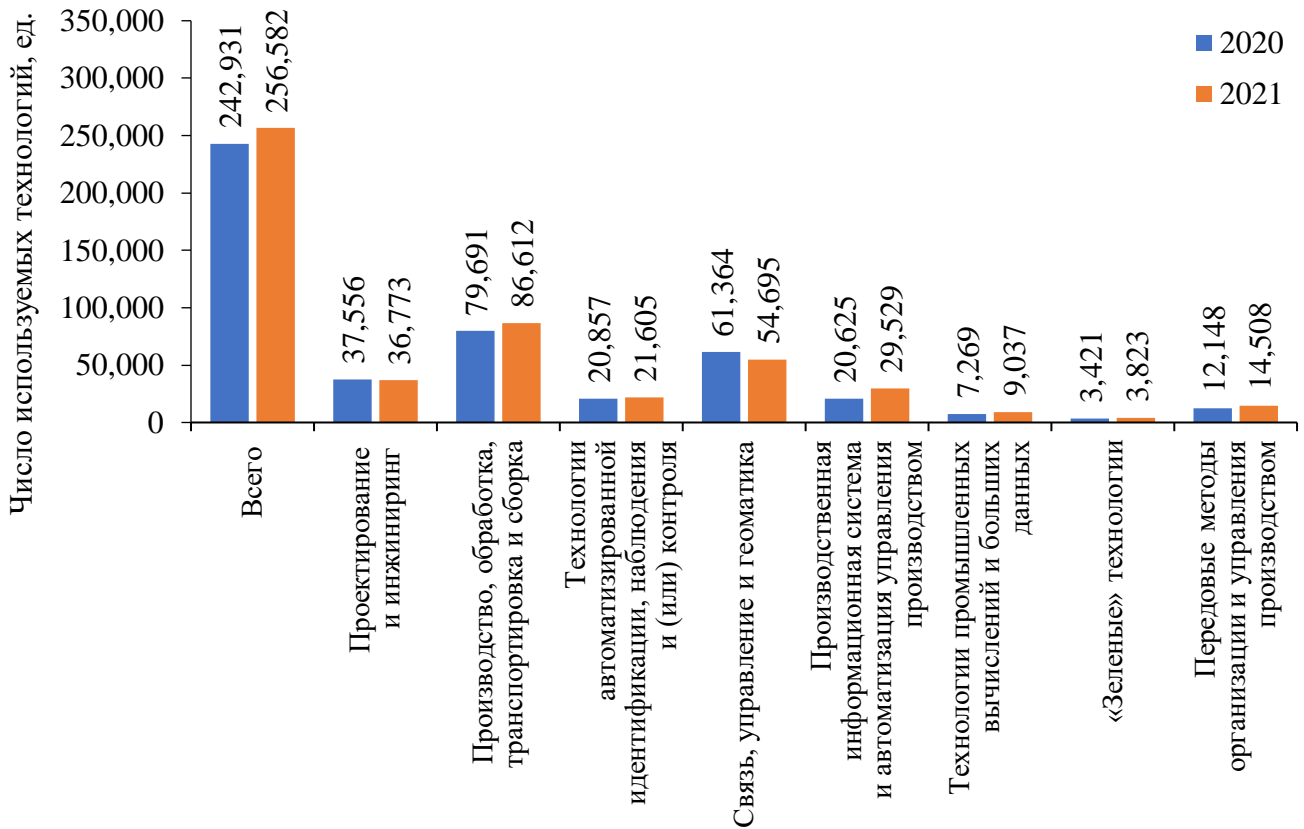


Рисунок 17 – Число используемых передовых производственных технологий и программных продуктов в промышленности¹

Стоит отметить растущие тенденции в использовании технологий производства, обработки, транспортировки и сборки; технологий промышленных вычислений и больших данных, а также технологий по созданию производственной информационной системы и автоматизации управления производством.

V. Производство и использование роботов и датчиков – промышленный интернет

Робототехника достаточно длительное время используется в различных отраслях промышленности. Так, по данным Национальной ассоциации участников рынка робототехники, среднегодовые продажи промышленных роботов в России составляют 500–600 ед., или около 0,25 % мирового рынка².

Статистика использования роботов выглядит следующим образом:

¹ Составлено автором по: Наука, инновации и технологии / Росстат. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/science> (дата обращения: 31.03.2023).

² Национальная ассоциация участников рынка робототехники. URL: <https://robotunion.ru/> (дата обращения: 18.01.2023).

- плотность роботизации – 5 роботов на 10 тыс. сотрудников предприятий;
- создание промышленных роботов – около 1000 ед. в год;
- продажа промышленных роботов – около 1000 ед. в год.

При этом структура продаж в разрезе отраслей промышленности выглядит достаточно асимметричной (рисунок 18).

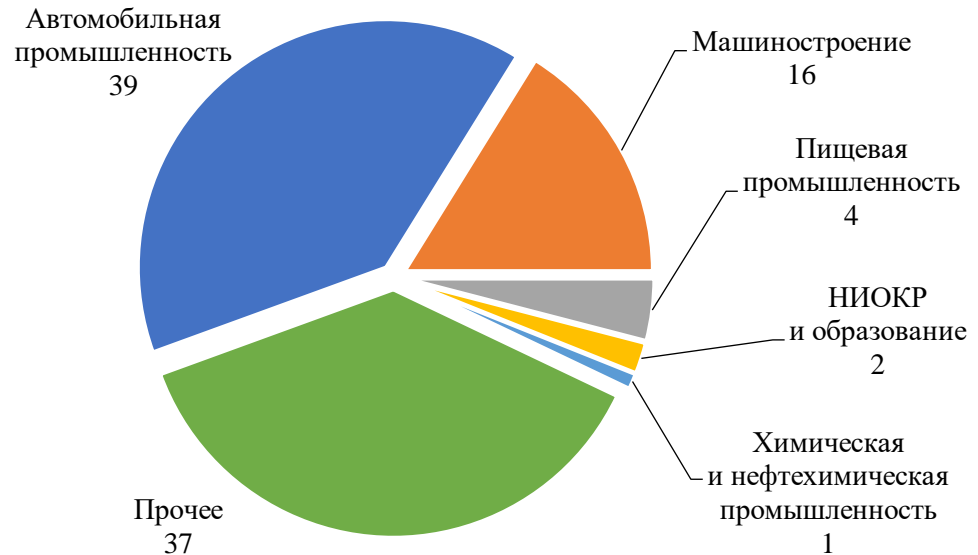


Рисунок 18 – Структура продаж робототехники в РФ в разрезе отраслей промышленности¹, %

Достаточно значимое место в этом направлении занимают контрольно-измерительные приборы и средства автоматизации, поскольку сложился весьма высокий спрос на датчики и аналитическое оборудование.

Необходимо заключить, что формирование промышленного интернета вещей в РФ пока находится на начальной стадии, поскольку, несмотря на значительную компьютеризацию предприятий, единая информационная сеть, объединяющая все производственные объекты, оборудование и рабочие места, а также детали, компоненты, готовую продукцию, пока не сложилась. Можно говорить лишь о формировании определенной среды для эффективного взаимодействия всех элементов на пути к созданию конечной продукции и ее реализации.

¹ Составлено автором по данным: <https://www.tadviser.ru>

Для характеристики современной цифровой среды рассмотрим характер применения сквозных технологий на промышленных предприятиях (таблица 9).

Таблица 9 – Применение ключевых сквозных технологий в отраслях промышленности регионов РФ¹

Наименование технологий	Примеры применения в регионах РФ
Большие данные	Нефтегазовая отрасль: «Газпром», «Газпром нефть», «Лукойл», «Роснефть», «Башнефть», «Сибур», «НПП «Нефтехимия» и др.
Нейротехнологии и искусственный интеллект	–
Системы распределенного реестра (блокчейн)	Банковский сектор, страховые компании
Квантовые технологии	IT-отрасль: системы квантовой коммуникации (оптический маршрутизатор SCWQC в Санкт-Петербурге; квантовая сеть Университета ИТМО в г. Казани (коллаборация с телеком-оператором), в г. Самаре – коллаборация с IT-инфраструктурой)
Новые производственные технологии	–
Создание цифровых двойников	<p>Автомобилестроение (производство автотранспортных средств, прицепов и полуприцепов,); авиастроение и ракетно-космическая техника (производство летательных аппаратов, включая космические); двигателестроение (производство силовых установок и двигателей для летательных аппаратов, включая космическое); машиностроение, включая атомное, нефтегазовое, тяжелое, специальное машиностроение, железнодорожный транспорт (производство машин и оборудования общего назначения); судостроение и кораблестроение (строительство кораблей, судов и лодок); непрерывное/процессное производство (добыча полезных ископаемых; обрабатывающее и металлургическое производство, производство кокса и нефтепродуктов; производство химических веществ и химических продуктов).</p> <p>«ОДК-Сатурн», производитель газотрубинных двигателей для авиации и энергетики, создание цифрового двойника производственного цеха с учетом используемого оборудования, его расположения в цехе, учета особенностей автоматизированных и ручных операций. Такой цифровой двойник обеспечивает возможность контроля планируемых значений фактическому состоянию</p>

¹ Составлено автором на основе анализа данных АНО «Цифровая экономика». URL: <https://data-economy.ru/> (дата обращения: 30.04.2023).

Продолжение таблицы 9

Наименование технологий	Примеры применения в регионах РФ
Промышленный интернет	<p>В «Концерне Росэнергоатом» на блоках 1 и 2 Смоленской АЭС за последние два года модернизирована функция эксплуатации оборудования. Внедрена система eSOMS (производитель – ABB), которая предполагает выдачу сотрудникам терминалов, подсказывающих оптимальные маршруты обхода и позволяющих в режиме реального времени передавать информацию о наблюдениях в центральную информационную систему.</p> <p>Завод радиоэлектронной продукции «Технинжиниринг» внедрил беспроводной контроль (разработчик – «СТРИЖ»), установив более 550 датчиков и устройств (электросчетчиков, датчиков протечки, температуры, теплосчетчиков и пр.).</p> <p>На КАМАЗе уже внедрены средства автоматизированного проектирования (CAD) и система имитационного моделирования технологических процессов.</p>
Компоненты робототехники и сенсорики Технологии беспроводной связи	<p>В холдинге «Вертолеты России» реализуются проекты по внедрению системы мониторинга загрузки производственного оборудования, что также является одним из примеров применения промышленного интернета вещей. На первом этапе к оснащению системой запланированы станки с ЧПУ по механообработке, далее планируется расширить мониторинг работы оборудования на других видах операций, в том числе на сборке, которую планируют оснащать элементами роботизации</p> <p>Обработывающие производства, добыча полезных ископаемых</p> <p>IT-отрасль: мобильные операторы ОАО «МТС», ОАО «Мегафон», ОАО «Вымпелком» и ОАО «Ростелеком». ОАО «Ростелеком» и большая тройка занимают примерно 86 % рынка, при этом доля доходов ОАО «Ростелеком» составляет 25 % рынка, ОАО «МТС» – 24 %, ОАО «Мегафон» – 19 %, ОАО «Вымпелком» – 18 %</p>
Технологии виртуальной и дополненной реальности	<p>Приложения технологий VR и AR для производственной сферы – дизайн новых продуктов. Технологии смешанной реальности могут значительно облегчить сборку конечной продукции, состоящей из множества элементов (ПАО «Газпром нефть»)</p>

Исходя из содержания каждой из технологий, а также статистических данных заключим, что их направленность не позволяет конкретизировать однозначную траекторию адаптации российских промышленных предприятий к условиям цифровизации.

Таким образом, анализ тенденций цифровой трансформации промышленности позволяет выделить следующие проблемы:

- существенное отставание российских предприятий от промышленных предприятий и организаций стран – лидеров по уровню цифровизации;
- распространение и применение в отдельных отраслях в первую очередь программного продукта, используемого в целях повышения эффективности корпоративного управления и материально-технического снабжения;
- не в полной мере задействованный потенциал программных и технических средств для проектирования и управления автоматизированным производством и технологическими процессами.

Решение обозначенных проблем – одно из важнейших направлений повышения эффективности как отдельных промышленных предприятий, так и отраслей в целом.

2.2 Методический подход к анализу процессов цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности

На основе предложенного в предыдущем разделе авторского определения цифровой трансформации, теоретического подхода, выявленных приоритетов цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности в данной части работы будут обоснованы содержание и специфика применения соответствующего методического подхода.

Цель методического подхода заключается в обосновании инструментов оценки развития отраслей промышленности в условиях цифровизации, а также в разработке соответствующего механизма выработки стратегии цифровой трансформации промышленного предприятия. Такой механизм должен предусматривать совокупность процедур анализа, оценки, стратегирования процессов цифровизации, определяющих качественные характеристики производственной деятельности предприятия, траекторию его развития в рамках

отраслевого взаимодействия субъектов промышленности РФ и во взаимозависимости с предприятиями отдельной отрасли. Измерение данных взаимодействий и взаимозависимостей раскрывает тенденции и определяет стратегию цифровизации на уровне отрасли и предприятия.

Авторский методический подход является важным системообразующим элементом научной парадигмы исследования цифровой трансформации отраслей промышленности и отдельных предприятий (рисунок 19).

В соответствии с представленными на рисунке 19 положениями методический подход к исследованию процессов цифровой трансформации промышленности предполагает организацию исследования на основе согласованного применения составляющих: экосистемного, технологического, отраслевого и процессного подходов. Методический подход призван способствовать решению проблемы отсутствия устоявшихся методических подходов к исследованию цифровой трансформации промышленности.

Рассмотрим более детально возможности каждого из методических подходов, синтезируемых в рамках авторских методических разработок.

Экосистемный методический подход к исследованию промышленных отраслей и предприятий основывается на тезисе о доминирующей роли цифровых платформ, представляющих собой особые системы¹. При этом если в классических системах ведущая роль была отведена элементам и связям между ними, то в экосистеме доминирует функциональная значимость элементов, на основе чего формируются сетевые эффекты².

Формирование промышленной экосистемы предполагает этап фундаментальных исследований, проведение прикладных изысканий и собственно организацию производства.

¹ Симченко Н. А. Экосистемная методология цифрового развития промышленности // Повышение конкурентоспособности социально-экономических систем в условиях трансграничного сотрудничества регионов: сб. материалов IX Междунар. науч.-практ. конф. (Ялта, 5–8 апреля 2022 г.). Симферополь: Ариал, 2022. С. 17–18.

² Симченко Н. А., Цехла С. Ю. Цифровые двойники в экономическом развитии промышленности: управление и эффекты: монография. Симферополь: Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского, 2021. 237 с.

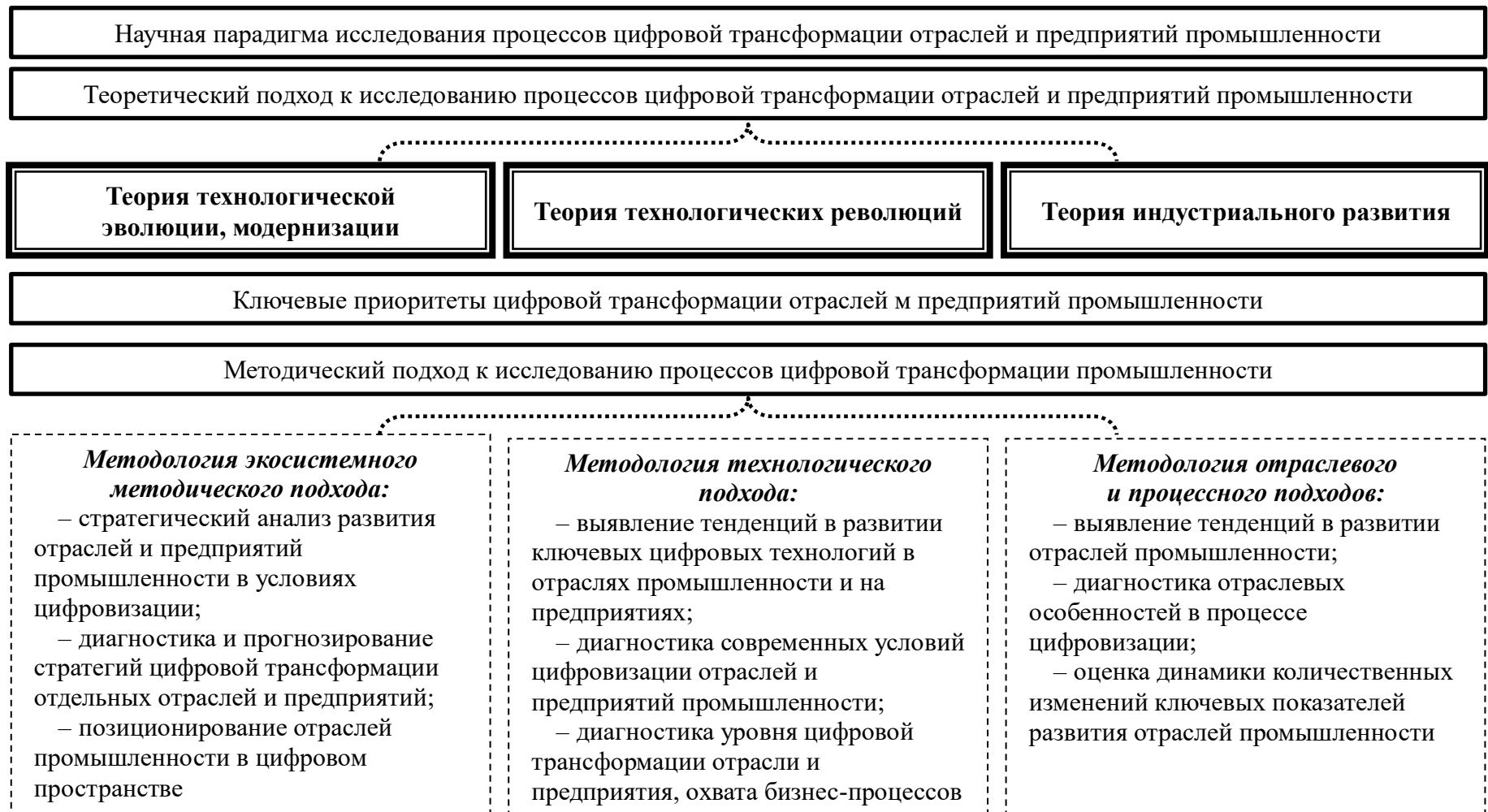


Рисунок 19 – Теоретическое обоснование авторского методического подхода к исследованию процессов цифровой трансформации промышленности¹

¹ Разработано автором.

В масштабах РФ промышленная экосистема представляет собой совокупность институтов и предприятий, взаимодействующих в процессе производства товаров и услуг, механизмы деятельности которой определяются государственной промышленной политикой и системой нормативно-правовых актов.

Учитывая значительную межотраслевую дифференциацию по уровню цифровизации, одной из задач промышленной экосистемы выступает обеспечение целостности¹.

Экосистемный подход – это система экономических взглядов на содержание, тенденции, факторы и траектории цифровой трансформации отраслей промышленности и отраслей, основанная на ее одновременной трактовке как:

– системного явления, тенденции которого наблюдаются во всех отраслях промышленности РФ и выражаются в форме межотраслевых диспропорций и асимметрий;

– явления, обладающего свойством системности, проявляющемся в виде соответствия общеэкономическим условиям развития;

– процесса, происходящего в технологических условиях, характеризующихся необратимостью цифровых изменений, сохранением достижений предыдущих стадий развития и возникновением новых приоритетов; воздействием отраслевых факторов, формирующих траектории цифровизации;

– процесса, базирующегося на современных условиях цифровой платформизации, которые сочетают в себе устойчивую динамику количественных изменений в отраслях промышленности и зависимостей между ними; основных тенденций и факторов, определяющих стратегию цифровизации промышленности; тенденции технологической революции.

Технологический методический подход базируется на сочетании методов исследования технологий и технологических изменений, которое необходимо для

¹ Шкарупета Е. В., Дударева О. В., Филатова М. В., Беккиев А. Ю. Методология устойчивого развития промышленных экосистем // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2020. Т. 82, № 4(86). С. 377–382.

понимания сущности современных технологических приоритетов, протекающих в отраслях промышленности. Данный подход предполагает исследование цифровых технологий, обеспечивающих цифровую трансформацию отраслей промышленности¹. Именно от интенсивности и результативности реализации цифровых технологий зависит конкурентоспособность и перспективность развития как отрасли, так и отдельного промышленного предприятия².

Цифровые изменения в отраслях промышленности во многом определяется последствиями глобальных экономических трендов, в результате которых происходит формирование новых моделей промышленного развития, механизмов наращивания конкурентных преимуществ и возможностей технологического роста для промышленных отраслей³. В связи с этим технологические условия и факторы в отдельных промышленных отраслях тесно взаимосвязаны с реализацией отраслевого потенциала. На основе уровня технологического развития отраслей и предприятий промышленности формируются формы государственной поддержки отраслей промышленности⁴.

Таким образом, для обоснования сущности *технологического подхода к исследованию процессов цифровой трансформации промышленности* будут применены следующие положения:

¹ Kiel D., Müller J., Arnold C., Voigt K. Sustainable industrial value creation: benefits and challenges of Industry 4.0 // International journal of innovation management. 2017. Vol. 21, no. 08. Art. no. 1740015; Kumar K. From post-industrial to post-modern society: new theories of the contemporary world. Oxford: Blackwell, 1996. 253 p.; Genz S., Janser M., Lehmer F. The impact of investments in new digital technologies on wages – worker-level evidence from Germany // Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik. 2019. Vol. 39, iss. 3. P. 483–521.

² Sorbe S., Gal P., Nicoletti G., Timiliotis C. Digital dividend: policies to harness. Paris: OECD, 2019. 31 p. (OECD economic policy papers, no. 26); Wiesböck F., Hess T. Digital innovations // Electronic markets. 2020. Vol. 30. Art. no. 7586.

³ Глазьев С. Ю., Львов Д. С., Фетисов Г. Г. Эволюция технико-экономических систем: возможности и границы централизованного регулирования / под ред. С. Ю. Глазьева. М.: Наука, 1992. 208 с.

⁴ Чарочкина Е. Ю. Тенденции технологической трансформации промышленного сектора экономики на современном этапе // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. 2021. Т. 11, № 5. – С. 85–94.

– технологические изменения в промышленных отраслях и предприятиях встроены в систему изменений национальной экономики, которая оказывает определяющее влияние на отраслевое стратегирование и программирование;

– технологическая трансформация отраслей и предприятий промышленности в условиях цифровизации в экономическом пространстве страны требует выработки долгосрочной стратегии, отраслевая составляющая которой является определяющей при системной оценке стратегических ориентиров развития отдельной отрасли и конкретного предприятия;

– цифровая трансформация отраслей и предприятий промышленности выступает основой промышленного развития РФ, отражает динамику значимых факторов, тенденций развития, обладает свойством интеграции, восприимчивости новых технологических условий в стратегической перспективе.

Отраслевой и процессный методические подходы. Отраслевой подход основывается на положении о выделении существующих и перспективных отраслей промышленности, вовлеченных в процесс цифровой трансформации¹. Цифровые изменения в отдельной отрасли промышленности тесно взаимосвязаны с условиями внедрения, обработки больших данных, а также создания новых бизнес-моделей на основе цифровых технологий². Это делает необходимой оценку не только тенденций и устойчивости развития отдельных предприятий, но и возможностей повышения эффективности промышленных отраслей³, поскольку в современных условиях можно наблюдать целый ряд провалов на промышленных рынках, что требует значительной корректировки отраслевой политики

¹ Alexandrova E., Poddubnaya M. Digital technologies development in industry sectors and areas of activity // Lecture notes in networks and systems. 2021. Vol. 136. P. 112–124; Akatkin Y. M., Karpov O. E., Konyavsky V. A., Yasinovskaya E. D. Digital economy: conceptual architecture of the digital industry ecosystem // Business informatics. 2017. Vol. 4, iss. 42. P. 17–28.

² Paunov C., Planes-Satorra S. How are digital technologies changing innovation? Evidence from agriculture, the automotive industry and retail. Paris: OECD, 2019. 53 p. (OECD science, technology and industry policy papers, no. 74).

³ Хрусталеv Е. Ю., Хрусталеv О. Е. Методология оценки отраслевых темпов и стабильности инновационного развития наукоемких предприятий и организаций // Экономический анализ: теория и практика. 2014. № 10(361). С. 2–15.

государства, выработки мер по ликвидации/созданию барьеров входа на те или иные отраслевые рынки¹.

Таким образом, оценка откликов отраслей промышленности на реализацию механизмов промышленной политики требует выработки системы критериев, показателей измерения². Такая оценка формируется на основе интеграции оценок по отдельным отраслям и предприятиям³.

Ключевые установки и принципы *отраслевого и процессного подходов к исследованию процессов цифровой трансформации промышленности* будут раскрыты в следующих аспектах:

– отраслевые изменения выступают как процесс, развивающийся во времени под действием совокупности факторов, претерпевая изменения и порождая новые тенденции, отражающие отраслевые приоритеты, реализация которых зависит от конкретных промышленных предприятий;

– отраслевое развитие промышленности рассматривается как процесс преодоления кризисных явлений и повышения устойчивости, эффективности конкретных предприятий и отраслей, что требует учета отраслевой специализации, отраслевых изменений, форм межотраслевого взаимодействия.

Описанные методические подходы позволяют провести обоснованное исследование процессов цифровизации промышленного предприятия, поскольку соответствуют достаточным условиям:

– являются адекватными, т. е. в полной мере соответствуют целям и задачам исследования;

– не содержат взаимоисключающих положений;

¹ Спицина Э. А. Методология исследования отраслевых рынков и ее особенности // Экономика, бизнес, финансы: актуальные вопросы и современные аспекты: сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. (Пенза, 5 января 2020 г.). Пенза: Наука и просвещение, 2020. С. 184–187.

² Романова О. А., Акбердина В. В., Бухвалов Н. Ю. Методология гармонизации структурных территориально-отраслевых изменений экономической системы // Вестник Оренбургского государственного университета. 2015. № 8(183). С. 122–127.

³ Лаврикова Ю. Г. Методология формирования направлений корректировки сопряжения отраслевого и территориального развития региона // Вестник Уральского отделения Российской академии наук. Наука. Общество. Человек. 2006. № 1. С. 115–119.

– дополняют друг друга, что позволяет раскрыть предмет исследования во всей совокупности взаимодействий и взаимосвязей.

В завершение данного параграфа отметим, что применение синтеза экосистемного, технологического, отраслевого и процессного методических подходов позволит провести комплексное исследование процессов цифровой трансформации промышленности в двух направлениях: на уровне отрасли и на уровне предприятия.

В частности, *применение экосистемного и технологического подходов* в сочетании позволит провести исследование процессов цифровой трансформации промышленности в рамках отраслевого взаимодействия промышленных предприятий и во взаимозависимости между отраслями и предприятиями, измерение которого раскрывает тенденции и определяет траектории цифровизации промышленных отраслей и предприятий.

Согласованное применение в процессе исследования технологического, отраслевого и процессного подходов позволит учесть современные условия технологических изменений, дать оценку цифровой трансформации в совокупности процессов динамики промышленных и технологических показателей, определяющих качественные характеристики развития отрасли и предприятия.

Сочетание в рамках исследования экосистемного, отраслевого и процессного методических подходов дает возможность построить траектории развития отдельных отраслей и предприятий на современном этапе цифровизации.

2.3 Инструментарий внутрифирменного и стратегического планирования на предприятиях и в отраслях промышленности в условиях цифровой трансформации

В традиционных отраслях промышленности в качестве основных инструментов внутрифирменного и стратегического планирования используются системы автоматизированного управления¹. В частности, можно отметить системы планирования ресурсов предприятия ERP, автоматизации деятельности инженерных подразделений PLM и пр., которые базируются на единых хранилищах данных².

Выбор и построение адекватных инструментов планирования, их рациональной конфигурации и технологического оснащения, координирующего процессы управления движением материальных потоков, являются базовыми условиями устойчивости промышленного предприятия в эпоху цифровой трансформации³.

Отметим, что вся эволюция развития инструментов внутрифирменного и стратегического планирования сопровождалась возникновением новых подходов и концепций, отвечающих требованиям основных подсистем хозяйственной деятельности промышленного предприятия⁴. С развитием тенденций цифровой

¹ Сухарева А. «Большие данные» на службе у большой промышленности // Компьютерра. URL: <http://www.computerra.ru/96974/industry-bigdata/> (дата обращения: 15.02.2023).

² Саид В. А. Технологии Big Data в промышленности // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В. Г. Шухова (Белгород, 1–20 мая 2017 г.). Белгород: БГТУ им. В. Г. Шухова, 2017. С. 4476–4480.

³ Трусов А. В. Система информационного обеспечения процесса коммерциализации результатов инновационной деятельности предприятий топливно-энергетического комплекса // Энергетика. Инновационные направления в энергетике. CALS-технологии в энергетике. 2012. № 1. С. 144–152; Трусов А. Н., Иванченко П. Ю., Кацуро Д. А. Разработка автоматизированной информационной системы для оптимизационного анализа экономических процессов // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 11. С. 38–40.

⁴ Урасова А. А. Возможности теории промышленных революций и теории технологических укладов в эпоху цифровой трансформации // Цифровая трансформация промышленности и сферы услуг: тенденции, стратегии, управление: материалы Междунар. конф. (Казань, 24 апреля 2020 г.). Казань: Университет управления «ТИСБИ», 2020. С. 378–381.

трансформации стали появляться инструменты планирования, позволяющие консолидировать и синхронизировать процессы бизнес-планирования, бюджетирования, планирования продаж, производственные программы, оперативное и стратегическое управление, а также деятельность основных и вспомогательных подразделений и звеньев технологических цепочек, включая службы логистики и сервиса¹. Современная стадия развития внутрифирменного планирования отличается такими характеристиками, как инновационность и стремление к самоорганизации, регламентации ответственности, внедрению облачных технологий². Большинство инструментов внутрифирменного планирования включают комплекс производственных и управленческих процедур³.

В условиях цифровой трансформации в экономике, ориентирующих промышленные предприятия на потребности конечного потребителя, повышается значение интенсификации производства, основанной на реализации интеллектуального потенциала, и развития «цифрового» производства⁴.

Применение инструментов внутрифирменного планирования (material requirements/resource planning, distribution requirement planning, ERP и др.), упомянутых в параграфе 1.2, формирует единую базу данных со всеми необходимыми аналитическими сведениями с целью последующего использования для разработки и принятия управленческих решений. Это актуально, поскольку у

¹ Белоусова Ю. Г. Эволюция систем управления производственными процессами на предприятия // Логистика. 2012. № 3(64). С. 52–54; Мотовилов И. В., Глезман Л. В. Пермский край: информационные технологии для управления промышленностью // Российское предпринимательство. 2012. № 4(202). С. 169–174; Harland C. Supply chain management, purchasing and supply management, logistics, vertical integration, materials management and supply chain dynamics // Blackwell encyclopedic dictionary of operations management / ed. by N. Slack. Oxford: Blackwell, 1996. P. 2–11.

² Гайнанов Д. А., Атаева А. Г., Климентьева А. Ю. Методологические основы развития региональной инновационной подсистемы на базе процессно-ресурсного подхода // Регион: экономика и социология. 2022. № 2(114). С. 82–106.

³ Орехова С. В., Мисюра А. В., Кислицын Е. В. Управление возрастающей отдачей высокотехнологичной бизнес-модели в промышленности: классические и экосистемные эффекты // Управленец. 2020. Т. 11, № 4. С. 43–58.

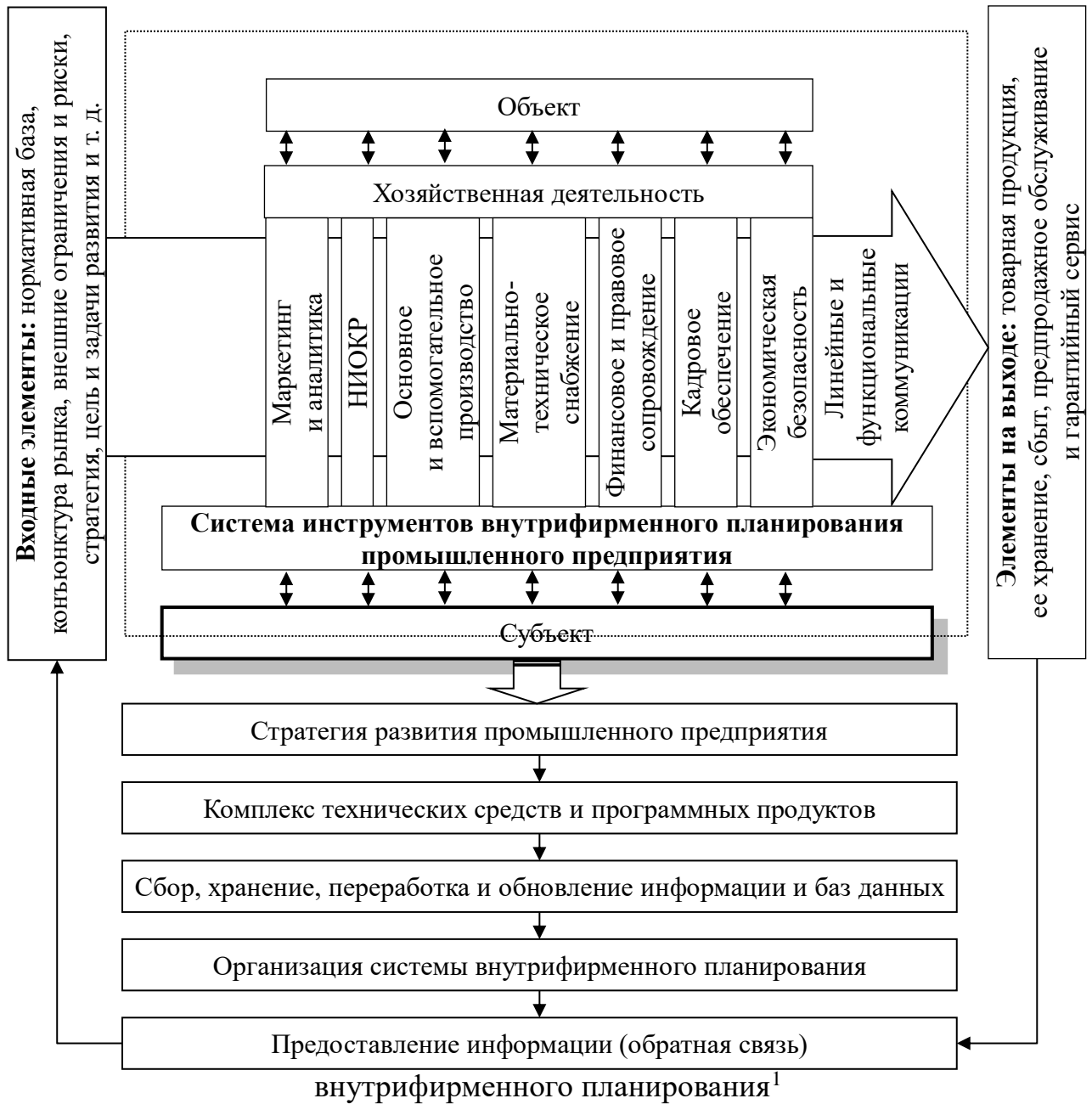
⁴ Орехова С. В., Мисюра А. В. трансформация бизнес-модели и возрастающая отдача высокотехнологичного предприятия // Вестник Челябинского государственного университета. 2020. № 6(440). С. 75–85; Орехова С. В., Евсеева М. В. Технологические системы в экономике: гетеродоксальный подход и институциональные основы // Журнал институциональных исследований. 2020. Т. 12, № 4. С. 34–53.

промышленного предприятия появляется возможность рационально использовать ограниченные ресурсы путем их оптимизации с помощью данного инструментария в приоритетных направлениях развития хозяйственной деятельности¹.

Ключевые задачи применения инструментов внутрифирменного планирования должны отвечать направлениям адаптации к цифровым условиям, которые определяют необходимость детального рассмотрения системы планирования и стратегирования на промышленном предприятии с позиции структурных и функциональных особенностей (рисунок 20).

Таким образом, современные инструменты внутрифирменного планирования в условиях цифровой трансформации должны представлять собой организационно-производственный комплекс взаимосвязанных элементов, в котором объектом являются массивы данных, необходимых для организации хозяйственной деятельности и сбыта товарной продукции, а субъектом – набор технических средств и программных продуктов, совокупность коммуникаций и специфических функций, формируемых и определяемых воздействием ключевых факторов и особенностей, а также экономической и технологической спецификой промышленного предприятия.

¹ Подшивалова М. В., Алмршед С. К. Тренды инновационной активности промышленных предприятий в РФ и мире // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. 2020. Т. 14, № 4. С. 84–92.



На основе применения инструментов планирования все данные о промышленном предприятии преобразуются в товарную продукцию, ее реализацию, послепродажное обслуживание и пр.

Рассмотрим особенности применения традиционных для российских промышленных предприятий инструментов внутрифирменного планирования. Так,

¹ Составлено автором по: Герман О. И. Проблемы информационного обеспечения анализа эффективности развития предприятий // Вестник АГАУ. 2011. № 10. С. 94–97; Стрельникова Е. В. Принципы производственного стратегирования на промышленном предприятии // Российское предпринимательство. 2014. № 23(269). С. 97–101.

можно отметить использование PLM-системы (Product Lifecycle Management) на ПАО «Протон-ПМ» при совершенствовании системы управления (рисунок 21).

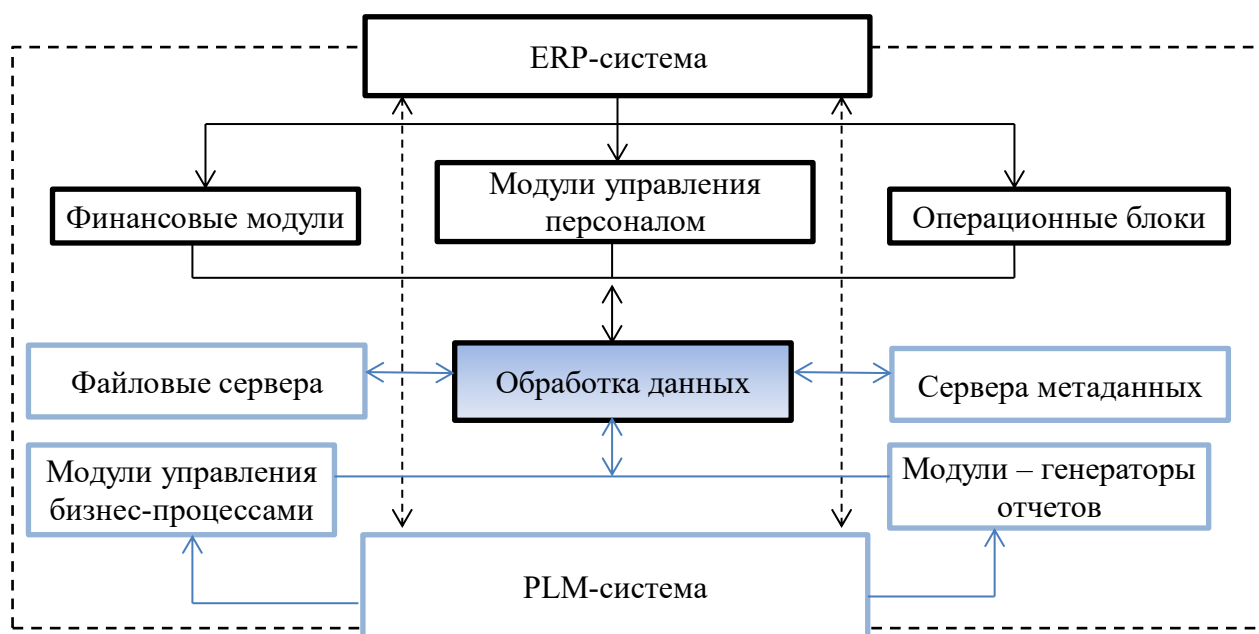


Рисунок 21 – Система внутрифирменного планирования на ПАО «Протон-ПМ»¹

Данный инструмент как организационно-технический комплекс включает цифровую информацию об изделии и связанных с ним процессах на протяжении всего жизненного цикла, включая эксплуатацию. Особенностью применения PLM-системы является возможность оперативного доступа к отдельным блокам данных, что позволяет оптимизировать ряд характеристик продукции, сокращать расходы производства и сервисного обслуживания. Несомненным достоинством данной системы является формирование отчетов по задаваемым критериям и параметрам.

Рассмотрим особенности внутрифирменного планирования в АО «Пермский завод «Машиностроитель», которое имеет стратегическое видение развития и обладает высочайшим уровнем кооперации.

Стратегическими документами развития отрасли в середине 2000-х годов была определена задача по формированию нескольких диверсифицированных инновационных интегрированных структур. При этом государство сохранило за

¹ Составлено автором по данным: <https://protonpm.ru/>

собой ряд управленческих функций, в том числе развитие и совершенствование сферы научно-технологических и организационных компетенций в модернизации отраслевого производственного потенциала. В частности, в холдинговых структурах были поставлены задачи по формированию единой автоматизированной информационно-аналитической системы по мониторингу качества, созданию базы данных, электронных каталогов и технологической документации. Реализация поставленных задач позволила значительно снизить номенклатуру комплектующих, аккумулировать научно-технологические, производственные и финансовые ресурсы для организации эффективных автоматизированных производственных и управленческих процессов.

Внедрение инструментов внутрифирменного планирования в АО «Пермский завод «Машиностроитель» осуществляется в рамках инновационной стратегии предприятия. В частности, особое внимание в последние годы отводится продукции для авиационной промышленности. Например, в ФРГ был приобретен автоклав фирмы Sholz, освоены процессы полимеризации при проектировании и моделировании изделий из полимерных композиционных материалов и др.¹

Особенности внутрифирменного планирования отличают ПАО «Пермская научно-производственная приборостроительная компания» (ПАО «ПНППК») (рисунок 22).

¹ Пермский завод «Машиностроитель». URL: <https://pzmash.ru> (дата обращения: 04.12.2022).

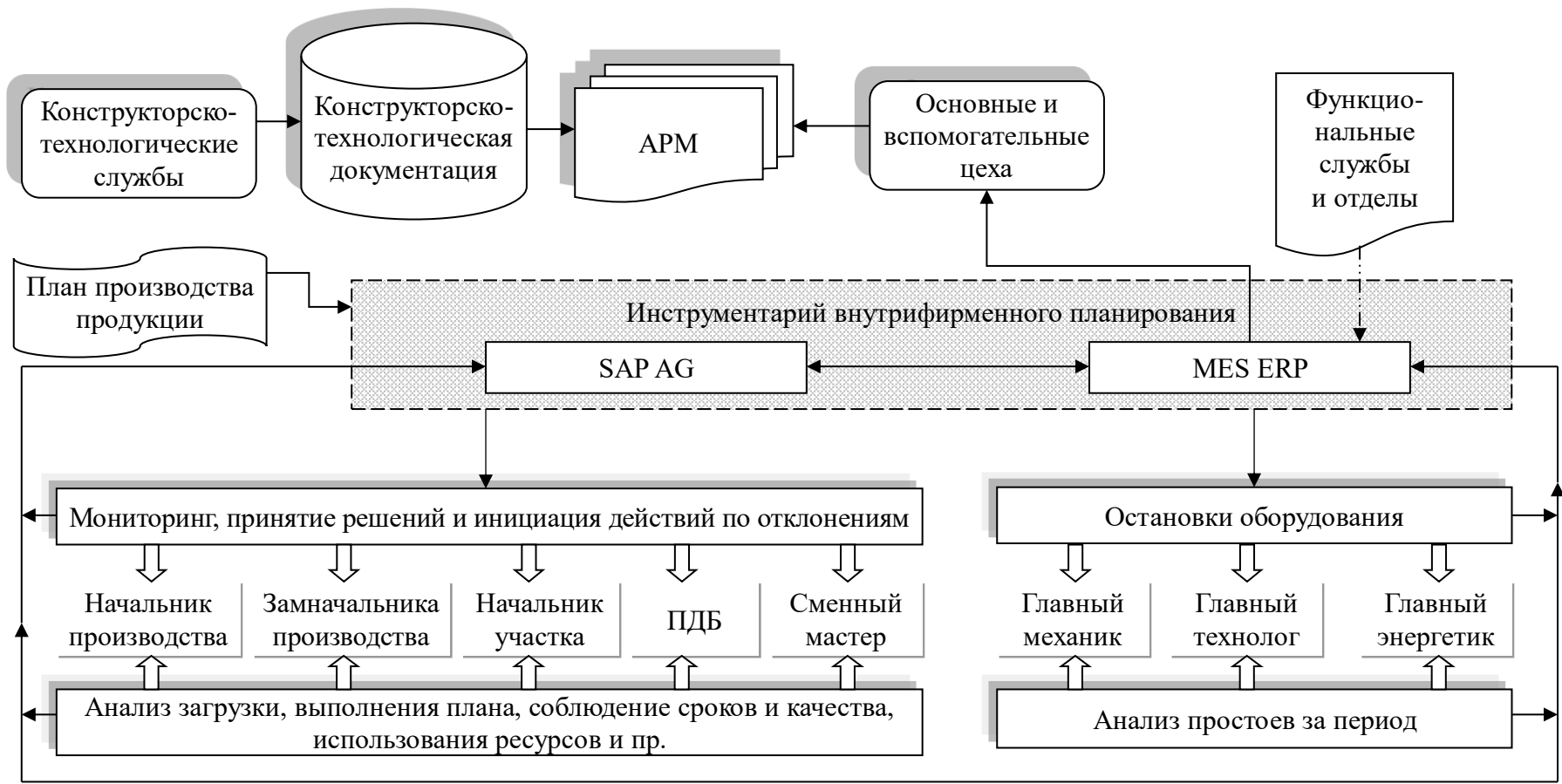


Рисунок 22 – Система внутрифирменного планирования ПАО «ПНППК»¹

¹ Составлено автором по данным ОАО «ПНППК». URL: <http://pnppk.ru/ru/> (дата обращения: 02.09.2022).

Из рисунка 22 видно, что системы внутрифирменного планирования ПАО «ПНППК» охватывает взаимодействие заводов, включая основные и вспомогательные подразделения предприятия. Вопросы эффективности системы в целом решаются по мере возникновения потребности и выделения необходимых ресурсов на их реализацию. Так, в последние годы ПАО «ПНППК» внедрило MES-систему на базе SAP AG, которая повысила эффективность производства за счет улучшения качества планирования производственных процессов и контроля производственных операций в режиме онлайн и др. При этом удалось достичь синхронизации с ранее внедренной интегрированной системой управления SAP ERP. В частности, системы MES синхронизированы со станками с числовым программным управлением.

Достоинством подхода, выбранного ПАО «ПНППК», является возможность интеграции системы MES с более современными технологиями. В то же время нетрудно заметить, что основной упор при модернизации системы внутрифирменного планирования делается на потребности производства.

Обзорный анализ особенностей развития инструментов внутрифирменного планирования отдельных промышленных предприятий показал, что современные вызовы и факторы цифровизации рано или поздно определяют потребность в обновлении технических средств и трансформации конфигурации системы планирования на предприятии.

Условия перехода к Индустрии 4.0 и глобальные тенденции формирования «цифрового» производства диктуют необходимость поиска и внедрения новых инструментов внутрифирменного планирования, основанных на цифровых технологиях. Если первоначально «цифровое» производство связывали с набором прикладных инструментов, ориентированных на технологическую подготовку производства, т. е. автоматизацию процессов программирования для станков с ЧПУ,

роботов, а также интеграцию с инструментами MES (manufacturing execution system), то в современных условиях содержание этого понятия изменилось¹.

Так, в контексте нормативного закрепления прорывных технологий, возник широкий спектр инструментов внутрифирменного планирования, основанных на цифровом моделировании и проектировании как отдельных изделий, так и производственных процессов. В конечном счете происходит создание цифровых двойников продукта и процессов его производства².

Среди передовых инструментов внутрифирменного планирования эксперты отмечают следующие (рисунок 23).

¹ Орлов А. Б., Антамонов И. А. Автоматизация подготовки управляющих программ с ЧПУ на основе методологии распознавания образов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2013. № 10. С. 90–98; Москвин В. К., Кузнецов П. М. Сравнительная оценка вариантов приводов промышленных роботов в роботизированных технологических комплексах // Инновационная наука. 2016. № 3-3. С. 118–122.

² Поляков Ю. Н. «Умные» цифровые двойники – основа новой парадигмы цифрового проектирования и моделирования потока создания потребительной стоимости в заготовительном производстве // Менеджмент: теория и практика. 2019. № 4. С. 91–102; Саватеев В. И., Саватеев С. И., Шлаев В. И., Васильев Д. М. Исследование применения цифровых двойников изделий в условиях цифровой трансформации промышленности // Интернаука. 2020. № 15-1. С. 29–31; Цехла С. Ю., Симченко Н. А. Методологические аспекты исследования экономических эффектов внедрения цифровых двойников в промышленности // Вестник Южно-Российского государственного технического университета (НПИ). Серия: Социально-экономические науки. 2020. № 2. С. 35–39.

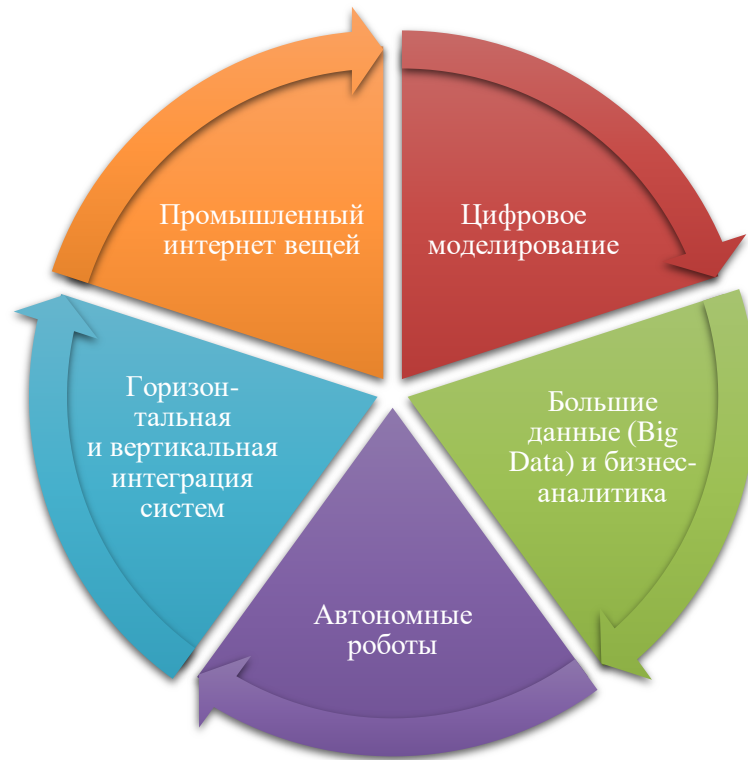


Рисунок 23 – Инструменты внутрифирменного планирования в условиях цифровой трансформации¹

Big Data (большие данные) выступают совокупностью инструментов обработки как структурированных, так и неструктурированных данных, среди которых особенно отмечаются: Hadoop & MapReduce, базы данных NoSQL, углубленная аналитика, инструменты класса Data Discovery². Внедрение инструментов Big Data предполагает применение нейронных сетей, систем распознавания образов, имитационное моделирование, машинное обучение, прогнозную аналитику и пр.³ Так, с помощью технологий интернета вещей могут собираться большие массивы данных, которые отправляются в киберпространство, анализируются с привлечением искусственного интеллекта в целях принятия

¹ Систематизировано автором по: Рудской А. И. Цифровая промышленность на основе цифровых двойников // Приборы. 2021. № 3(249). С. 9–16; Моисеенко В. А. Предпосылки формирования экономической среды внедрения цифровых двойников в промышленности // Информационные технологии. Проблемы и решения. 2021. № 1(14). С. 49–54.

² Паскова А. А. Технологии Big Data в автоматизации технологических и бизнес-процессов // Научное обозрение. Технические науки. 2018. № 4. С. 23–27.

³ Шинкевич А. И. Совершенствование производственного процесса на основе технологий «Big Data» // Наука и бизнес: пути развития. 2019. № 4(94). С. 79–82; Федин М. В. Перспективы использования систем обработки больших данных (Big Data) в металлургической промышленности // Economics. 2015. № 8(9). С. 52–54.

управленческих решений, на основе чего происходит автоматизация технологических и бизнес-процессов, что приводит к повышению адаптации промышленного предприятия к глобальным условиям цифровизации¹. В результате повышается качество внутрифирменного планирования, возрастает оперативность диагностики причин отклонений.

Инструментарий Big Data предусматривает установку датчиков на ключевые части оборудования для сбора данных в режиме реального времени, которые отправляются в подразделения в целях взаимодействия и принятия управленческих решений².

Ключевые этапы внедрения инструментов планирования на основе Big Data представлены на рисунке 24.

¹ Шантепи Л. Технологии big data в нефтегазовой и перерабатывающей отраслях промышленности // Автоматизация и ИТ в нефтегазовой области. 2017. № 4(30). С. 4–6; Мигранов М. М., Мельников А. В. Большие данные в электроэнергетике. Обзор программных решений // Электроэнергия. Передача и распределение. 2017. № 4(43). С. 60–64.

² Халидов И. А., Миловидов К. Н. Большие данные и цифровые месторождения в российских нефтегазовых компаниях // Микроэкономика. 2018. № 5. С. 82–88; Ожиганов Э. Н., Чурсин А. А., Линьков А. Д. Взаимосвязь социотехнических и технологических аспектов внедрения и применения систем бизнес-аналитики // Экономика и управление: проблемы, решения. 2021. Т. 5, № 12(120). С. 30–35; Идрисов А. Э. Эволюция моделей и инструментов цифровой трансформации в промышленности // Управление устойчивым развитием. 2022. № 6(43). С. 17–24.

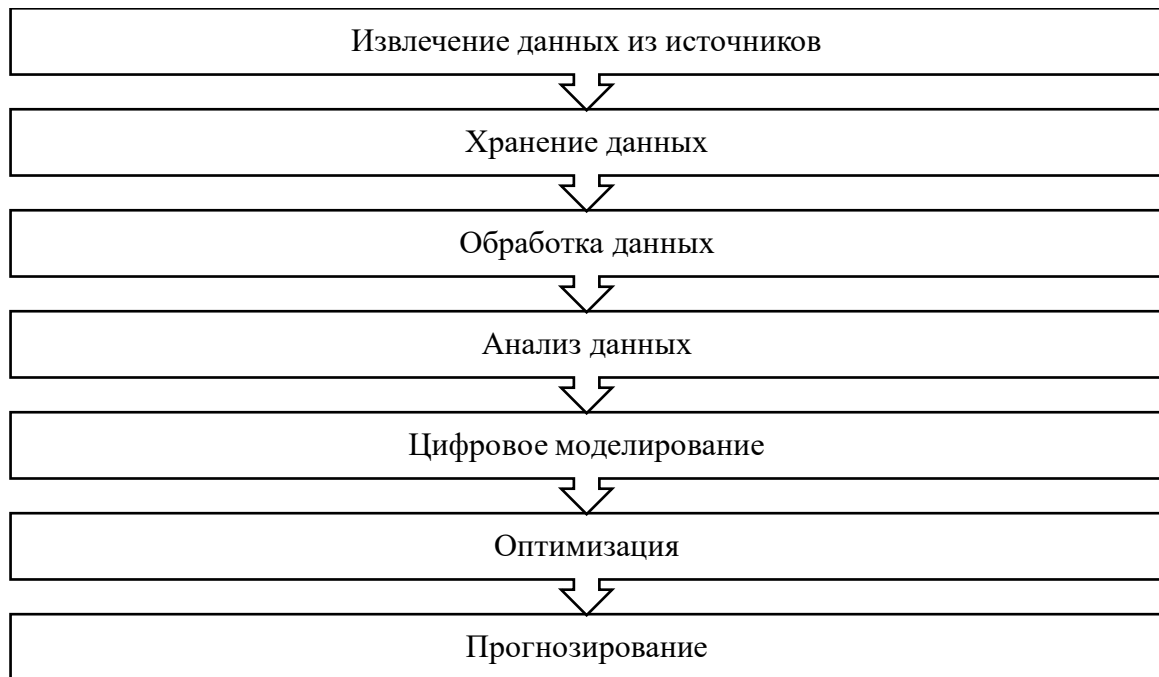


Рисунок 24 – Ключевые этапы внедрения инструментов планирования на основе Big Data

Таким образом, большая часть данных генерируется на уровне датчиков (АСУТП, MES, ERP), обработка данных происходит на основе «гибкой» аналитики, статистического контроля и анализа, что повышает эффективность анализа данных на предприятии, а цифровое моделирование позволяет найти цифровые двойники не только технологических объектов, но и бизнес-процессов. В конечном счете Big Data выступает инструментарием сквозного оперативного планирования, создающего ценности в соответствии со стратегическими целями предприятия¹.

Систематизированный опыт применения инструментов внутрифирменного планирования на основе Big Data на российских промышленных предприятиях представлен в таблице 10.

¹ Амоша А. И., Вишневыский В. П., Ляшенко В. И. и др. Индустрия 4.0: направления привлечения инвестиций с учетом интересов отечественных производителей // Экономический вестник Донбасса. 2019. № 3(57). С. 189–216; Майорова К. С., Балашова Е. С. Цифровой переход промышленных предприятий в «smart» экосистему // Экономика промышленности. 2021. Т. 14, № 4. С. 433–444; Евгеньев Г. Б., Кирияк А. Н. Интеграция интеллектуальных систем проектирования и САЕ (в части конечно-элементных расчетов) // Высшая школа: научные исследования: материалы Межвуз. междунар. конгресса (Москва, 21 января 2021 г.). М.: Инфинити, 2021. Т. 1. С. 94–104.

Таблица 10 – Применение инструментов внутрифирменного планирования на основе Big Data на российских промышленных предприятиях¹

Предприятие	Отрасль	Характеристика инструментов внутрифирменного планирования
ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат»	Металлургическая промышленность	Оптимизация технологического процесса производства стали
ПАО «Газпром нефть»	Нефтегазовая промышленность	Выявление причин сбоя автоматического перезапуска насосов после аварийного отключения электропитания.
ПАО «Сургутнефтегаз»		SAP HANA, автоматизация и учет продукции, расчет скользящих цен
Антипинский и Ильский нефтеперерабатывающие заводы		Распределенные системы управления для автоматизации производственных процессов

На основе данных таблицы можно заключить, что инструментарий внутрифирменного планирования на основе Big Data сопряжен с большим объемом затрат, связанных с дорогостоящим оборудованием, обслуживанием массивов данных, защитой данных, что может себе позволить только крупное промышленное предприятие. Ключевой проблемой внедрения данных инструментов на промышленных предприятиях РФ выступает низкий уровень автоматизации, разрозненность собираемых данных, недостаточное количество реальных кейсов.

Таким образом, в данном разделе диссертационного исследования проведен анализ ключевых тенденций цифровой трансформации отраслей и предприятий, доказавший существенное отставание российского производства от промышленных предприятий и организаций стран – лидеров по уровню цифровизации; ориентированность российских промышленных предприятий на применение программных продуктов, используемых в целях повышения эффективности корпоративного управления и материально-технического

¹ Составлено автором по: Сорокина А. Г. Роль цифровых технологий в нефтегазовой отрасли России // Вестник Белого генерала. 2020. № 3. С. 47–55; Ананьин В. И., Зимин К. В., Лугачев М. И. и др. Цифровое предприятие: трансформация в новую реальность // Бизнес-информатика. 2018. № 2(44). С. 45–54; Балукова В. А., Песля В. И., Садчиков И. А. Цифровое управление знаниями в компаниях нефтегазового комплекса // Современные тенденции и перспективы управления социально-экономическими системами в цифровой среде: материалы Междунар. науч.-практ. конф. памяти заслуженного деятеля науки Российской Федерации В. И. Кравцовой (Москва, 22 декабря 2021 г.). М.: Московский Политех, 2022. С. 389–394.

снабжения; высокий потенциал программных и технических средств для проектирования и управления автоматизированным производством и технологическими процессами.

Кроме того, раскрыто содержание авторского методического подхода, основанного на сочетании экосистемного, технологического, отраслевого и процессного методических подходов, позволяющего анализировать цифровую трансформацию отраслей и предприятий в рамках отраслевого взаимодействия промышленных предприятий и во взаимозависимости между отраслями и предприятиями, раскрывать тенденции и определять стратегии цифровизации промышленных отраслей и предприятий; учитывать современные условия технологических изменений; оценивать цифровую трансформацию в совокупности процессов динамики промышленных и технологических показателей.

В контексте выявленных тенденций раскрыто содержание передовых инструментов внутрифирменного и стратегического планирования на промышленном предприятии, соответствующих условиям перехода к Индустрии 4.0, факторам цифровой трансформации, к которым отнесен инструментарий Big Data.

На этом основании в следующем разделе работы представляется целесообразным предложить методический инструментарий оценки процессов цифровой трансформации отрасли и предприятия, которую будет отличать:

- дуальный характер рассмотрения развития промышленности: на уровне отраслей и на уровне предприятия;
- возможность диагностики уровня цифровой трансформации как отрасли, так и отдельного предприятия;
- оценка степени соответствия приоритетов предприятия отраслевым приоритетам цифровизации;
- обоснование стратегии цифровой трансформации промышленности.

3 Эффективность цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности

3.1 Методический инструментарий оценки процессов цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности РФ

В научном дискурсе сложилось достаточное число методик оценки процессов цифровизации как отраслей, так и отдельных предприятий. Так, исследовательский интерес представляет методика оценки уровня цифровизации промышленных предприятий, основанная на использовании графоаналитического метода «Квадрат потенциала»¹, который позволяет выстроить количественные и качественные взаимосвязи между предприятиями, а также оценить уровень конкурентоспособности, эффективность функционирования ключевых звеньев предприятия.

Можно отметить индекс цифровизации бизнеса, предложенный Институтом статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ². Данный индекс отражает скорость адаптации промышленного предприятия к условиям цифровой трансформации. Для его расчета используются данные, связанные с доступом к интернету, использованием ERP-систем, RFID-технологий, облачных сервисов и пр. В результате произведенной оценки Россия получила 28 пунктов из 100 возможных.

Известен интегральный показатель инновационного потенциала промышленного предприятия, базирующийся на синтезе нескольких моделей,

¹ Тимохина О. А., Близкий Р. С. Оценка уровня цифровизации промышленных предприятий как одна из приоритетных задач в системе стратегического менеджмента современной организации // Менеджмент в России и за рубежом. 2020. № 5. С. 48–55.

² Индустрия 4.0: создание цифрового предприятия. Всемирный обзор реализации концепции «Индустрия 4.0» за 2016 г. / PwC в России. URL: https://решение-верное.рф/sites/default/files/global_industry-2016_rus.pdf (дата обращения: 05.12.2022).

которые рассчитываются на основе среднего арифметического взвешенного, среднего геометрического взвешенного и среднего гармонического взвешенного, которые выбираются исходя из характера отобранных данных. Кроме того, при расчете весовых коэффициентов применяется метод экспертных оценок, который диагностирует те показатели, которые оказывают наибольшее влияние на результирующий интегральный показатель уровня цифровизации¹.

Отдельно отметим методику расчета индекса готовности отраслей к формированию цифровой экономики, которая разработана Е. В. Поповым и К. А. Семячковым². Авторы предложили индекс, основанный на 22 показателях, в совокупности отражающих степень внедрения цифровых технологий. В качестве метода расчета индекса была использована нормализация показателей. В свою очередь, составные части индекса рассчитывались как среднее арифметическое оценок отдельных показателей, относящихся к определенному блоку данных. Обозначенный инструмент получил апробацию в 14 отраслях промышленности. Был диагностирован лидер по цифровизации – сфера исследований и разработок. Кроме того, высокие значения получили сферы образования, финансовой деятельности и связи.

Значительный вклад в разработку данной темы внесли эксперты Института экономических стратегий РАН и сообщества «Системная экономическая аналитика ОПК», которые диагностировали статус адаптивности высокотехнологичного комплекса России к цифровым условиям реальности³. В основе их методики лежат 84 взвешенных показателя, сгруппированных по девяти направлениям, по каждому из которых формируется интегральный индикатор, имеющий границы и пороговые значения⁴. В этом контексте отметим также актуальность применения метода оценки

¹ Бабкин А. В., Пестова А. Ю. Алгоритм оценки уровня цифровизации промышленного предприятия // Цифровая трансформация экономики и промышленности: сб. тр. науч.-практ. конф. с зарубеж. участием (Санкт-Петербург, 20–22 июня 2019 г.). СПб.: СПбПУ, 2019. С. 673–680.

² Попов Е. В., Семячков К. А. Оценка готовности отраслей РФ к формированию цифровой экономики // Инновации. 2017. № 4. С. 37–41.

³ Стефанова Н. А., Седова А. П. Модель цифровой экономики // Карельский научный журнал. 2017. Т. 6, № 1. С. 91–93.

⁴ К «цифре готов? Оценка адаптивности высокотехнологичного комплекса России к реалиям цифровой экономики: итоговый доклад. М.: ИНЭС, 2018. URL: <https://gisp.gov.ru/documents/8894316/> (дата обращения: 02.09.2022).

уровня развития цифрового потенциала, основанного на опросе руководителей и ведущих специалистов предприятия¹.

Интерес представляет методика оценки разрывов цифровой зрелости промышленных предприятий Н. В. Городновой и А. А. Пешковой². Авторы задались целью повышения адаптивности к цифровой среде предприятий, внедряющих цифровые технологии. При проведении оценочных процедур авторы соотносили уровень разрывов цифровой зрелости с уровнем цифровой зрелости промышленного предприятия на основе метода шкалирования, что включало 14 этапов. При этом разрывы цифровой зрелости определялись через разницу между текущим и целевым уровнями зрелости промышленных предприятий. Методические процедуры апробировались на предприятиях – лидерах цифровизации. В результате авторы диагностировали неоднородность в развитии отдельных отраслей, неравномерность развития промышленных предприятий, что требует интеграции цифровых платформенных решений на основе концепции цифрового стратегирования³.

Отметим методику оценки проникновения цифровых технологий в материальный сектор экономики, характеризуемого как дискретный процесс качественных изменений, приводящий к существенным структурным изменениям и институциональным преобразованиям. В результате апробации диагностированы стадии трансформации отраслей промышленности в цифровых условиях, которые выстроены в виде пирамиды. Исследователь обозначает пять стадий: первичную информационно-коммуникационную цифровизацию; электронный обмен данными с внешними партнерами; использование специального программного обеспечения; собственное производство информационно-коммуникационных технологий и

¹ Городнова Н. В., Пешкова А. А. Содержание и методы оценки цифрового потенциала промышленного предприятия // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2019. Т. 15, № 5(374). С. 870–896.

² Городнова Н. В., Пешкова А. А. Содержание и методы оценки цифрового потенциала промышленного предприятия // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2019. Т. 15, № 5(374). С. 870–896.

³ Бабкин А. В., Шкарупета Е. В., Гилева Т. А. и др. Методика оценки разрывов цифровой зрелости промышленных предприятий // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2022. Т. 13, № 3. С. 443–458.

оборудования; производство и использование промышленных роботов и датчиков¹. Автор делает вывод о начальной стадии трансформации промышленных предприятий России, которая характеризуется высокой степенью первичной компьютеризации, включенности промышленных предприятий в цифровой обмен и высокой динамикой развития российского программного обеспечения².

Отдельного внимания заслуживают разработки, направленные на оценку возрастающей отдачи от внедрения цифровых технологий на высокотехнологичных промышленных предприятиях. В основе процедуры оценки лежат расчеты экосистемных эффектов, базирующиеся на концепции бизнес-моделей и экосистем, а также унифицированных методах нормирования. В результате апробации авторами выделены виды экосистемных эффектов, формирующих матрицу эффектов³.

Методика оценки цифровой интеграции отраслевой экономики с учетом средовых факторов на базе системного, факторного, статистического, доказательного, сравнительного и экспертного методов, а также группировки и кластеризации раскрыта в работе Н. М. Абдикеева и О. В. Кожевиной. Указанная совокупность методов позволила авторам выявить особенности оценки цифровой интеграции в промышленности. В качестве метрической основы были использованы официальные статистические данные, а также данные документов стратегического планирования в области цифровизации и обеспечения устойчивости предприятий промышленности федерального уровня. Благодаря

¹ Акбердина В. В. Цифровая трансформация промышленного комплекса России // Форсайт «Россия»: новое индустриальное общество. Будущее: сб. докл. СПЭК-2018 (Санкт-Петербург, 1–30 апреля 2018 г.). СПб.: Институт нового индустриального развития им. С. Ю. Витте, 2019. Т. 2. С. 11–24.

² Акбердина В. В. Цифровая трансформация промышленного комплекса России // Форсайт «Россия»: новое индустриальное общество. Будущее: сб. докл. СПЭК-2018 (Санкт-Петербург, 1–30 апреля 2018 г.). СПб.: Институт нового индустриального развития им. С. Ю. Витте, 2019. Т. 2. С. 11–24.

³ Орехова С. В., Мисюра А. В., Кислицын Е. В. Управление возрастающей отдачей высокотехнологичной бизнес-модели в промышленности: классические и экосистемные эффекты // Управленец. 2020. Т. 11, № 4. С. 43–58.

такому подходу авторы выявили ключевые параметры цифровой интеграции отраслей промышленности и предприятий¹.

Отдельные исследования посвящены вопросам эффективных межфирменных взаимодействий, направленных на повышение устойчивости развития промышленных предприятий в цифровых условиях². В частности, предлагается методика оценки межфирменных взаимодействий, направленных на повышение эффективности предприятия в условиях цифровой трансформации, основанная на идентификации и анализе факторов результативного использования информационно-коммуникационных технологий. Так, среди ключевых факторов эффективных межфирменных взаимодействий выделяются стратегия взаимодействий, наличие ресурсов, системы управления ресурсами. В качестве методической основы выступил метод анкетирования руководителей промышленных предприятий, на основе которого установлена значимость снижения рисков контрактных обязательств, высокая степень согласованности деятельности субъектов. В результате анализа данных выстроена многофакторная модель, отражающая воздействие факторов цифровизации на эффективность межфирменных взаимодействий. Воздействие отдельных цифровых технологий визуализировано авторами в виде матрицы типов стратегий промышленных предприятий³.

Кроме того, исследователи выделяют ряд свойств, отражающих эффективность процессов цифровизации промышленных предприятий. Для этого сформирована система показателей, оценивающих наиболее значимые свойства системы, лежащие в основе моделей теории автоматического управления.

¹ Абдикеев Н. М., Кожевина О. В. Оценка готовности российских промышленных предприятий к цифровой интеграции в новых экономических условиях // Мир новой экономики. 2022. Т. 16, № 4. С. 45–53.

² Попов В. Л., Урасова А. А., Бочкарев А. М. Возможности оценки цифрового развития промышленных предприятий региона // Менеджмент в эпоху цифровой трансформации экономики: материалы Всерос. конф. с междунар. участием (Пермь, 10 декабря 2020 г.). Пермь: ПГНИУ, 2020. С. 88–93.

³ Попов Е. В., Симонова В. Л., Тихонова А. Д. Совершенствование методического инструментария оценки эффективности межфирменных взаимодействий в условиях цифровизации // Вестник Пермского университета. Серия: Экономика. 2021. Т. 16, № 3. С. 276–290.

Исследователи детализируют характеристики показателей и раскрывают их взаимосвязи, отражающие процесс цифровизации промышленных предприятий, а также эффективность сетей взаимосвязанных и взаимодействующих цифровых процессов¹.

Методика Минпромторга РФ² предусматривает оценку процессов цифровизации сквозь ключевые бизнес-процессы: 1) основные бизнес-процессы в цепочке создания добавленной стоимости с точки зрения стадий жизненного цикла товара; 2) вспомогательные бизнес-процессы, предназначенные для обеспечения нормального функционирования основных процессов; 3) технологические решения, обеспечивающие общий уровень развития ИТ на предприятии. Данная методика была апробирована в 2021 г. и основывалась на методах анкетирования промышленных предприятий. В результате эксперты оценили средний уровень цифровой зрелости по полученным 150 анкетам – 53,89 % (рисунок 25).

¹ Шендрикова О. О., Елфимова И. Ф. Исследование процессов цифровизации промышленных предприятий // Организатор производства. 2019. Т. 27, № 1. С. 16–24.

² Показатели цифровой зрелости отрасли «Промышленность» / Минпромторг России. URL: <https://www.economy.gov.ru/material/file/371da805d6a083111877a2ac0f9f9b29/Minpromtorg.pdf> (дата обращения: 30.01.2023).

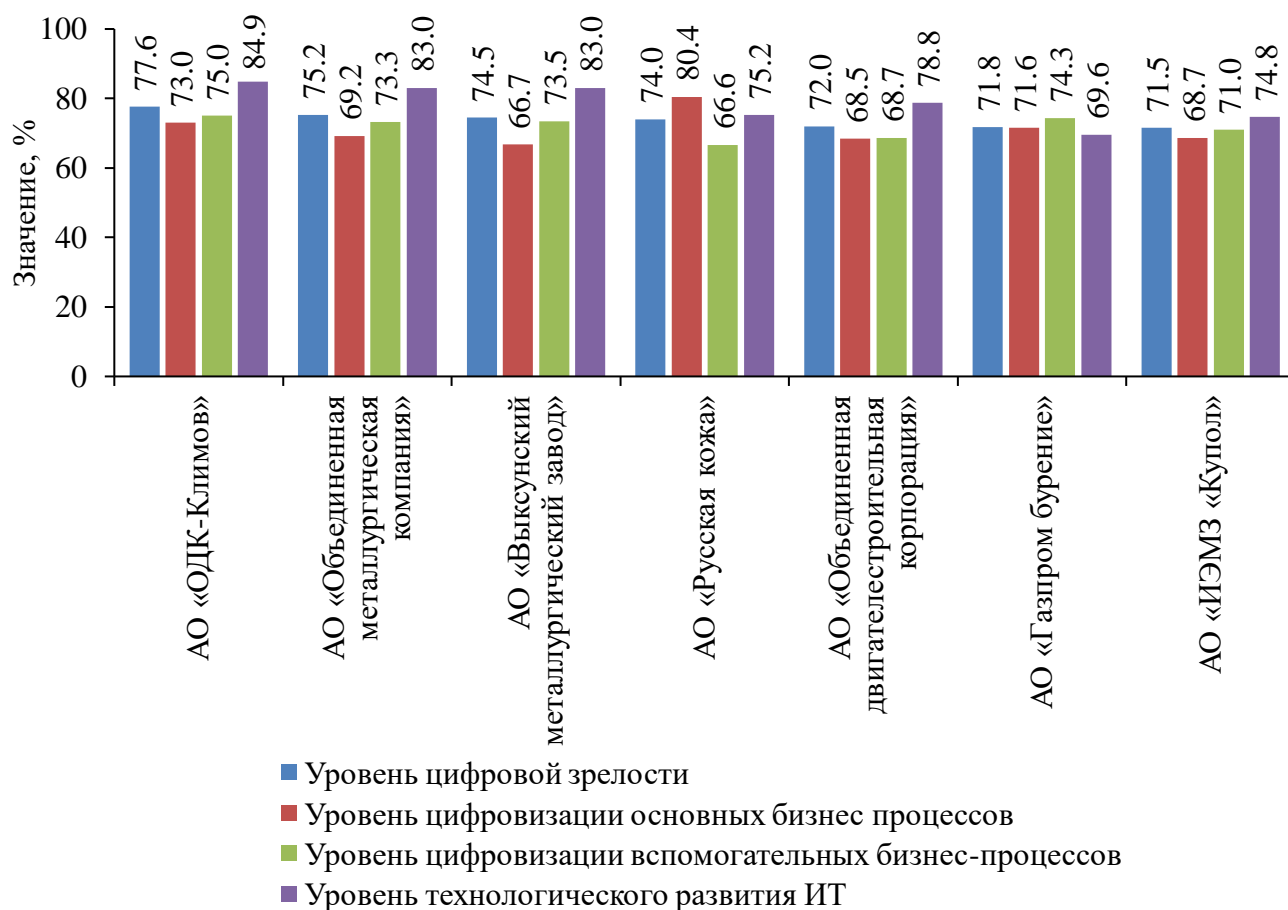


Рисунок 25 – Результаты оценки Минпромторгом РФ процессов цифровизации промышленных предприятий в 2021 г.¹

Отметим, что к 2030 г. Минпромторгом РФ планируется достижение цифровой зрелости основных производственных процессов на предприятиях на уровне 85 %, вспомогательных – на уровне 90 %.

На основе анализа существующих методик оценки процессов цифровизации на промышленных предприятиях, а также разработанного в предыдущем разделе авторского методического подхода представляется целесообразным предложить методический инструментарий оценки процессов цифровизации отраслей и предприятий промышленности РФ.

Авторский инструментарий основывается на ряде допущений:

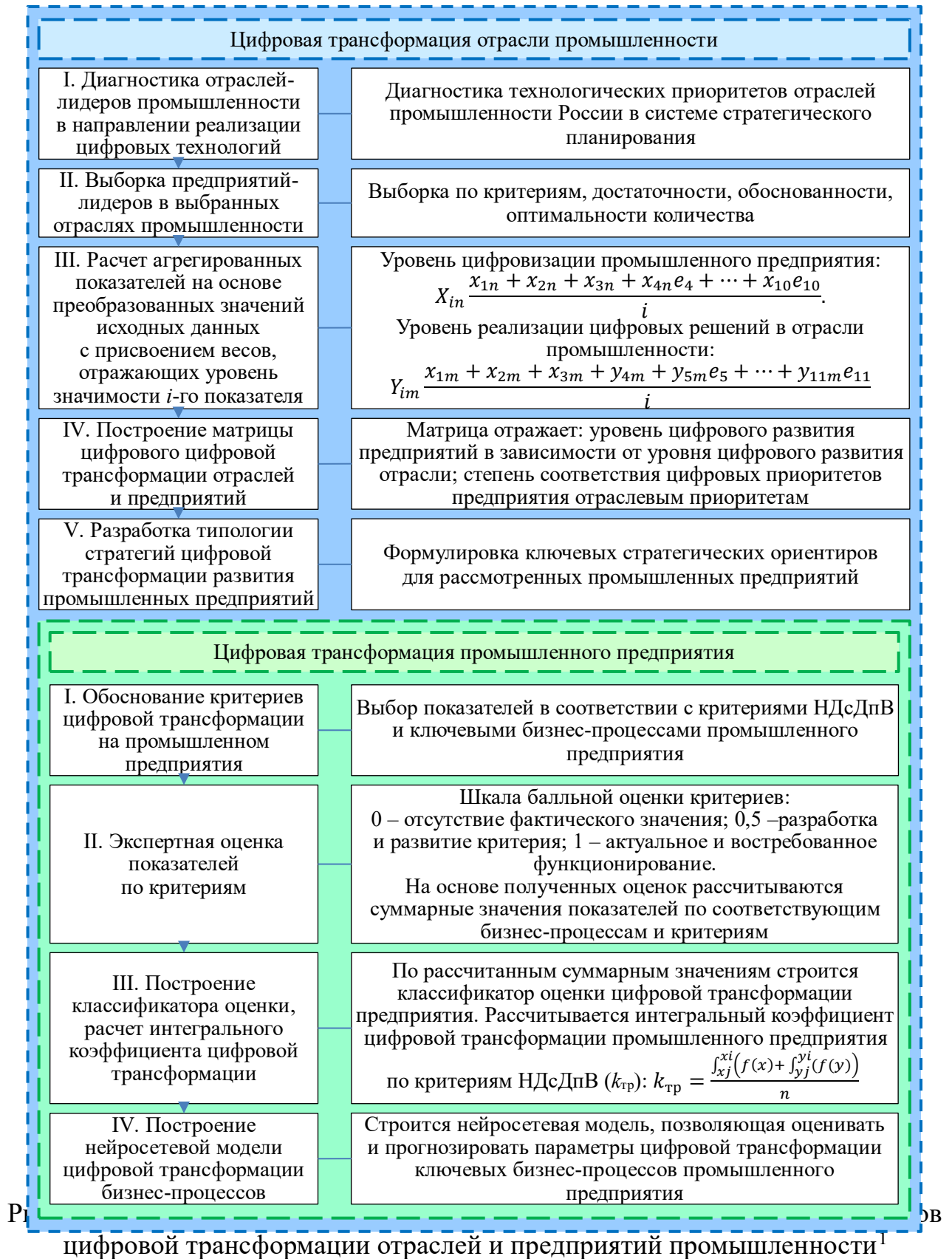
¹ Составлено автором по: Показатели цифровой зрелости отрасли «Промышленность» / Минпромторг России. URL: <https://www.economy.gov.ru/material/file/371da805d6a083111877a2ac0f9f9b29/Minpromtorg.pdf> (дата обращения: 30.01.2023).

- отрасли промышленности развиваются неравномерно, что можно наблюдать и в процессах цифровизации;
- предприятия, принадлежащие к одной отрасли, также дифференцированы в направлении цифровизации;
- цифровые приоритеты предприятия не всегда взаимосвязаны, согласованы с цифровыми приоритетами отрасли промышленности;
- целесообразен анализ предприятий, чьи приоритеты взаимосвязаны с общими целевыми установками и тенденциями, наблюдаемыми в соответствующей отрасли промышленности;
- в условиях отсутствия системы регулярного наблюдения за цифровыми изменениями на уровне отраслей и предприятий можно считать статистику профильных отраслевых ведомств и организаций-партнеров (Минпромторг РФ, АНО «Цифра», Ассоциация «Технет» и пр.) достаточной, адекватной, достоверной с позиции проведения процедуры оценки цифровых процессов.

На основе предложенной системы допущений представим авторский методический инструментарий оценки процессов цифровой трансформации промышленности (рисунок 26).

Первый уровень методического инструментария связан с оценкой цифровой трансформации отрасли и предусматривает пять этапов.

Первый этап заключается в диагностике отраслей – лидеров промышленности в направлении реализации цифровых технологий, на основании которой выстраивается матрица технологических приоритетов ключевых отраслей промышленности России в системе стратегического планирования цифровой трансформации.



¹ Разработано автором.

На основе предложенной матрицы происходит визуализация технологических приоритетов ведущих в сфере цифровизации отраслей промышленности.

На *втором этапе* авторского методического инструментария формируется выборка предприятий – лидеров в каждой из обозначенных отраслей промышленности по критериям достаточности, обоснованности, оптимальности количества. Основой для выборки промышленных предприятий выступили рейтинги Минпромторга РФ, Ассоциации «Технет», АНО «Цифра» в разрезе отраслей промышленности металлургической, нефтегазовой, химической и машиностроительной.

На *третьем этапе* на основе матрицы технологических приоритетов ключевых отраслей промышленности России рассчитываются агрегированные показатели (таблица 11).

Таблица 11 – Система показателей оценки процессов цифровизации отрасли и предприятия¹

Агрегированный показатель «Уровень цифровизации промышленного предприятия» (X_{in}) (ось X)	Агрегированный показатель «Уровень реализации цифровых решений в отрасли промышленности» (Y_{ox}) (ось Y)
Наличие стратегии цифровизации предприятия (x_{1n})	Уровень цифровизации отрасли в разрезе показателей (Y_{im}):
Наличие раздела по цифровизации в общей стратегии развития предприятия (x_{2n})	Количество предприятий – лидеров по цифровизации в отрасли (y_{1m})
Обозначены цифровые приоритеты (x_{3n})	Доля отечественного ПО в отрасли, % (y_{2m})
Количество проектов по анализу больших данных, внедрению технологий Big Data (x_{4n})	Доля российского оборудования в отрасли, % (y_{3m})
Количество проектов в сфере робототехники (x_{5n})	Доля предприятий отрасли, использующих облачные сервисы % (y_{4m})
Количество проектов по внедрению цифровых двойников (x_{6n})	Количество проектов по анализу больших данных, внедрению технологий Big Data в отрасли (y_{5m})
Количество IT-решений для сбора, хранения, обработки и анализа моделирования массивов данных (x_{7n})	Количество проектов в сфере робототехники в отрасли (y_{6m})
Количество IT-решений в управлении производственной деятельностью (x_{8n})	Количество проектов по внедрению цифровых двойников в отрасли (y_{7m})

¹ Разработано автором.

Продолжение таблицы 11

<p>Агрегированный показатель «Уровень цифровизации промышленного предприятия» (X_{in}) (ось X)</p> <p>Количество IT-решений для управления финансово-хозяйственной деятельностью (x_{9n})</p> <p>Количество платформенных цифровых решений (x_{10n})</p>	<p>Агрегированный показатель «Уровень реализации цифровых решений в отрасли промышленности» (Y_{ox}) (ось Y)</p> <p>Количество IT-решений для сбора, хранения, обработки и анализа моделирования массивов данных в отрасли (y_{8m})</p> <p>Количество IT-решений в управлении производственной деятельностью в отрасли (y_{9m})</p> <p>Количество IT-решений для управления финансово-хозяйственной деятельностью в отрасли (y_{10m})</p> <p>Количество цифровых проектов в отрасли (y_{11m})</p>
--	---

Представленная система показателей содержит две группы данных: 1) качественные показатели, квантифицируемые посредством бинарных оценок на основе контент-анализа открытых источников, содержащих информацию о документах стратегического планирования промышленных предприятий и отраслей; 2) количественные показатели, включающие статистические данные о цифровом развитии промышленных отраслей и предприятий.

Показатели x_{1n} – x_{3n} оцениваются по следующей шкале (таблица 12).

Таблица 12 – Система бинарных оценок качественных показателей цифровизации промышленных предприятий¹

Показатель	Значение «1»	Значение «0»
Наличие стратегии цифровизации предприятия (x_{1n})	На предприятии принят локальный акт, направленный на реализацию процессов цифровизации	Отдельный локальный акт, направленный на реализацию процессов цифровизации, отсутствует
Наличие раздела по цифровизации в общей стратегии развития предприятия (x_{2n})	На предприятии принята стратегия развития, которая содержит разделы, направленные на реализацию процессов цифровизации	На предприятии отсутствует стратегия развития, которая содержит разделы, направленные на реализацию процессов цифровизации
Обозначены цифровые приоритеты (x_{3n})	В цели, миссии или задачах развития предприятия содержатся формулировки, отражающие реализацию процессов цифровизации	В цели, миссии или задачах развития предприятия отсутствуют формулировки, отражающие реализацию процессов цифровизации

¹ Разработано автором.

Расчет преобразованных значений показателей $x_{4n}-x_{10n}$ осуществляется по формуле

$$x_{in_{\text{пр}}} = \frac{x_{in}}{x_{i_{\text{сумм}}}}, \quad (2)$$

где x_{in} – i -й показатель n -го предприятия;

$x_{i_{\text{сумм}}}$ – сумма i -х показателей предприятий n .

При этом показателям $x_{4n}-x_{10n}$ присвоен вес, отражающий уровень значимости i -го показателя, рассчитанный по формуле

$$e_i = \frac{x_{i_{\text{сумм}}}}{\sum x_{i_{\text{сумм}}}}. \quad (3)$$

Агрегированный показатель «Уровень цифровизации промышленного предприятия» (X_{in}) рассчитывается по формуле

$$X_{in} = \frac{x_{1n} + x_{2n} + x_{3n} + x_{4n}e_4 + \dots + x_{10n}e_{10}}{i}. \quad (4)$$

Расчет преобразованных значений показателей $y_{5m}-y_{11m}$ осуществляется по формуле

$$y_{im_{\text{пр}}} = \frac{y_{im}}{y_{i_{\text{сумм}}}}, \quad (5)$$

где y_{im} – i -й показатель m -й отрасли;

$y_{i_{\text{сумм}}}$ – сумма i -х показателей отрасли m .

При этом показателям $x_{5m}-x_{11m}$ присвоен вес, отражающий уровень значимости i -го показателя, рассчитанный по формуле

$$e_i = \frac{y_{i_{\text{сумм}}}}{\sum y_{i_{\text{сумм}}}}. \quad (6)$$

Показатель «Уровень цифровизации отрасли» в разрезе показателей (Y_{im}) рассчитывается по формуле

$$Y_{im} = \frac{x_{1m} + x_{2m} + x_{3m} + y_{4m} + y_{5m}e_5 + \dots + y_{11m}e_{11}}{i}. \quad (7)$$

Агрегированный показатель «Уровень реализации цифровых решений в отрасли промышленности» (Y_{ox}) рассчитывается по формуле

$$Y_{ox} = \frac{X_{in}}{Y_{im}}. \quad (8)$$

На *четвертом этапе* на основе рассчитанных агрегированных показателей выстраивается матрица процессов цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности, которая отражает: 1) уровень цифрового развития предприятий в зависимости от уровня цифрового развития соответствующей отрасли; 2) степень соответствия цифровых приоритетов предприятия отраслевым приоритетам.

На *пятом этапе* автором предлагается типология стратегий цифровой трансформации промышленных предприятий для каждой отрасли, количество которых определяется на основе формулы Фридмана – Диакониса.

Второй уровень методического инструментария связан с оценкой цифровой трансформации в отдельных кейсах, промышленных предприятиях и предусматривает четыре этапа.

На *первом этапе* методического инструментария обосновывается выбор ключевых бизнес-процессов и критериев оценки цифровой трансформации.

Применительно к бизнес-процессам конкретного предприятия, исходя из целей и задач данного исследования, а также имея в виду первый уровень методики, связанный с оценкой цифровой трансформации отраслей, сгруппируем бизнес-процессы следующим образом.

Группа 1 (ВШ) – внешние процессы, связанные с выработкой стратегии развития предприятия (например, распределение сырья и материалов по производственным подразделениям компании и пр.).

Группа 2 (ВН) – внутренние процессы, реализующих тактические задачи (например, организация реализации товара и пр.).

Группа 3 (ВС) – внутрискруктурные процессы, включающие процессы проектирования и НИОКР (создание рабочего проекта в отделе проектирования и пр.).

Группа 4 (ОС) – процессы, сопровождающие выполнение задач конкретной организационной структуры (например, процесс совершенствования условий обслуживания покупателя и пр.).

Критерии отобраны на основе анализа критериев, наиболее распространенных среди передовых промышленных предприятий. Так, ПАО «Метафракс» при проектировании процессов цифровизации использует критерии функциональности, пригодности, сопровождаемости. При этом соответствие данным критериям связывается напрямую с возможностями увеличения денежного потока, сокращением затрат, приобретением долгосрочных конкурентных преимуществ¹. В свою очередь, ПАО «ЛНППК» опирается на критерии надежности, достаточности и востребованности. АО «Редуктор-ПМ» при проектировании

¹ Метафракс Кемикалз. URL: <https://metafrax.ru/> (дата обращения: 08.02.2023).

процессов цифровизации закладывает такие критерии, как доступность, функциональность и востребованность.

Таким образом, представилось целесообразным отобрать следующие критерии, максимальным образом отражающие специфику цифровой трансформации на промышленном предприятии:

- надежность (тестируемость, анализируемость, модифицируемость) (Н);
- достаточность (в том числе нормосоответствие) (Дс);
- доступность (в части изучаемости, понимаемости, управляемости) (Дп);
- востребованность (в части охвата использования, включенности бизнес-процессов, задействованности операций) (В).

Исходя из авторской классификации отраслевых и бизнес-процессов, приведенных в таблице 3, отраслевой специфики, характера хозяйственной деятельности отдельного промышленного предприятия, выбранного в качестве объекта для апробации, а также с учетом отобранных критериев (НДсДпВ) сформирован массив данных, включающий 16 ключевых показателей (таблица 13), нумерация которых производилась в соответствии с нумерацией первой строки (1.1, 1.2, 1.3 и далее) и нумерацией первого столбца (2.1, 2.2 и далее). Таким образом, в классификаторе сочетаются процессный (в разрезе бизнес-процессов) и критериальный (в разрезе критериев) срезы исследования цифровой трансформации.

В соответствии с введенным принципом критериальности оценки цифровой трансформации на промышленном предприятии выбор критериев и группировка массива показателей, приведенных в таблице 13, отвечает задаче настоящей диссертационной работы в части развития введенного автором понятия цифровой трансформации промышленности.

Как было отмечено ранее, выделение бизнес-процессов и оценивающих их критериев определяется ключевыми факторами, экономической и технологической спецификой конкретного промышленного предприятия.

Второй этап апробации представляет собой процедуру балльной оценки каждого параметра (показателя), на основе которой определяются суммарные значения по соответствующему бизнес-процессу.

Таблица 13 – Критерии и ключевые бизнес-процессы, подлежащие оценке на промышленном предприятии

Бизнес-процессы	Критерий			
	1. Наличие (Н)	2. Достаточность (Дс)	3. Доступность (Дп)	4. Востребованность (В)
1. Внешние (ВШ)	1.1. интегрированности цифровой трансформации	1.2. уровня информатизации основных подразделений	1.3. процессов цифровой трансформации для пользователей отдельных подразделений	1.4. предоставляемой отдельными подразделениями информации
2. Внутренние (ВН)	2.1. базы моделей, БД, системы управления БД	2.2. конфигурации БД и баз моделей	2.3. информационных ресурсов для автоматизированной обработки	2.4. отчетов по запросам потребителей отдельных подразделений
3. Внутрискруктурные (ВС)	3.1. необходимого программного продукта для отдельных бизнес-процессов	3.2. программных средств для решения практических задач	3.3. информационных коммуникаций между основными подразделениями	3.4. квалифицированными пользователями основных подразделений
4. Процессы сопровождения конкретной организационной структуры (ОС)	4.1. документов, регламентирующих функционирование и развитие цифровой трансформации	4.2. функционала управления процессами цифровой трансформации	4.3. системы электронного документооборота для основных подразделений	4.4. корпоративного портала

Балльная оценка производится экспертным путем с использованием трехзначной шкалы: 0 баллов присваивается при отсутствии фактического значения по критерию; 0,5 балла – при разработке и развитии данной позиции на промышленном предприятии; 1 балл – при актуальном и востребованном функционировании данной позиции.

Опрос экспертов осуществлялся путем анкетирования. Образец опросного листа приведен в приложении В. На основе средних суммарных баллов экспертных оценок рассчитаны итоговые баллы по каждому показателю в разрезе критериев и бизнес-процессов. Поскольку в соответствии с разработанным классификатором в каждом бизнес-процессе содержится четыре показателя, разброс суммарных итоговых показателей лежит в промежутке от 0 до 4. Чем ближе к 4 суммарный итоговый показатель, тем выше уровень цифровой трансформации бизнес-процессов.

На *третьем этапе* на основе полученных результатов рассчитывается интегральный коэффициент цифровой трансформации промышленного предприятия по критериям НДСДпВ ($k_{тр}$). Целью введения данного коэффициента как информационно-аналитического инструмента является его использование при разработке и корректировке стратегических направлений программ цифровизации промышленного предприятия.

Особенности и преимущества применения авторского инструментария:

– расчет коэффициента основан на гибком подходе, позволяющем преодолеть противоречие, связанное с обратной зависимостью между показателями производственной деятельностью и промышленными предприятиями, отобранными для оценки. Это дает возможность использовать данный коэффициент с точки зрения универсальности расчетов, производимых на различных промышленных предприятиях, а также позволяет сопоставлять полученные результаты;

– необходимая для расчета интегрального коэффициента нормализация показателей (перевод показателей в величину в диапазоне от 0 до 1) проводилась путем деления значения показателя на его нормализующее («эталонное») значение.

Поэтому нормализованные значения показателей и интегральный коэффициент могут быть интерпретированы как расстояния от «эталонных» значений¹;

– интегральный коэффициент представляет собой измеритель цифровой трансформации, отражающий возможности задействования потенциалов и ресурсов имеющегося цифрового обеспечения предприятия.

Коэффициент цифровой трансформации промышленного предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$$k_{\text{тр}} = \frac{\int_{x_j}^{x_i} (f(x)) + \int_{y_j}^{y_i} (f(y))}{n}, \quad (9)$$

где $f(x)$ – скалярная функция, описывающая взаимосвязь оценок по осям в пределах задействования потенциалов и ресурсов имеющегося цифрового обеспечения;

i, j – пределы функции;

n – совокупность критериев и бизнес-процессов оценивания.

Чем больше значение $k_{\text{тр}}$ отклоняется от нуля и приближается к единице, тем выше уровень цифровой трансформации предприятия.

На *четвертом этапе* методического инструментария строится нейросетевая модель для корректировки и прогнозирования временных рядов параметров бизнес-процессов предприятия на примере количественного ряда (по каждому из параметров). Такая модель позволит исследовать процессы цифровизации в широком диапазоне бизнес-процессов и выявить наиболее приемлемую конфигурацию цифровых процессов. Апробация предложенного методического инструментария будет произведена в следующем параграфе.

¹ Проводимая процедура аналогична процедуре, используемой при расчете индекса развития ИКТ (ICT Development Index), разработанного Международным союзом электросвязи. URL: https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/publications/misr2017/MISR2017_Volume1.pdf (дата обращения: 08.02.2023).

3.2 Стратегии цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности

Произведем апробацию предложенного авторского инструментария оценки процессов цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности.

Отраслевой уровень методики

Первый этап. Оценивая уровень цифровизации предприятий в разрезе отраслей, необходимо отметить количество предприятий в отраслях промышленности, системно реализующих цифровые технологии (рисунок 27). По данным Минпромторга РФ, отраслями – лидерами по цифровизации являются металлургическая, машиностроительная, химическая и нефтегазовая отрасли.



Рисунок 27 – Количество предприятий в отраслях промышленности, реализующих цифровые технологии¹

Так, уровень цифровизации металлургической отрасли в 2021 г. достиг 71 %. Необходимо также учитывать и внешние ограничения, по-разному оказывающие негативное влияние на развитие промышленности. Этот фактор может объяснить несколько более низкие показатели цифровизации нефтяной отрасли (62 %) (рисунок 28).

¹ Данные предоставлены системой ведомственной статистики Министерства промышленности и торговли Пермского края. В связи проведением СВО статистика многих предприятий, в том числе показатели цифровизации, не подлежит открытому опубликованию.

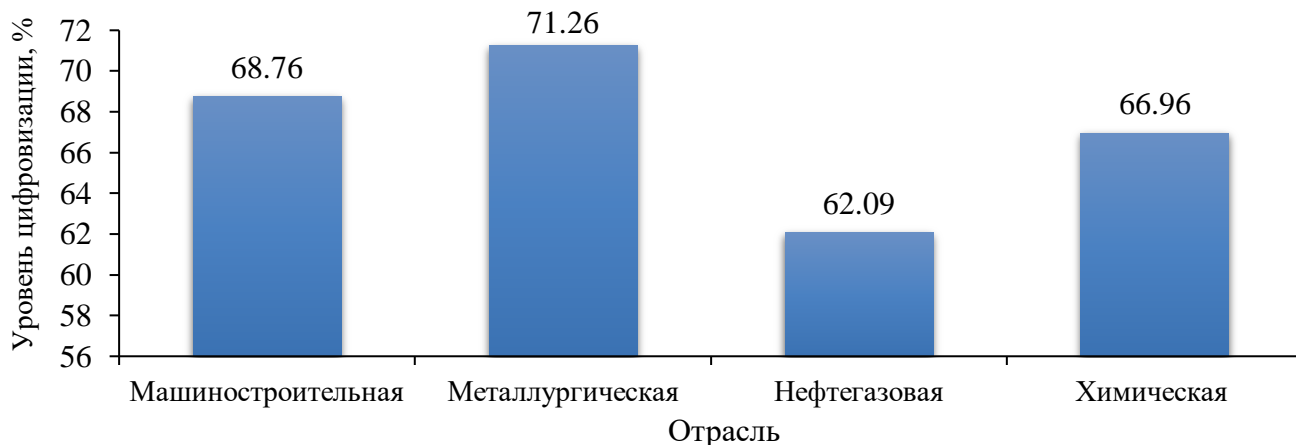


Рисунок 28 – Уровень цифровизации промышленных предприятий в разрезе отраслей (по данным minpromtorg.gov.ru)

На основе имеющихся данных представляется целесообразным более детально рассмотреть процесс цифровизации промышленных предприятий в отраслевом разрезе. Для этого составим матрицу отраслевых приоритетов, которая заполнялась следующим образом (таблица 14).

Таблица 14 – Принцип заполнения матрицы технологических приоритетов отраслей промышленности России в системе стратегического планирования цифровой трансформации

Данные Минпромторга, %	Аналитика кейсов ¹
Более 10	Более 10 успешных кейсов
Менее 10	Менее 10 успешных кейсов

На основе матрицы технологических приоритетов (таблица 15) дадим характеристику технологических приоритетов для каждой отрасли промышленности.

¹ Официальный сайт Инфраструктурного центра «Технет» СПбПУ. URL: <https://technet-nti.ru/> (дата обращения: 03.02.2023); АНО «Цифровая экономика». URL: <https://data-economy.ru/> (дата обращения: 03.02.2023); Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты: докл. к XXII Апр. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества (Москва, 13–30 апреля 2021 г. / Г. И. Абдрахманова, К. Б. Быховский, Н. Н. Веселитская и др. М.: НИУ ВШЭ, 2021. 239 с.

Таблица 15 – Матрица технологических приоритетов ключевых отраслей промышленности России в системе стратегического планирования цифровой трансформации¹

Показатель	Отрасль			
	машиностроительная	металлургическая	химическая	нефтегазовая
Облачные сервисы (данные Минпромторга РФ), %	21	23	28	24
Количество проектов по анализу больших данных, внедрению технологий Big Data (успешные кейсы)	14 кейсов	16 кейсов	14 кейсов	11 кейсов
Количество проектов в сфере робототехники (успешные кейсы)	12 кейсов	14 кейсов	13 кейсов	13 кейсов
Количество проектов по внедрению цифровых двойников (количество успешных кейсов)	4 кейса	11 кейсов	2 кейса	10 кейсов
Доля отечественного ПО в отрасли, % (данные Минпромторга РФ)	10	26	8	9
Доля российского оборудования в отрасли, % (данные Минпромторга РФ)	60	65	63	68
Количество IT-решений для сбора, хранения, обработки и анализа моделирования массивов данных (успешные кейсы)	8	13	14	7
Количество IT-решений в управлении производственной деятельностью (успешные кейсы)	17	19	16	17
Количество IT-решений для управления финансово-хозяйственной деятельностью (успешные кейсы)	4	10	11	3
Количество платформенных цифровых решений (успешные кейсы)	3	11	3	2

¹ Составлено автором.

Машиностроительная отрасль. Значительная количество инновационно активных машиностроительных предприятий входит в госкорпорацию «Росатом». Так, крупные проекты по развитию конверсионной деятельности были заявлены ФГУП «Маяк», ФГУП ФНПЦ «ПО «Старт» им. М. В. Проценко, ФГУП «ФНПЦ НИИИС им. Ю. В. Седакова» и пр.¹

Особое значение имеет цифровизация отдельных процессов на машиностроительных предприятиях. Так, отметим практику АО «АЭМ-Технологии»², АО «Опытное конструкторское бюро машиностроения им. И. И. Африкантова»,³ которые тестируют инфостенды в цехах, с помощью которых рабочие знакомятся с трехмерными моделями изделий, фиксируют этапы производственного процесса. Кроме того, сложилась практика вибродиагностики (контроль за состоянием оборудования), системы точного позиционирования персонала. Также можно отметить практику применения коллаборативных роботов, 3D-сканирования.

Общий уровень цифровизации предприятий машиностроительной отрасли колеблется от 64 % до 84 %, что говорит об определенном уровне асимметрии, связанном с широким спектром подотраслей, находящихся на разных стадиях цифровизации (рисунок 29).

Тем не менее среди общих приоритетов отметим установки, ориентированные, на внедрение отечественного программного ПО, внедрение технологии сбора, обработки и хранения данных уровня Big Data и пр.

Нефтегазовая отрасль. В данной отрасли необходимо отметить тенденцию роста доли трудноизвлекаемых запасов, которые составляют более 65 % запасов в РФ, что требует увеличения эффективности добычи. В частности, в 2020 г. был создано предприятие ООО «Новые технологии добычи нефти» (совместное

¹ Госкорпорация «Росатом». URL: <https://www.rosatom.ru/index.html> (дата обращения: 17.12.2022).

² АЭМ-Технологии. URL: <https://www.aemtech.ru/> (дата обращения: 17.12.2022).

³ Опытное конструкторское бюро машиностроения имени И. И. Африкантова. URL: <https://spec.tass.ru/aemtech/elementy-tsifrovogo-zavoda> (дата обращения: 17.12.2022).

предприятие ПАО «Газпром нефть» и ПАО «Татнефти»), которое ориентировано на поиск новых технологий добычи.

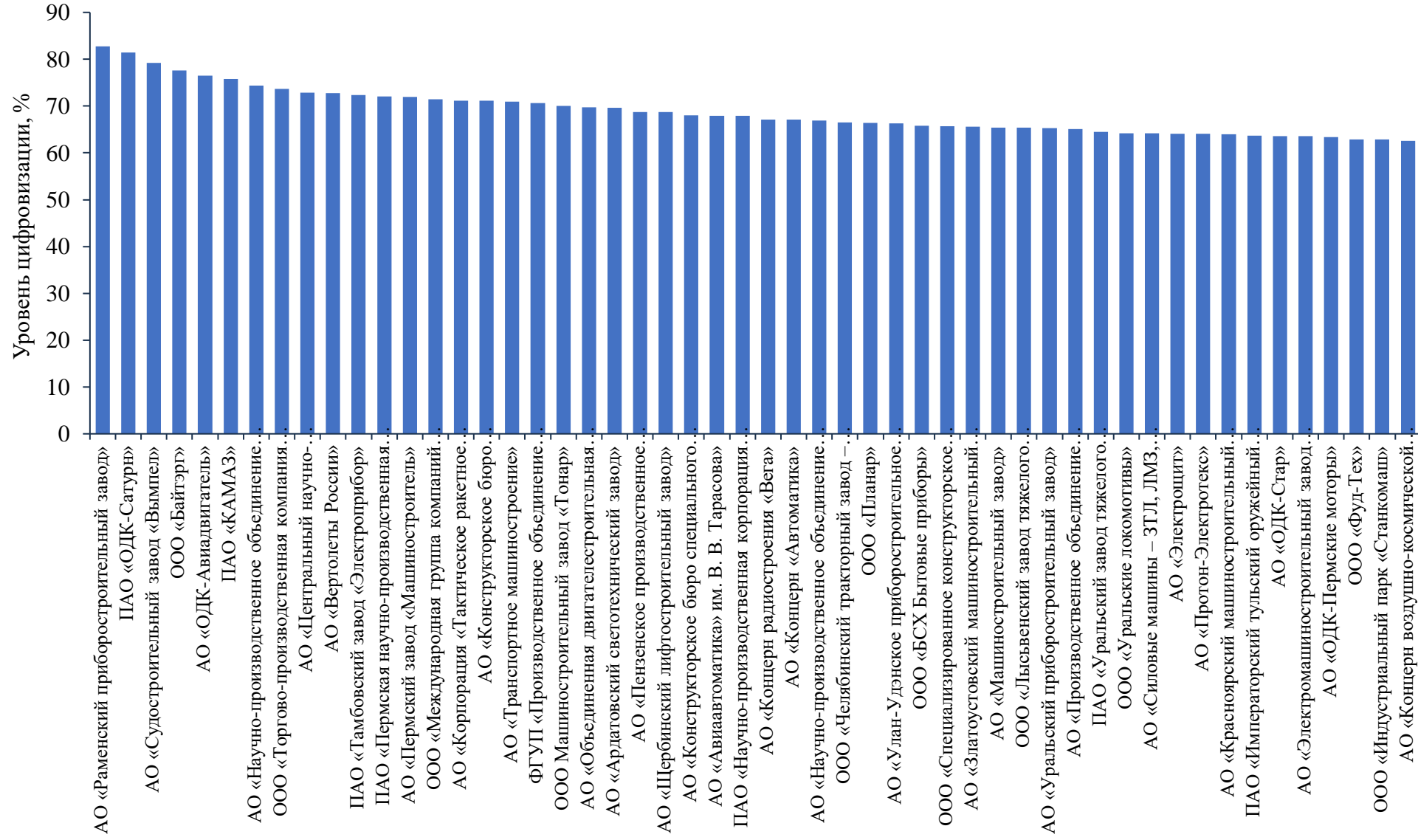


Рисунок 29 – Уровень цифровизации предприятий машиностроительной отрасли¹

¹ Составлено автором по данным приложения В.

Кроме того, у ПАО «Газпром нефть» есть опыт использования технологии цифровых двойников. Так, в 2021 г. была создана интегрированная модель месторождения им. А. Жагина в Ханты-Мансийском автономном округе, применение которой позволит получить экономический эффект более 1 млрд р. Общая доля предприятий, применяющих данную технологию в отрасли, по данным 2021 г. составляет 18 %, технологии предиктивной аналитики используют лишь 8 % предприятий машиностроения¹.

Доля отечественного ПО в данной отрасли составляет порядка 10 %, доля российского оборудования – более 60 %.

Общий уровень цифровизации предприятий нефтегазовой отрасли колеблется от 64 % до 78 %, что говорит о значительных трудностях, связанных с необходимостью внедрения собственных технологий извлечения труднодоступных запасов (рисунок 30).

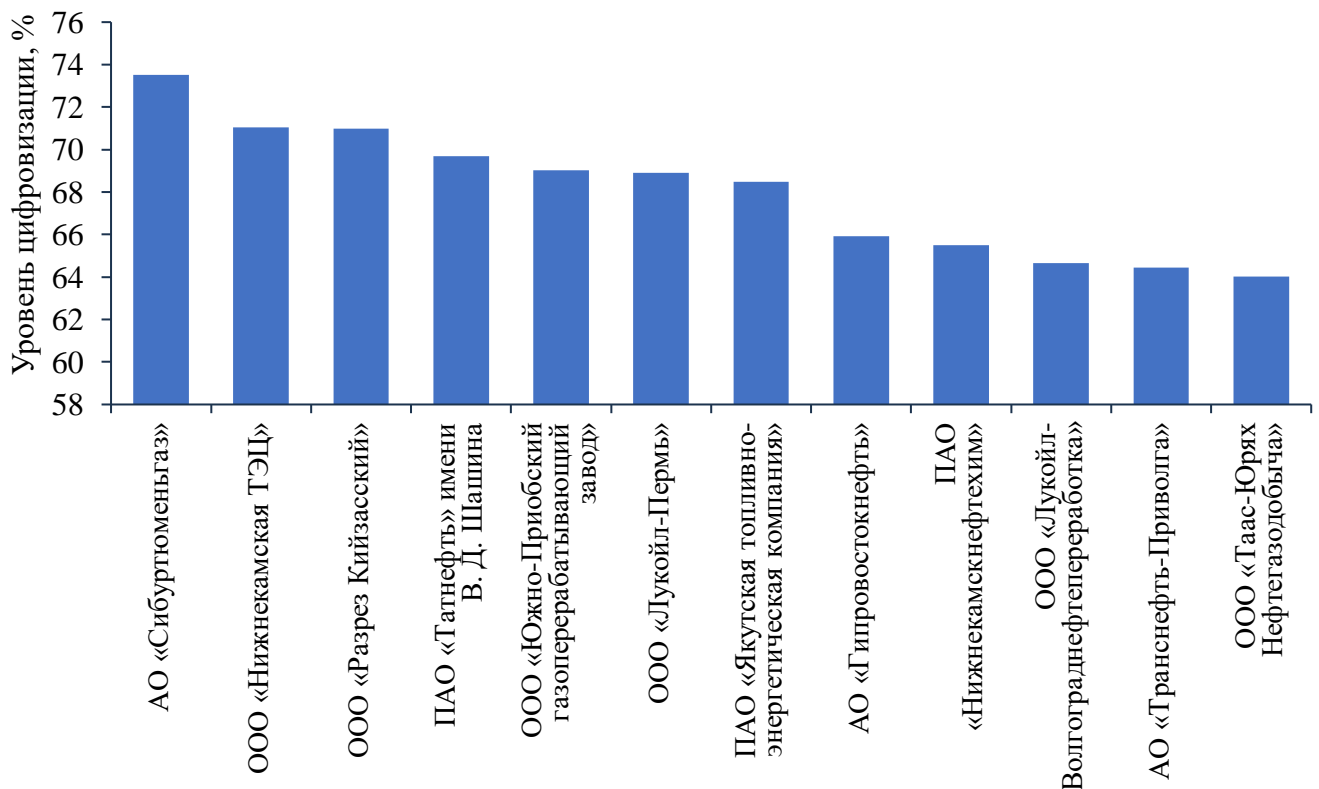


Рисунок 30 – Уровень цифровизации предприятий нефтехимической отрасли²

¹ Газпром нефть. URL: <https://www.gazprom-neft.ru/> (дата обращения: 17.12.2022).

² Составлено автором по данным приложения В.

Среди общих приоритетов отметим установки на разработку собственных технологий по методу ТРИЗ, внедрение отечественного программного ПО, внедрение технологий сбора, обработки и хранения данных уровня Big Data и пр.

Металлургическая отрасль. На предприятии ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат» установлена автоматизированная система сбора данных, включающая все этапы производства. На этой основе был реализован проект «Снайпер», позволивший экономить на затрачиваемые материалы от 2,7 % до 4,0 %, оптимизировать закупки сырья. Отметим применение 3D-печати для создания форм для отливки, работу более 200 роботов¹.

Опыт использования технологии Big Data компанией ПАО «Северсталь» позволил в 2020 г. разработать математическую модель «Аделина», на 90 % работающую автоматически. Кроме того, был создан цифровой двойник НТА, ориентированный на обучение на виртуальных рулонах стали, созданных нейросетью².

На АО «Карельский окатыш» в 2021 г. был проведен эксперимент, в рамках которого была запущена модель, управляющая обжиговой машиной, что позволило сократить расход мазута более чем на 6 %, а также значительно сократить количество выбросов оксидов углерода и серы³.

Отметим опыт Трубной металлургической компании по внедрению цифрового двойника, в результате чего были разработаны новые резьбовые соединения, что позволило проверять и дорабатывать новые технологии производства, не занимая ресурс предприятия⁴.

¹ ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат». URL: <https://mmk.ru/ru/> (дата обращения: 17.12.2022).

² Северсталь – вертикально интегрированная горно-металлургическая компания. URL: <https://severstal.com/rus/> (дата обращения: 17.12.2022).

³ Карельский окатыш. URL: <https://severstal.com/rus/about/structure/businesses/karelskiy-okatysh/> (дата обращения: 18.12.2022).

⁴ Трубная металлургическая компания. URL: https://www.tmk-group.ru/Key_contacts (дата обращения: 17.12.2022).

На АО «Северский трубный завод» реализована система машинного зрения для отслеживания дефектов изделий в движении на основе системы сбора и хранения Big Data¹.

В подавляющем большинстве предприятия металлургической промышленности ориентированы на анализ больших данных, технологии искусственного интеллекта, технологию цифровых двойников, благодаря которой внедрение новых производственных решений стало экономичнее, а разработка новых видов продукции – менее затратной.

Вместе с тем отметим разрыв между стратегией развития отрасли и ее практической реализацией в этой сфере примерно на 30 % на фоне роста производительности на 10–20 %, снижения выбросов на 15–30 %.

Общий уровень цифровизации предприятий металлургической отрасли колеблется от 64 % до 81 %, что говорит о необходимости согласования приоритетов отдельных предприятий с общими тенденциями развития отрасли (рисунок 31).

¹ Северский трубный завод. URL: <https://stz.tmk-group.ru/> (дата обращения: 18.12.2022).

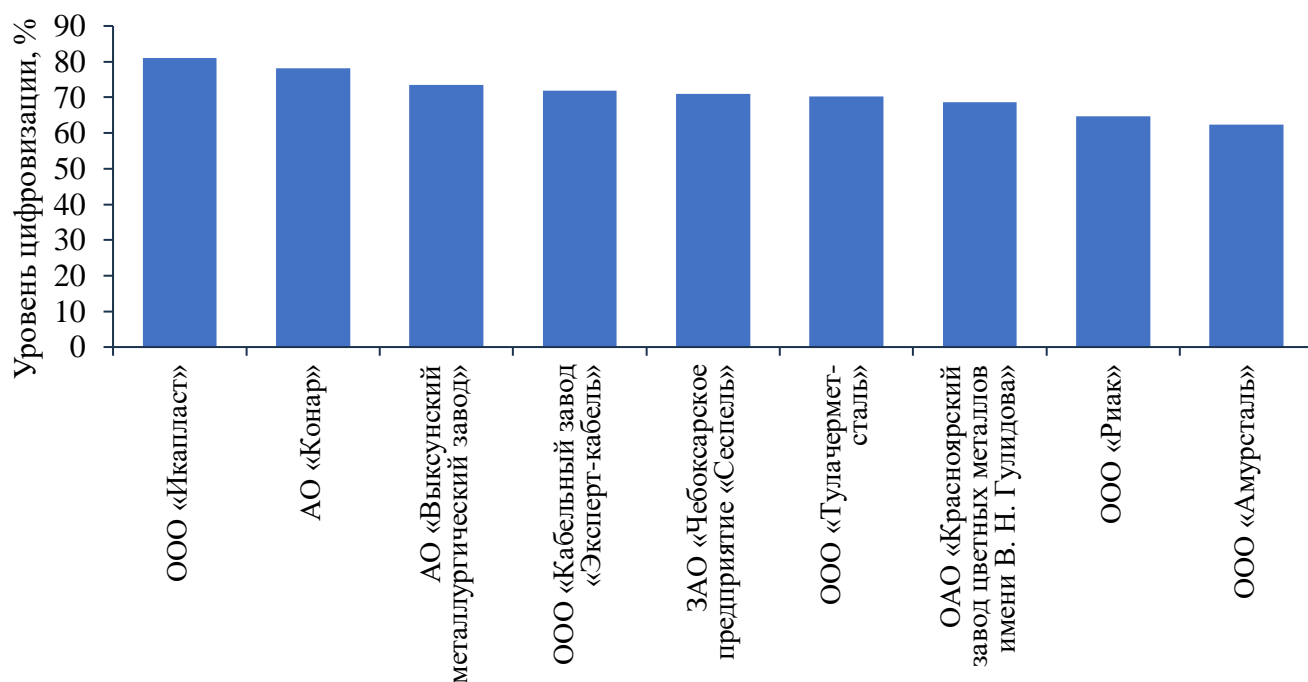


Рисунок 31 – Уровень цифровизации предприятий металлургической отрасли¹

Среди общих приоритетов отметим установки на внедрение цифровых двойников, отечественного ПО, технологий сбора, обработки и хранения данных уровня Big Data и пр.

Химическая отрасль. Среди практик цифровизации на предприятиях химической промышленности отметим использование AR-очков, позволяющих производить ремонт сложного оборудования в удаленном режиме², сокращая тем самым простои оборудования. Кроме того, отметим облачные вычисления, позволяющие обрабатывать и передавать большие данные.

Химические производства активно применяют технологии искусственного интеллекта, применяемые в сфере прогнозирования результатов химических реакций, при транспортировке и хранении опасных веществ³. Интерес представляет, в частности, предиктивное обслуживание машин на производстве полипропилена, которое обеспечивает функционирование системы экструзии.

¹ Составлено автором по данным приложения В.

² Кулясова Е. В., Вдовенко З. В. Цифровизация промышленных предприятий: возможности и угрозы новой реальности // Ученые записки Российской академии предпринимательства 2019. Т. 18, № 3. С. 98–110.

³ Цифровая трансформация химической промышленности / РИА Новости. URL: <https://ria.ru/20181205/1547610157.html> (дата обращения: 20.12.2022).

В 2020 г. на заводах синтетического и бутилового каучуков ПАО «Нижекамскнефтехим» эксплуатировались 14 систем технического зрения, системы отбраковки крошки каучука на линиях синтетического каучука бутадиенового неодимового и бутилового каучука, а также системы видеочета синтетического каучука изопренового (СКИ-3) и QR-кодирования брикетов каучука СКИ-3 и СКДН. Это позволило в автоматическом режиме решать вопрос недопущения посторонних включений, в том числе металла, в крошке каучука на всех агрегатах выделения СКДН и БК¹.

Отметим опыт внедрения автоматизированных систем контроля качества на заводах синтетических и бутиловых каучуков, который реализован на более чем на 90 %.

Так, на ПАО «Нижекамскнефтехим» эксплуатировалась автоматизированная система мониторинга атмосферного воздуха, которую в 2019 г. удалось оснастить автоматическими средствами измерения качества сточных вод по показателю рН и общему органическому углероду.

Общий уровень цифровизации предприятий химической отрасли колеблется от 62 до 73%, что говорит о необходимости согласования приоритетов отдельных предприятий с общими тенденциями развития отрасли (рисунок 32).

¹ Нижекамскнефтехим. URL: <https://www.sibur.ru/nknh/ru/> (дата обращения: 03.09.2022).

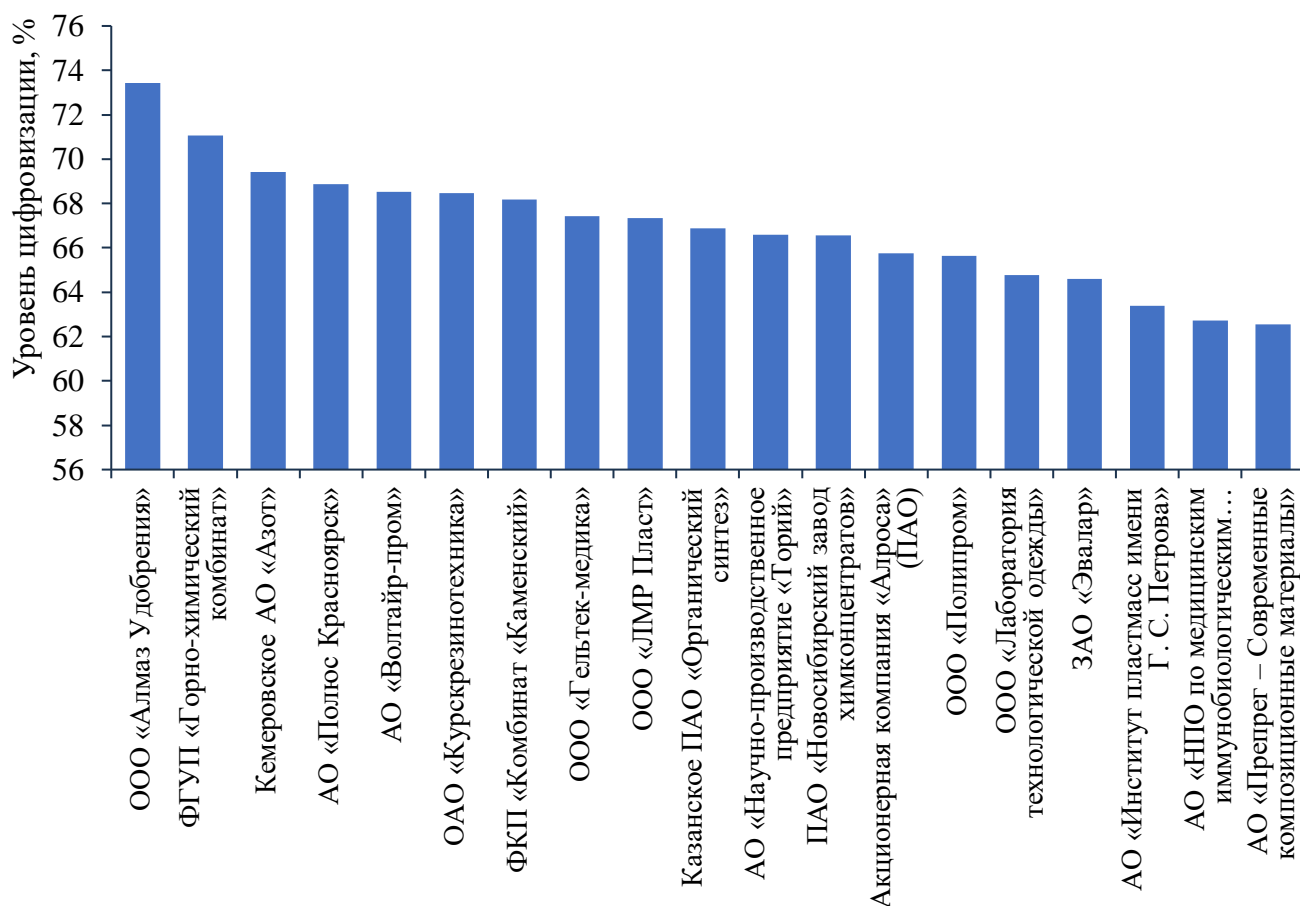


Рисунок 32 – Уровень цифровизации предприятий химической отрасли¹

Среди общих приоритетов отметим установки, ориентированные, на внедрение отечественного программного ПО, внедрение технологии сбора, обработки и хранения данных уровня Big Data и пр.

Таким образом, по результатам апробации первого этапа авторского инструментария удалось достичь следующих результатов:

- построить матрицу технологических приоритетов для отраслей – лидеров по цифровизации;

- обозначить ключевые технологические приоритеты для каждой из отраслей, которые выделялись в зависимости от количественных метрик, обозначенных Минпромторгом РФ, а также от реализованных кейсов по цифровизации отдельных предприятий промышленности;

¹ Составлено автором по данным приложения В.

– подавляющую долю цифровых технологий в передовых отраслях занимают технологии облачных сервисов, направленные на обработку данных (27 %), технологии роботизации, направленные на повышение гибкости производства (17 %), цифровые платформы (15 %), цифровые двойники (3 %)¹.

На **втором этапе** авторского методического инструментария формируется выборка предприятий-лидеров в каждой из обозначенных отраслей промышленности по критериям достаточности, обоснованности, оптимальности количества. Основой для выборки промышленных предприятий выступили рейтинги Минпромторга РФ, Ассоциации «Технет», АНО «Цифра» в разрезе следующих отраслей промышленности: металлургической, нефтегазовой, химической и машиностроительной. Итоговый перечень предприятий представлен в приложении Г. В таблице 16 представлены количественные данные о предприятиях – лидерах отрасли в сфере цифровизации.

Таблица 16 – Количество промышленных предприятий – лидеров цифровизации, подлежащих анализу²

Отрасль	Количество предприятий
Машиностроительная	52
Металлургическая	9
Химическая	19
Нефтегазовая	12

На **третьем этапе** апробации авторского инструментария были рассчитаны агрегированные показатели. Результаты расчета агрегированного показателя «Уровень цифровизации промышленного предприятия» для машиностроительной отрасли представлены в таблице 17.

¹ Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты: докл. к XXII Апр. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества (Москва, 13–30 апреля 2021 г. / Г. И. Абдрахманова, К. Б. Быховский, Н. Н. Веселитская и др. М.: НИУ ВШЭ, 2021. 239 с.

² Составлено автором по данным приложения В.

Таблица 17 – Значения агрегированного показателя «Уровень цифровизации промышленного предприятия» для машиностроительной отрасли¹

№ в рейтинге	Наименование предприятия машиностроительной отрасли	Значение агрегированного показателя
1	АО «Раменский приборостроительный завод»	0,303
2	ПАО «ОДК-Сатурн»	0,203
3	АО «Судостроительный завод «Вымпел»	0,203
4	ООО «Байтэрг»	0,105
5	АО «ОДК-Авиадвигатель»	0,103
6	ПАО «КАМАЗ»	0,202
7	АО «Научно-производственное объединение «Квант»	0,102
8	ООО Торгово-производственная компания «Вартон»	0,103
9	АО «Центральный научно-исследовательский институт «Буревестник»	0,102
10	АО «Вертолеты России»	0,102
11	ПАО «Тамбовский завод «Электроприбор»	0,200
12	ПАО «Пермская научно-производственная приборостроительная компания»	0,100
13	АО «Пермский завод «машиностроитель»	0,200
14	ООО «Международная группа компаний «Световые технологии»	0,202
15	АО «Корпорация «тактическое ракетное вооружение»	0,103
16	АО «Конструкторское бюро приборостроения имени академика А. Г. Шипунова»	0,103
17	АО «Транспортное машиностроение»	0,100
18	ФГУП «Производственное объединение «Маяк»	0,105
19	ООО «Машиностроительный завод «Тонар»	0,200
20	АО «Объединенная двигателестроительная корпорация»	0,102
21	АО «Ардатовский светотехнический завод»	0,100
22	АО «Пензенское производственное объединение «Электроприбор»	0,100
23	АО «Щербинский лифтостроительный завод»	0,203
24	АО «Конструкторское бюро специального машиностроения»	0,103

¹ Составлено автором по данным приложения Г.

Продолжение таблицы 17

№ в рейтинге	Наименование предприятия машиностроительной отрасли	Значение агрегированного показателя
25	АО «Авиаавтоматика» Имени В. В. Тарасова»	0,102
26	ПАО «Научно-производственная корпорация «Иркут»	0,102
27	АО «Концерн радиостроения «Вега»	0,103
28	АО «Концерн «Автоматика»	0,100
29	АО «Научно-производственное объединение «Андроидная техника»	0,102
30	ООО «Челябинский тракторный завод – Уралтрак»	0,102
31	ООО «Планар»	0,103
32	АО «Улан-Удэнское приборостроительное производственное объединение»	0,103
33	ООО «БСХ Бытовые приборы»	0,103
34	ООО «Специализированное конструкторское бюро «Индукция»	0,102
35	АО «Златоустовский машиностроительный завод»	0,102
36	АО «Машиностроительный завод»	0,102
37	ООО «Лысьвенский завод тяжелого электрического машиностроения «Привод»	0,100
38	АО «Уральский приборостроительный завод»	0,100
39	АО «Производственное объединение «Электрохимический завод»	0,102
40	ПАО «Уральский завод тяжелого машиностроения»	0,102
41	ООО «Уральские локомотивы»	0,118
42	АО «Силовые машины – ЗТЛ, ЛМЗ, Электросила, Энергомашэкспорт»	0,102
43	АО «Электрощит»	0,103
44	АО «Протон-Электротекс»	0,116
45	АО «Красноярский машиностроительный завод»	0,102
46	ПАО «Императорский тульский оружейный завод»	0,105
47	АО «ОДК-Стар»	0,102
48	АО «Электромашиностроительный завод «Лепсе»	0,100
49	АО «ОДК-Пермские моторы»	0,118
50	ООО «Фуд-Тех»	0,102
51	ООО Индустриальный парк «Станкомаш»	0,100
52	АО «Концерн воздушно-космической обороны «Алмаз – Антей»	0,116

Результаты расчета агрегированного показателя «Уровень цифровизации промышленного предприятия» для металлургической отрасли представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Значения агрегированного показателя «Уровень цифровизации промышленного предприятия» для металлургической отрасли¹

№ в рейтинге	Наименование предприятия металлургической отрасли	Значение агрегированного показателя
1	ООО «Икапласт»	0,215053
2	АО «Конар»	0,213962
3	АО «Выксунский металлургический завод»	0,211876
4	ООО «кабельный Завод «Эксперт-кабель»	0,107554
5	ЗАО «Чебоксарское предприятие «Сеспель»	0,110717
6	ООО «Тулачермет-сталь»	0,112851
7	ОАО «Красноярский завод цветных металлов имени В. Н. Гулидова»	0,108541
8	ООО «Риак»	0,209675
9	ООО «Амурсталь»	0,109694

Результаты расчета агрегированного показателя «Уровень цифровизации промышленного предприятия» для химической отрасли представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Значения агрегированного показателя «Уровень цифровизации промышленного предприятия» для химической отрасли²

№ в рейтинге	Наименование предприятия химической отрасли	Значение агрегированного показателя
1	ООО «Алмаз удобрения»	0,209
2	ФГУП «Горно-химический комбинат»	0,206
3	Кемеровское АО «азот»	0,206
4	АО «Полюс Красноярск»	0,107
5	АО «Волгайр-пром»	0,103
6	ОАО «Курскрезинотехника»	0,106

¹ Составлено автором по данным приложения Д.

² Составлено автором по данным приложения Е.

Продолжение таблицы 19

№ в рейтинге	Наименование предприятия машиностроительной отрасли	Значение агрегированного показателя
7	Федеральное казенное предприятие «Комбинат «Каменский»	0,107
8	ООО «Гельтек-медика»	0,006
9	ООО «ЛМР Пласт»	0,004
10	Казанское пао «Органический синтез»	0,205
11	АО «Научно-производственное предприятие «Торий»	0,304
12	ПАО «Новосибирский завод химконцентратов»	0,205
13	Акционерная компания «Алроса» (ПАО)	0,205
14	ООО «Полипром»	0,003
15	ООО «Лаборатория технологической одежды»	0,004
16	ЗАО «Эвалар»	0,203
17	АО «Институт пластмасс имени Г. С. Петрова»	0,101
18	АО «Научно-производственное объединение по медицинским иммунобиологическим препаратам «Микроген»	0,203
19	АО «Препрег – современные композиционные материалы»	0,202

Результаты расчета агрегированного показателя «Уровень цифровизации промышленного предприятия» для нефтегазовой отрасли представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Значения агрегированного показателя «Уровень цифровизации промышленного предприятия» для нефтегазовой отрасли¹

№ в рейтинге	Наименование предприятия нефтегазовой отрасли	Значение агрегированного показателя
1	АО «Сибуртюменьгаз»	0,217
2	ООО «Нижекамская ТЭЦ»	0,211
3	ООО «Разрез Кийзасский»	0,110
4	ПАО «Татнефть» имени В. Д. Шашина	0,322
5	ООО «Южно-Приобский газоперерабатывающий завод»	0,214
6	ООО «Лукойл-Пермь»	0,327

Результаты расчетов агрегированного показателя Y_{it} для каждой из рассмотренных отраслей представлены в таблице 21 и в приложении И.

¹ Составлено автором по данным приложения Ж.

Таблица 21 – Значения агрегированного показателя Y_{im} для каждой из рассмотренных отраслей

Отрасль	Уровень цифровой трансформации отрасли, %
Машиностроительная	0,148246
Металлургическая	0,141795
Нефтегазовая	0,123290
Химическая	0,131502

На основе рассчитанных итоговых значений агрегированных показателей (приложение К) были получены следующие результаты (рисунок 33).

Результаты расчетов позволяют сделать несколько выводов:

– процессы цифровой трансформации предприятий промышленности протекают неравномерно;

– несмотря на различие в отраслевых приоритетах, предприятия стремятся реализовывать технологические решения, учитывающие их уровень технологического развития; это подтверждает и отсутствие у большинства предприятий отдельных стратегий цифрового развития;

– наибольший охват процессы цифровизации получили в машиностроительной отрасли.

Анализ полученных результатов позволяет детализировать направления цифровой трансформации для каждой отрасли.

Так, в металлургической отрасли большинство цифровых решений касается производственных процессов (19 успешных практик) (рисунок 34). Наименьшую реализацию получили платформенные цифровые решения. Аналогичная ситуация наблюдается и остальных отраслей промышленности.

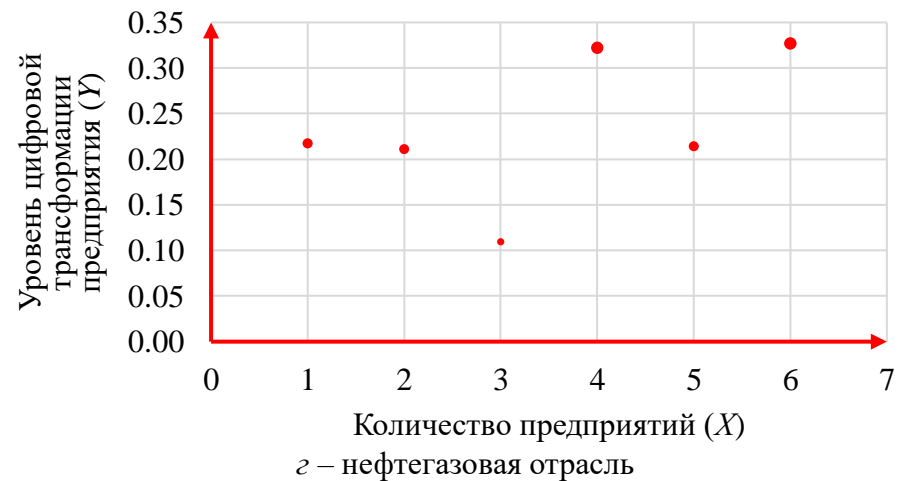
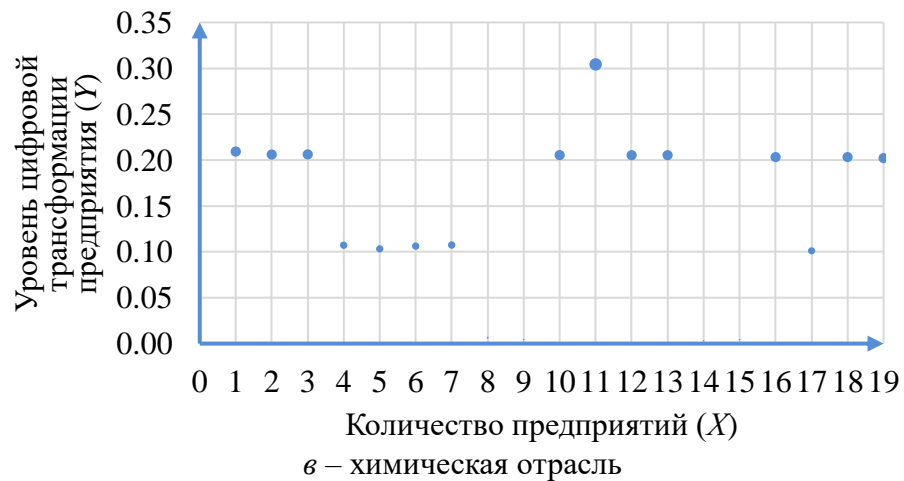
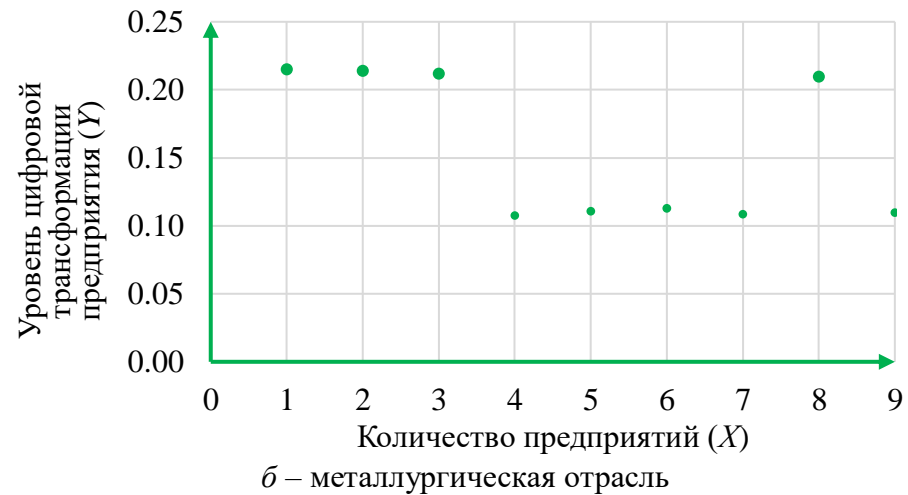
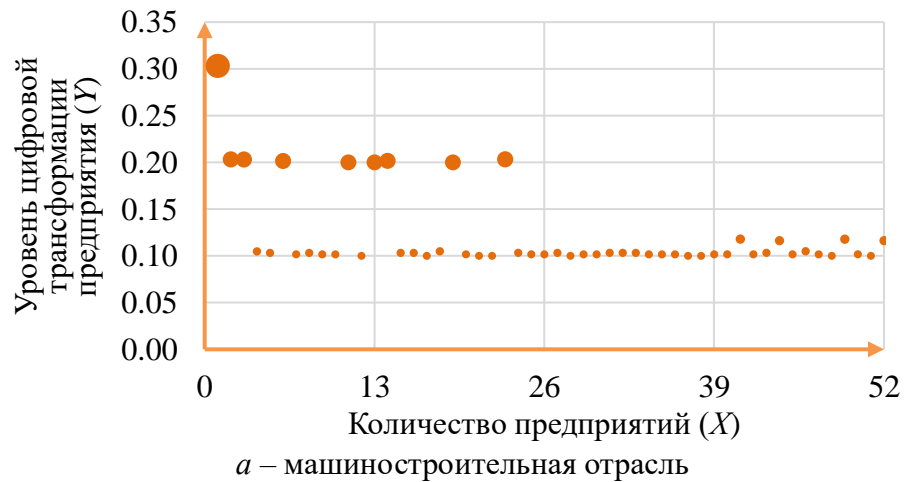
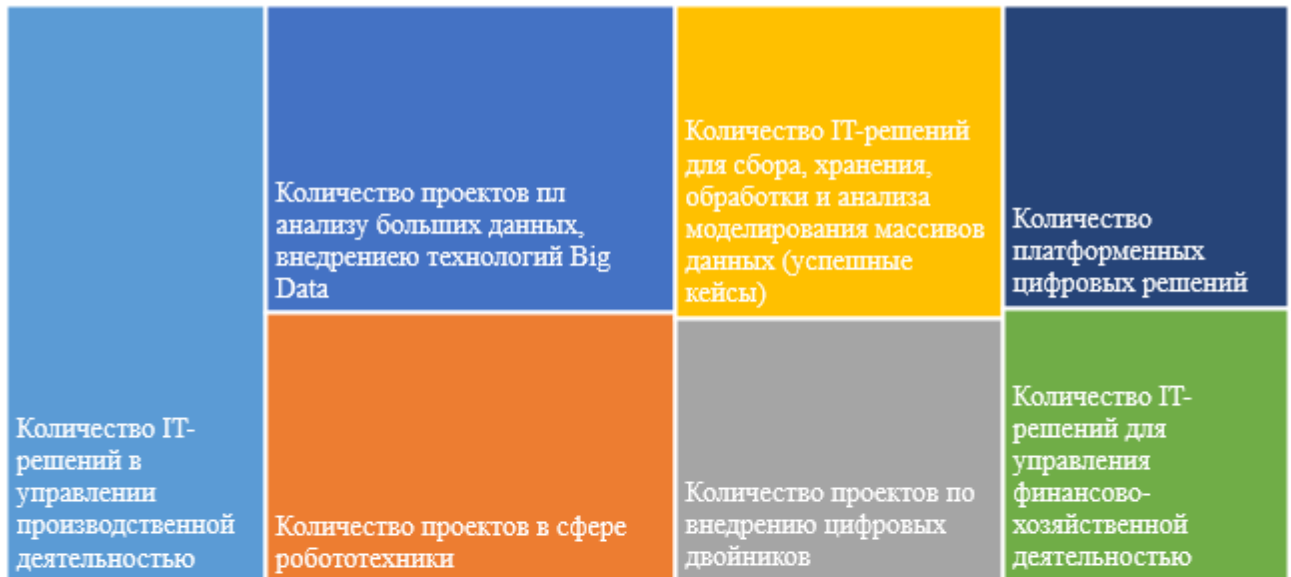


Рисунок 33 – Уровень цифровой трансформации предприятий по отраслям¹

¹ Составлено автором. Нумерация предприятий осуществлена в соответствии с таблицами 10–13.



- Количество проектов по анализу больших данных, внедрению технологий Big Data
- Количество проектов в сфере робототехники
- Количество проектов по внедрению цифровых двойников
- Количество IT-решений для сбора, хранения, обработки и анализа моделирования массивов данных (успешные кейсы)
- Количество IT-решений в управлении производственной деятельностью
- Количество IT-решений для управления финансово-хозяйственной деятельностью
- Количество платформенных цифровых решений

Рисунок 34 – Цифровые решения на предприятиях металлургической отрасли¹

Таким образом, можно говорить о различном уровне востребованности цифровых решений в отраслях промышленности (рисунок 35).

Придерживаясь предложенных этапов апробации предложенного инструментария, определим число уровней матрицы цифровой трансформации развития отраслей и предприятий промышленности по формуле Фридмана – Диакониса (таблица 22).

Исходя из этого, составим матрицу цифровой трансформации предприятий промышленности в разрезе рассмотренных отраслей (рисунок 39).

¹ Составлено автором.

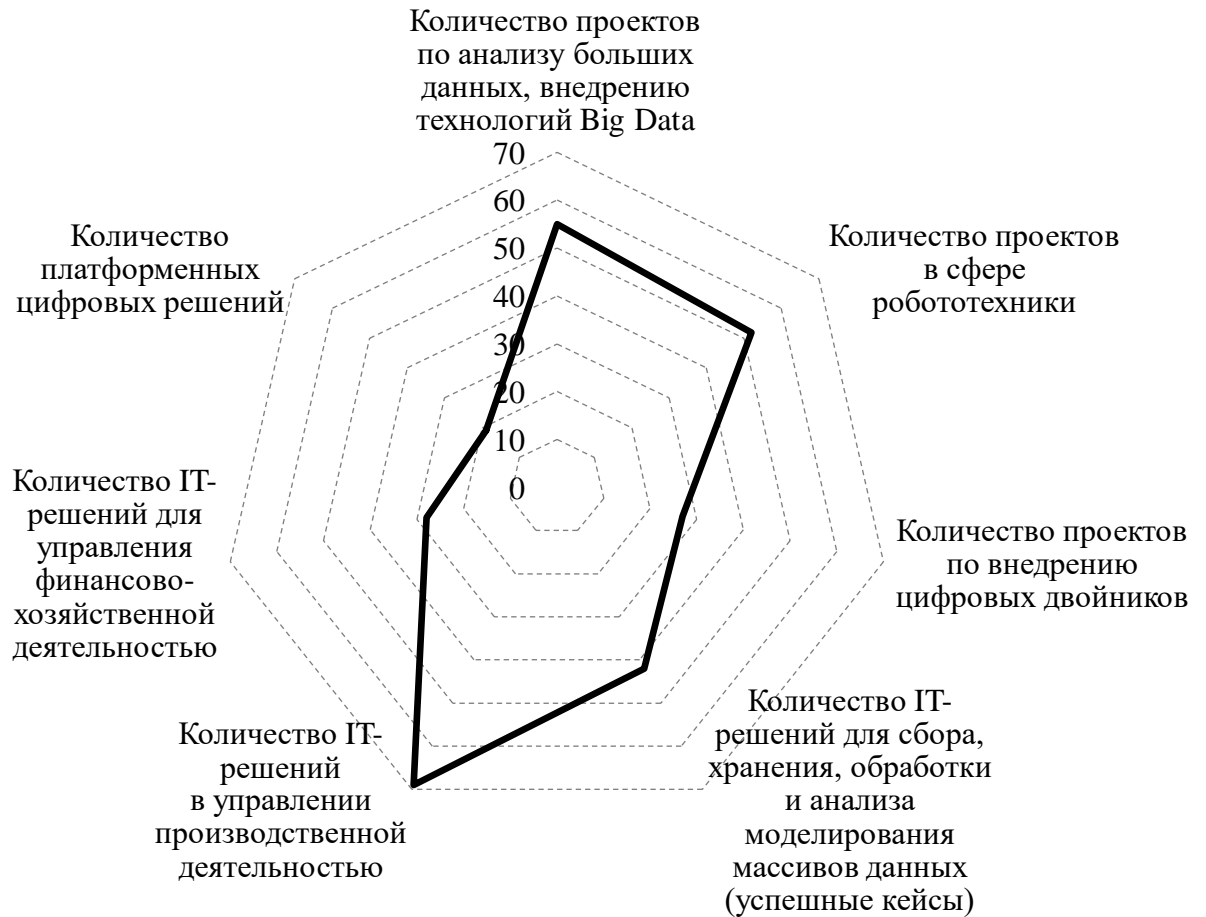


Рисунок 35 – Востребованность цифровых решений в отраслях промышленности¹

Таблица 22 – Разделение матрицы цифровой трансформации на уровни по формуле Фридмана – Диакониса²

Уровень	Число наблюдений	Процент
1	25	29,07
2	15	17,44
3	25	29,07
4	21	24,42

На основе рисунка 36 можно сделать выводы:

- отсутствуют промышленные предприятия, которые не учитывают аспекты цифровизации в стратегиях развития, целях, задачах, миссии (уровень I);
- у большинства предприятий цифровые ориентиры зафиксированы либо в стратегиях развития, либо в целях, задачах, миссии (уровень II);

¹ Составлено автором.

² Рассчитано автором.

– у существенного числа предприятий в стратегиях развития зафиксированы пункты, связанные с цифровизацией (уровень III);

– встречаются единичные случаи, когда у предприятия разработана стратегия цифрового развития, т. е. цифровизация осуществляется системно и поступательно (уровень IV).

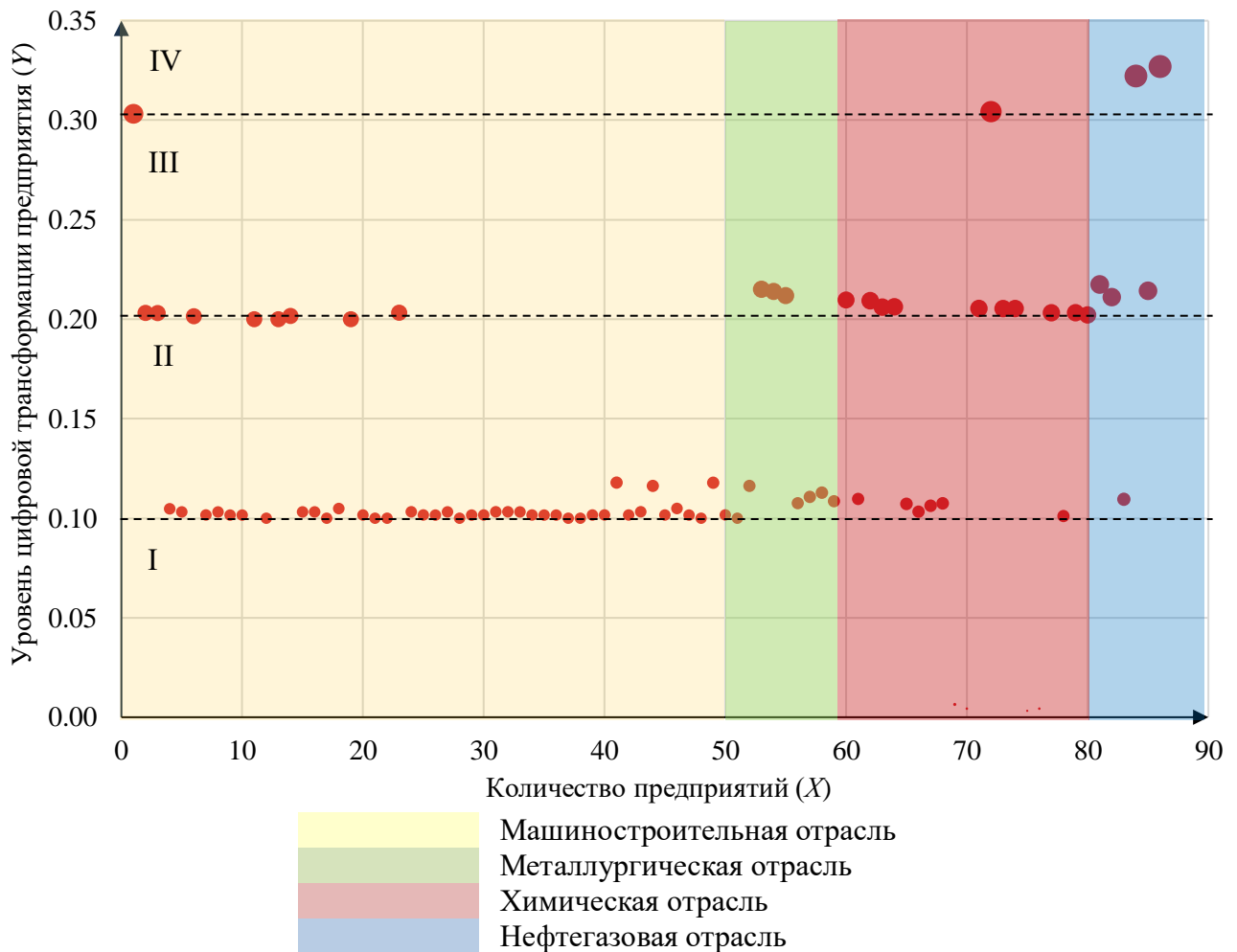


Рисунок 36 – Матрица цифровой трансформации предприятий промышленности в разрезе отраслей¹

Таким образом, общий уровень соответствия цифровых приоритетов промышленных предприятий отраслевым можно оценить как неудовлетворительный, что влечет за собой отсутствие системности в отраслевой

¹ Составлено автором.

цифровизации, когда отдельные проекты и технологические решения предприятий носят во многом экспериментальный, «локальный» характер.

Позиционирование промышленных предприятий на матрице цифровой трансформации позволяет:

- выявить потенциально востребованные направления цифровизации в разрезе отраслей, обладающие наибольшей значимостью для предприятия и отрасли;

- обозначить ограничения в процессе цифровизации как предприятий, так и отраслей, не исключив при этом значимые взаимосвязи со сложившимися стратегическими приоритетами;

- рассматривать каждое промышленное предприятие как часть единого цифрового пространства.

Заключим, что в сложившихся условиях возникает необходимость ускорения цифровой трансформации отраслей промышленности в части:

- проектной помощи предприятиям в направлении устранения пробелов в процессе внедрения цифровых технологий;

- создания системы гибкого мониторинга результатов цифровизации, основанного на взаимодействии предприятий;

- выработки методики и механизмов разработки и реализации стратегии внедрения цифровых технологий как в отраслях, так и на отдельных промышленных предприятиях;

- на национальном уровне – создания единой долгосрочной стратегии цифровизации промышленности с применением технологий Индустрии 4.0;

- создания и развития инфраструктуры цифрового взаимодействия всех субъектов промышленного производства на межотраслевом уровне¹.

На **пятом этапе** апробации инструментария определим стратегии цифровой трансформации для каждого из обозначенных уровней матрицы (таблица 23).

¹ Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты: докл. к XXII Апр. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества (Москва, 13–30 апреля 2021 г. / Г. И. Абдрахманова, К. Б. Быховский, Н. Н. Веселитская и др. М.: НИУ ВШЭ, 2021. 239 с.

Таблица 23 – Стратегии цифровой трансформации промышленных отраслей предприятий¹

Уровень	Стратегия	Описание
I	Точечная	Включает поиск точек возможного роста на основе цифровизации. Необходимо провести системный анализ развития предприятия на предмет оценки его технических возможностей, выбора цифровых технологий, оценки экономической эффективности. Траектория связана с этапом массового тиражирования успешных практик цифровизации
II	Приоритизации	Ориентирует предприятие на создание цепочки цифровых проектов и технологических решений, ориентированных на цифровизацию отдельных производственных процессов
III	Системная	Подразумевает поступательную реализацию цифровых решений, при этом особое внимание акцентируется на внедрении промышленных роботов, искусственного интеллекта, аддитивных технологий в целях тотальной кастомизации
IV	Экосистемная	Предполагает переход на стадию цифровизацию, связанную с платформизацией и созданием экосистем внутри отрасли. На данном уровне отраслевые приоритеты максимально соотносятся и согласуются с приоритетами в процессах цифровизации промышленных предприятий

Таким образом, предложенные стратегии цифровой трансформации промышленных отраслей и предприятий соотносятся со стратегическими приоритетами отраслевого развития промышленности РФ.

Уровень промышленного предприятия

На **первом этапе** в соответствии с введенным принципом критериальности оценки бизнес-процессов цифровой трансформации промышленного предприятия, выбора ключевых бизнес-процессов и группировки массива показателей, приведенных в таблице, а также учитывая отраслевую специфику процессов цифровой трансформации, выявленную при апробации инструментария на отраслевом уровне, определим в качестве объекта апробации одно из предприятий – лидеров цифровизации в одной из рассмотренных отраслей промышленности – АО «МХК «ЕвроХим». Это одно из крупнейших в России предприятий, специализирующихся на производстве и послепродажном обслуживании вертолетных редукторов и трансмиссий².

¹ Предложено автором.

² Редуктор-ПМ. URL: <https://rhc.aero/structure/reduktor-pm> (дата обращения: 02.09.2022).

В рамках программы по модернизации предприятий холдинга «Вертолеты России» проводится системное обновление производства АО «МХК «ЕвроХим», в ходе которого приобретается и устанавливается новое высокопроизводительное оборудование, строятся современные энергосберегающие станды.

Современная организация полного цикла хозяйственной деятельности на АО «МХК «ЕвроХим» схематизирована и представлена на рисунке 37.

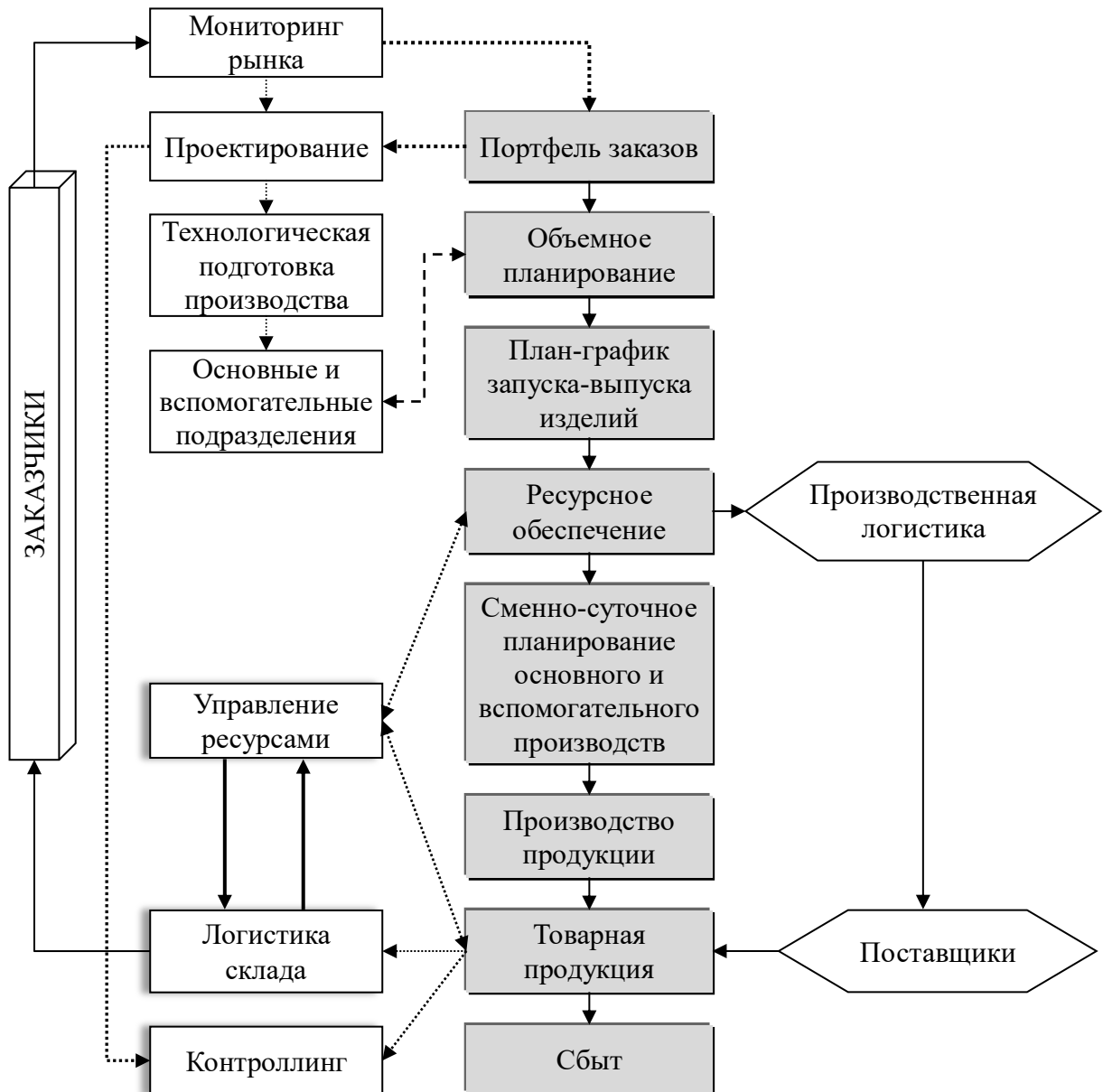


Рисунок 37 – Укрупненные процессы хозяйственной деятельности на АО «МХК «ЕвроХим»¹

¹ Составлено автором.

При организации процессов в АО «МХК «ЕвроХим» осуществляется объемное планирование, формируются планы-графики запуска-выпуска для основных и вспомогательных подразделений в соответствии с портфелем заказов и возможностями ресурсного обеспечения.

Из содержания рисунка 37 видно, что организация процессов на АО «МХК «ЕвроХим» является типовой для абсолютного большинства крупных промышленных предприятий, в которых производственные процессы определяются организационно-экономической и технологической спецификой, а также взаимодействием линейных и функциональных звеньев. В то же время выбор оптимальной организационно-экономической модели цифровой трансформации в целях непрерывного совершенствования на основе обновления информационной базы является ключевым фактором эффективности в современных условиях.

Отсюда следует, что повышение эффективности предприятия возможно в значительной степени за счет перехода к организации процессов цифровой, ориентированной на повышение производительности труда и снижение издержек, чем за счет трансформации организационной и технологической структуры производства и сбыта товарной продукции.

Процесс организации процесса цифровой трансформации, как и любой процесс в современном мире, характеризуется достоинствами и недостатками. Так, к достоинствам организации процессов цифровой трансформации можно отнести следующие:

- переход системы управления промышленным предприятием на качественно новый уровень развития за счет появления возможности осуществлять сбор необходимой информации в режиме онлайн по любому запросу со всех структурных подразделений, линейных и функциональных звеньев предприятия, повышения эффективности управления производственной деятельностью основных и вспомогательных подразделений, а также других структурных звеньев и служб;
- единый корпоративный подход к обработке данных о внешней среде и деятельности предприятия, что повышает уровень организационной культуры и

понимания процессов всеми сотрудниками, а также значительно упрощает коммуникации между подразделениями и оптимизирует бизнес-процессы;

- построение интегрированной базы данных позволяет четко определить и разграничить права доступа к корпоративной информационной системе;

- снижаются расходы на сопровождение различных видов программных средств за счет сокращения их количества и оптимизации коммуникаций между программами;

- увеличивается скорость процесса принятия и реализации управленческих решений, повышается управляемость промышленного предприятия.

Наряду с достоинствами, можно выделить недостатки процесса цифровой трансформации:

- сложный и дорогостоящий процесс разработки и внедрения интегрированной информационной системы ввиду перестройки информационных связей предприятия, возможных сбоев в работе системы, что негативно влияет на функционирование линейных и функциональных звеньев;

- необходимость использования сложных систем защиты информации, так как интегрированная система содержит информацию обо всей деятельности промышленного предприятия и его структурных подразделений (снабжение, производство и сбыт продукции);

- обслуживание интегрированной системы является сложным процессом и требует привлечения высококвалифицированных специалистов;

- внедрение интегрированной системы требует перестройки и реинжиниринга ряда бизнес-процессов, а также деятельности информационной службы, с соответствующими затратами;

- совершенствование процессов цифровой трансформации предполагает разработку новых инструментов контроля за процессами внедрения современной информационной системы.

Таким образом, АО «МХК «ЕвроХим» определим как объект апробации авторского инструментария на уровне предприятия.

Второй этап апробации авторского инструментария представляет собой процедуру проведения балльной оценки каждого параметра (показателя), на основе которой определяются суммарные значения по соответствующему бизнес-процессу. Балльная оценка производится экспертным путем при использовании трехзначной шкалы: 0 баллов присваивается при отсутствии фактического значения по критерию; 0,5 балла – при разработке и развитии данной позиции на промышленном предприятии; 1 балл – при актуальном и востребованном функционировании данной позиции.

Для оценки привлекались 50 экспертов, отобранных из числа руководителей и специалистов АО «МХК «ЕвроХим», обладающих необходимыми компетенциями относительно объекта исследования (таблица 24).

Таблица 24 – Итоговый список экспертов, принявших участие в оценке информационной системы предприятия АО «МХК «ЕвроХим»¹

Участники анкетирования	Количество участников, чел.
Директора	5
Начальники отделов, участков, лабораторий, цехов	16
Заместители начальников отделов, участков, лабораторий, цехов	13
Специалисты и технические работники отдела информационных технологий и финансово-экономических служб	16
<i>Итого</i>	50

Опрос экспертов осуществлялся путем анкетирования. Расчет суммарного балла экспертных оценок приведен в приложении Л. На основе средних суммарных баллов экспертных оценок рассчитаны итоговые баллы по каждому показателю (критерию) и бизнес-процессу. Учитывая, что в соответствии с разработанным классификатором в каждом бизнес-процессе по четыре показателя, разброс суммарных итоговых показателей лежит в промежутке от 0 до 4. Чем ближе к 4 суммарный итоговый показатель, тем выше уровень развития той или иной подсистемы.

¹ Составлено автором по результатам апробации.

На основе результатов анкетирования определяются суммарные значения показателей по критериям и бизнес-процессам (таблицы 25 и 26).

Таблица 25 – Расчет итоговых показателей по критериям¹

Наименование показателя	Суммарный балл экспертных оценок	Итоговый балл по показателю $A = \Sigma a/n^*$	Суммарный итоговый балл по критерию
Наличие интегрированности цифровой трансформации	50	1,0	
Наличие базы моделей, БД, системы управления БД	50	1,0	
Наличие необходимого программного продукта для отельных бизнес-процессов	34,5	0,69	3,66
Наличие документов, регламентирующих функционирование и развитие цифровой трансформации	48,4	0,97	
Достаточность уровня информатизации основных подразделений	37,5	0,75	
Достаточность конфигурации БД и баз моделей	33,5	0,67	
Достаточность программных средств для решения практических задач	38,2	0,76	2,9
Достаточность функционала управления процессами цифровой трансформации	36,1	0,72	
Доступность процессов цифровой трансформации для пользователей отдельных подразделений	35,2	0,7	
Доступность информационных ресурсов для автоматизированной обработки	32,4	0,65	
Доступность информационных коммуникаций между основными подразделениями	35,3	0,71	2,79
Доступность системы электронного документооборота для основных подразделений	36,7	0,73	
Востребованность предоставляемой отдельными подразделениями информации	27,7	0,55	
Востребованность отчетов по запросам потребителей отдельных подразделений	24,6	0,49	1,92
Востребованность квалифицированными пользователями основных подразделений	36,1	0,72	
Востребованность корпоративного портала	8,1	0,16	

Примечание – A – итоговый балл по критерию; a – суммарный балл по показателю; n – количество экспертов.

¹ Рассчитано автором.

Таблица 26 – Расчет итоговых показателей по бизнес-процессам¹

Наименование показателя	Суммарный балл экспертных оценок	Итоговый балл по показателю $A = \Sigma a/n$	Суммарный итоговый балл по подсистеме
Внешние бизнес-процессы			
Наличие интегрированной системы	50,0	1,00	
Достаточность уровня информатизации хозяйственной деятельности	34,4	0,69	
Доступность процессов цифровой трансформации для пользователей	36,2	0,72	2,99
Востребованность предоставляемой отдельными подразделениями информации	29,1	0,58	
Внутренние бизнес-процессы			
Наличие базы моделей, БД системы управления	50,0	1,00	
Достаточность конфигурации БД и баз моделей	37,4	0,75	
Доступность информационных ресурсов для автоматизированной обработки	38,1	0,76	3,10
Востребованность отчетов по запросам потребителей	29,3	0,59	
Внутриструктурные бизнес-процессы			
Наличие необходимого программного продукта для отдельных бизнес-процессов	33,4	0,67	
Достаточность программных средств для решения практических задач	39,0	0,78	
Доступность информационных коммуникаций между подразделениями	32,0	0,64	2,82
Востребованность квалифицированными пользователями	36,5	0,73	
Бизнес-процессы сопровождения конкретной организационной структуры			
Наличие документов, регламентирующих функционирование и развитие цифровой трансформации	47,2	0,94	
Достаточность функционала управления процессами цифровой трансформации	37,0	0,74	2,71
Доступность систем электронного документооборота	38,0	0,76	
Востребованность корпоративного портала	13,5	0,27	

На третьем этапе по обозначенным критериям НДСДПВ и бизнес-процессам на основе полученных расчетов строим классификатор оценки цифровой трансформации АО «МХК «ЕвроХим» (таблица 27).

¹ Рассчитано автором.

Таблица 27 – Классификатор оценки цифровой трансформации АО «МХК «ЕвроХим»¹

Бизнес-процесс		Критерий							
1. Т	2,99	1. Н	3,66	2. Дс	2,9	3. Дп	2,79	4. В	1,92
2. СЛ	3,10	1.1	1,00	1.2	0,75	1.3	0,70	1.4	0,55
3. П	2,82	2.1	1,00	2.2	0,67	2.3	0,65	2.4	0,49
4. ОМ	2,71	3.1	0,69	3.2	0,76	3.3	0,71	3.4	0,72
		4.1	0,97	4.2	0,72	4.3	0,73	4.4	0,16

Классификатор оценки позволил построить диаграмму цифровой трансформации АО «МХК «ЕвроХим» (рисунок 38).

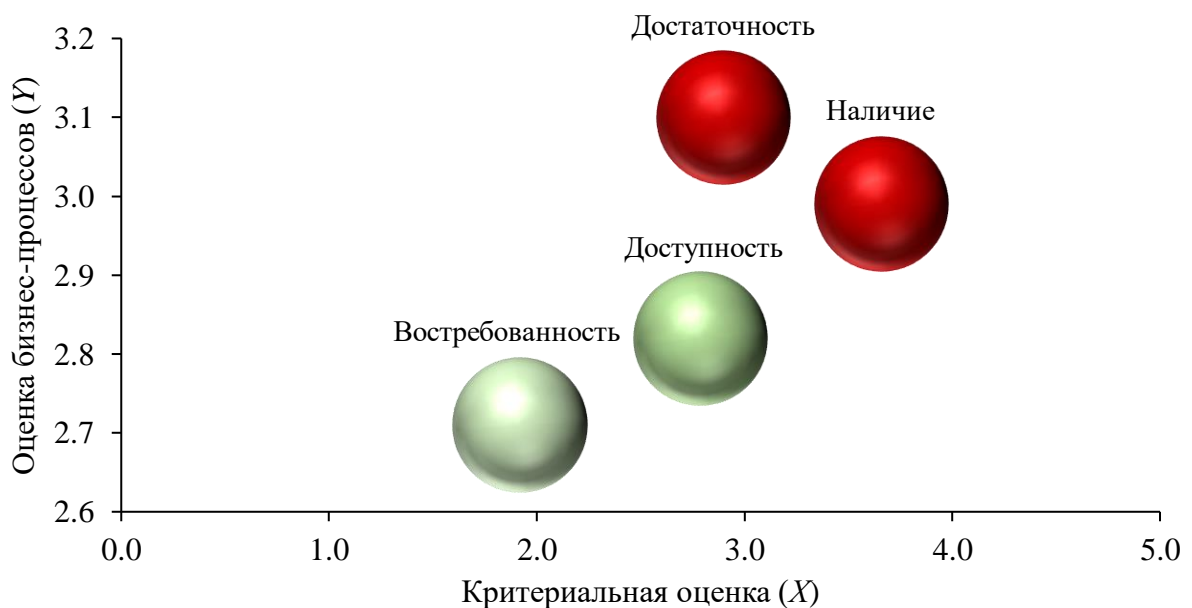


Рисунок 38 – Диаграмма цифровой трансформации АО «МХК «ЕвроХим»²

Диаграмма показала, что процессы цифровой трансформации АО «МХК «ЕвроХим»:

- по критерию В находится в зачаточном состоянии;
- по критерию Дп – в стадии проектирования и развития;
- по критериям Н и Дс – в стадии активного функционирования и максимального использования ресурсных возможностей.

¹ Составлено автором.

² Рассчитано автором.

В целом необходимо констатировать несбалансированность цифровой трансформации относительно бизнес-процессов предприятия. Под сбалансированностью мы понимаем минимальный разброс показателей цифровой трансформации бизнес-процессов (в пределах 0,2–0,5 относительно осей координат).

На основе полученных результатов нами предлагается рассчитать интегральный коэффициент цифровой трансформации по критериям НДСДпВ ($k_{\text{цт}}$).

Кривая системности имеет вид $f(x)$:

$$y = 0,174x + 2,4146. \quad (10)$$

Произведем вычисление интеграла по закону Ньютона – Лейбница, согласно которому результат равен разности первообразной функции от граничных значений интервала.

$$\begin{aligned} k_{\text{цт}} &= \left(\int_{1,92}^{3,66} (0,174x + 2,4146) dx + \int_{2,71}^{3,1} \frac{(0,174x + 2,4146) dx}{8} \right) = \\ &= \frac{5,0461 + 1,1388}{8} = 0,77. \end{aligned} \quad (11)$$

Таким образом, интегральный коэффициент цифровой трансформации АО «МХК «ЕвроХим» равен 0,77. Резерв задействования ресурсов составляет $(1 - 0,77) = 0,23$.

На **четвертом этапе** апробации инструментария построим нейросетевую модель, которая способна оптимизировать процессы цифровой трансформации на промышленном предприятии.

Проведенные процедуры позволили оценить уровень цифровой трансформации промышленного предприятия, потенциал повышения которого может привести к определенному экономическому эффекту с позиции определения

приоритетных направлений как цифровой трансформации, так и хозяйственной деятельности предприятия в целом.

На **пятом этапе** разработаем нейросетевую модель, способную усовершенствовать конфигурацию цифровых решений на предприятии. Целью создания модели является прогнозирование процессов цифровой трансформации предприятия. Процессы цифровизации предприятий имеют сильную зависимость от наличия информационных ресурсов. Их недостаточность может привести к рискам, связанным с замедлением основных процессов функционирования предприятия.

Проведем анализ датасета (приложение М), где расположены статистические данные АО «МХК «ЕвроХим». Этот датасет представляет собой данные, накопленные за три месяца, где у нас есть 492 замера из 284 807 показателей. Набор данных сильно несбалансирован, на класс «Процессы цифровой трансформации» приходится 0,172 % всех замеров. В результате графически отразим совокупность операций, которые отражают процессы цифровой трансформации на АО «МХК «ЕвроХим» (рисунок 39).

Из графика можно отметить, что существует много операций, которые не связаны с ключевыми бизнес-процессами (отмечены красным), что требует совершенствования.

В целях совершенствования и повышения системности процессов цифровой трансформации, смоделируем с помощью нейросети, создадим обучающий набор данных, используя полученные скрытые представления, и визуализируем операции (рисунок 40).

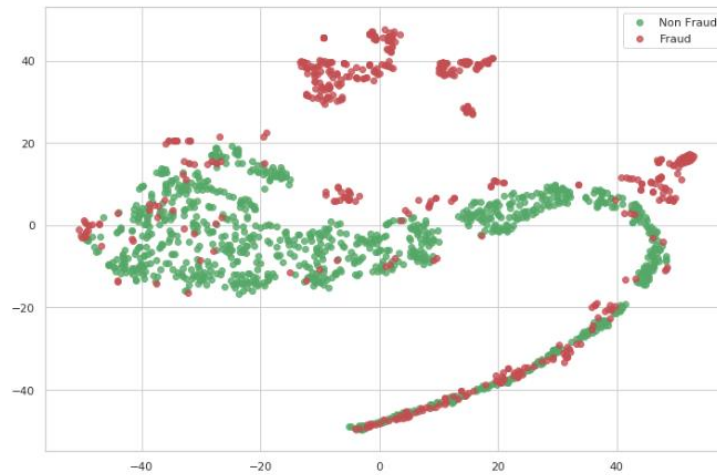


Рисунок 39 – Уровень системности процессов цифровой трансформации и охват бизнес-процессов на АО «МХК «ЕвроХим»¹

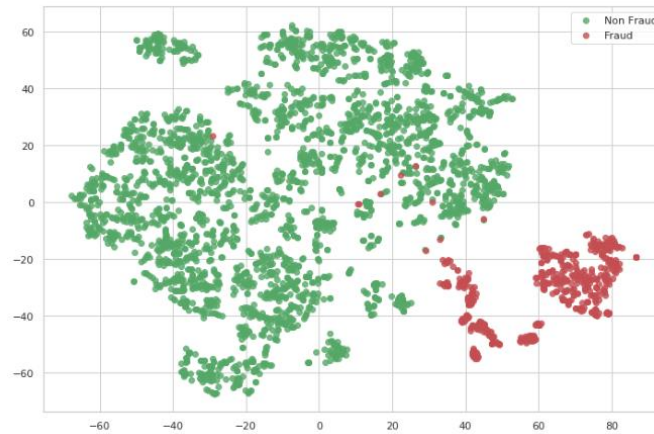


Рисунок 40 – Уровень системности процессов цифровой трансформации и охват бизнес-процессов на основе применения нейросетевой модели на АО «МХК «ЕвроХим»

Таким образом, нейросеть определяет наиболее приемлемую конфигурацию цифровых решений на промышленном предприятии.

К преимуществам предложенной модели можно отнести:

- нейросетевой анализ не предполагает никаких ограничений на характер входной информации;
- возможность находить оптимальные конфигурации цифровых решений и строить по ним оптимальную стратегию предсказания изменений критериев. При

¹ Рисунки 39 и 40 составлены автором.

этом данные стратегии могут быть адаптивны, меняясь вместе с изменениями отраслевых приоритетов;

– нейросетевая модель базируется только на данных об операциях на предприятии, используемый набор данных содержит количественные показатели по критериям НДСДпВ (наличие, достаточность, доступность, востребованность). Эти критерии оцениваются как по данным, полученным от сотрудников предприятия путем экспертных оценок и анкетирования (доступность), так и по данным из экономического и планового отделов (наличие, достаточность, доступность, востребованность);

– в процессе обучения нейросеть сравнивает ряды данных, полученных от экспертов, с рядами, полученными в результате нормативных расчетов, и демонстрирует критически важные отклонения от нормы.

Более детально рассмотрим потенциальные экономические эффекты цифровой трансформации укрупненных бизнес-процессов АО «МХК «ЕвроХим», которые можно получить в долгосрочной перспективе при внедрении соответствующего механизма¹ (рисунок 41).

Реализация отмеченных на рисунке 41 направлений цифровой трансформации, ориентированных на повышение качества управления хозяйственной деятельностью АО «МХК «ЕвроХим» и производством товарной продукции, позволяет посредством оперативного мониторинга многономенклатурного производства с показным учетом затрат и их детализацией по плановым заданиям, объединения производственного оборудования и станочного парка в единую сеть с помощью аппаратных средств через терминалы ввода-вывода, настройки системы оповещения о простоях и нештатных ситуациях, внедрения модуля «Контроль производства» и интеграции с системой управления производством АСУДП получить существенные экономические эффекты при условии принятия соответствующих управленческих решений.

¹ Данные эффекты установлены экспертным путем в процессе апробации на ряде предприятий. Цифры конкретизированы относительно АО «МХК «ЕвроХим» по согласованию с руководством предприятия.



Рисунок 41 – Потенциальные экономические эффекты цифровой трансформации в разрезе ключевых бизнес-процессов АО «МХК «ЕвроХим»¹

Апробация авторского методического инструментария оценки процессов цифровизации отраслей и предприятий промышленности показала:

- в основе расчета агрегированных показателей лежат две группы данных: статистические и дискретные бинарные оценки, что в совокупности позволило установить соответствие цифровых приоритетов промышленного предприятия отраслевым приоритетам;

- нормализация показателей производилась исходя из представления о максимальном соответствии сложившегося уровня цифрового развития предприятия глобальным тенденциям перехода к Индустрии 4.0;

- методика отражает взаимосвязь цифровых приоритетов предприятия и отрасли в контексте достигнутого уровня реализации технологических решений;

- предусматривает двухуровневый анализ: диагностика цифровых приоритетов промышленных предприятий и отраслей;

¹ Составлено автором.

- позволяет системно проанализировать востребованность цифровых решений предприятиями промышленности;
- позволяет оценить и спрогнозировать системность процессов цифровой трансформации на промышленном предприятии.

3.3 Механизм выработки стратегии цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности

С активизацией процессов цифровизации отраслей и предприятий промышленности на современном этапе связаны не только целый ряд ожиданий экономического роста, приобретения конкурентных преимуществ, но и риски, связанные с сокращением рабочих мест, межотраслевой дифференциацией и пр. Органы власти РФ на всех уровнях принимают стратегии и планы действий, нацеленные на адаптацию к новым технологическим условиям в форме разработки и внедрения технологий искусственного интеллекта, обработки больших данных, распределенного реестра или интернета вещей и пр. В таком контексте возникает задача разработки информационно-аналитического обеспечения управления процессами цифровизации отраслей и предприятий, а также внедрения необходимых для этого инструментов. Исходя из результатов апробации предложенного методического инструментария оценки процессов цифровизации предприятий и отраслей промышленности, представляется целесообразным предложить механизм выработки стратегии цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности и алгоритм ее внедрения в отраслевых ведомствах федерального и регионального уровней (рисунок 42).

Представленный механизм отражает процедуру оценки цифровой трансформации процессов и устанавливает, насколько последовательно предприятия промышленности трансформируют бизнес-процессы с целью

достижения стратегических целей. Совокупность деятельности ряда предприятий обеспечивают цифровые изменения в соответствующих отраслях промышленности.



Рисунок 42 – Механизм выработки стратегии цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности¹

¹ Предложено автором.

Реализация процедуры оценки процессов цифровой трансформации позволяет на этой основе: системно обновлять информацию и данные, относящиеся к процессу цифровой трансформации в сравнении с эталонным; получить комплексное представление о сильных и слабых технологических решениях, используемых на предприятии, характеризующих отрасль; сформировать представление о стратегиях цифровой трансформации в направлении ускорения перехода к Индустрии 4.0.

Предложенный методический инструментарий оценки процессов цифровой трансформации и авторский механизм могут применяться для анализа взаимосвязи с ключевыми глобальными тенденциями в сфере цифровизации.

Оценка процессов цифровизации может проводиться с целью сравнения результатов оценки между разными промышленными предприятиями, что позволяет определить максимально эффективную стратегию цифровой трансформации предприятия, соответствующую стратегическим приоритетам отрасли.

Концептуальные компоненты процесса цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности, образующие авторские методические разработки, позволяют говорить о ряде потенциальных эффектов, охватывающих ключевые бизнес-процессы¹. Глобальные тренды, формирующие единое цифровое пространство, определяют необходимость интеграции различных технологических решений, показали несоответствие действующих инструментов (систем управления инженерными данными (PDM), автоматизированных систем управления предприятием (ERP)) условиям перехода к Индустрии 4.0. На рынке цифровых технологий представлено множество конфигураций подобных систем, разработанных различными компаниями и предназначенных для разных типов производственных предприятий, с множеством вариантов по их адаптации и интеграции. В настоящее время сформированы базовые методики внедрения

¹ Бочкарев А. М. Определение эффективности системы информационного обеспечения предприятия // Агротехнологии XXI века: материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Пермь, 9–11 ноября 2016 г.). Пермь: Прокрость, 2016. С. 289–295.

данных систем, однако их всегда необходимо адаптировать под специфику и особенности конкретного промышленного предприятия.

Если внедряемые конфигурации цифровых процессов не подгоняются под состав и структуру цифрового пространства промышленного предприятия, то в результате увеличивается вероятность сбоев и различных проблем, связанных с противоречием между идеологией внедряемой конфигурации и особенностями деятельности¹. Данные сложности вызваны отсутствием возможности создания цифровой среды, полностью отражающей сведения о предметной области.

Опытные специалисты по внедрению технологических решений способны решить представленную задачу, так как их профессиональные компетенции позволяют дать адекватную оценку возможности использования существующей конфигурации или необходимости разработки новой². Данный подход может быть использован при внедрении одной системы; при объединении различных систем его использование осложнено.

При высокой скорости изменений внешней и внутренней среды стоит актуальный вопрос совершенствования бизнес-процессов для быстрого реагирования и адаптации к текущим условиям, в результате чего необходимо проводить совершенствование на периодической основе. Так, например, цифровизация производственных процессов состоит в том, что одним из приоритетных вопросов является создание набора технологической и конструкторской документации³. На основе технической документации осуществляют деятельность производственные службы предприятия. Формализация процессов и поддерживающих их ресурсов в производстве

¹ Бочкарев А. М. Развитие системы информационного обеспечения с учетом цифровизации производственно-хозяйственной деятельности промышленных предприятий в условиях современной цифровой экономики // Промышленность: новые экономические реалии и перспективы развития: сб. ст. II Всерос. науч.-практ. конф. (с междунар. участием) (Оренбург, 24 мая 2019 г.): в 2 ч. Оренбург: Экспресс-печать, 2019. Ч. 2. С. 168–173.

² Бочкарев А. М. Организация системы информационного обеспечения управления промышленным предприятием // ВУЗ. XXI век. 2016. № 1(50). С. 184–192.

³ Бочкарев А. М. Развитие информационных технологий в управлении производственной деятельностью предприятия // Инновации в управлении региональным и отраслевым развитием: материалы Всерос. с междунар. участием науч.-практ. конф. (Тюмень, 11 ноября 2016 г.). Тюмень: ТИУ, 2017. С. 63–67.

конкретного изделия определяет необходимость классификации, идентификации и кодирования всех ресурсов, процессов, объектов, а также оптимизации управления ими на основе современных цифровых технологий.

Идеальным является вариант, который предусматривает цифровизацию предприятия в целом, с поэтапным проектированием и внедрением информационных систем. При таком подходе вопросы интеграции удастся решить на начальном этапе, путем создания единой базы данных. Однако в большинстве случаев реализовать такой подход не представляется возможным. Во-первых, цифровая трансформация предприятия «с нуля» сейчас довольно редкое явление, а отказываться от имеющихся разработок чаще всего нецелесообразно, поскольку они, как правило, достаточно хорошо внедрены и отлажены. Во-вторых, подобного рода цифровые решения в случае крупного предприятия являются дорогостоящей, трудоемкой и длительной процедурой, требующей привлечения большого количества специалистов и отличающаяся невозможностью применять «коробочные решения»¹. Поэтому на данный момент наиболее часто используют схему цифровизации, основанную на интеграции имеющихся технологических решений.

В соответствии со Стратегией научно-технологического развития РФ считаем, что процесс комплексного и сбалансированного развития можно рассматривать как систему стратегических ориентиров (рисунок 43).

Обеспечение цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности напрямую зависит от эффективности разработки и принятия управленческих решений, обеспечивающих внедрение, диагностику, мониторинг и корректировку траектории данного процесса.

Актуальные тенденции и перспективы цифрового развития отраслей и предприятий промышленности определяются тем, что внедрение технологий на

¹ Бочкарев А. М. Совершенствование функционирования информационного обеспечения производства с учетом цифровизации промышленных предприятий в современных условиях // Цифровая трансформация промышленности: тенденции, управление, стратегии: материалы I Междунар. науч.-практ. конф. (Екатеринбург, 11 октября 2019 г.). Екатеринбург: Институт экономики Уральского отделения РАН, 2019. С. 67–77.

отраслевом и межотраслевом уровнях во многом инициируется органами власти, что сопровождается усложнением экономических процессов и приобретает значение единой промышленной политики.



Рисунок 43 – Стратегические ориентиры цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности¹

Таким образом, в процессе цифровой трансформации отраслей промышленности возникает необходимость выстраивания стратегий, способных стать основой для регулирования технологического развития отрасли. Это означает, что эффективное отраслевое управление основывается на системе мер по

¹ Составлено автором.

улучшению взаимодействия с предприятиями и обеспечению цифровой инфраструктуры.

В условиях существования широкого спектра отраслей и существенной дифференциации предприятий возникает необходимость выстраивания стратегических приоритетов в соответствии с общенациональными установками и рамочными границами, заданными федеральным уровнем, что требует синхронизации действий в выработке траекторий цифровизации в различных направлениях.

В сложившихся условиях выстраивание эффективных алгоритмов и стратегий промышленного развития приобретает высокую значимость в обеспечении целенаправленного развития отраслей.

Следование определенной стратегии в диссертационной работе рассматривается как поступательный процесс цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности, поэтому обоснование и выбор оптимальной стратегии – ключевая управленческая задача.

На теоретико-методическом базисе данной работы, с опорой на авторский методический подход, учитывая стратегические ориентиры, заложенные на федеральном уровне управления, состав и уровень развития отраслей и промышленных предприятий, предлагаем следующий алгоритм реализации стратегических ориентиров как аналитический инструмент приоритезации системы стратегического планирования процессов цифровизации. Авторское видение алгоритмизации процесса реализации стратегических ориентиров представлено на рисунке 44.

Алгоритм реализации стратегических ориентиров в процессе цифровизации отраслей и предприятий промышленности рассмотрен как двухуровневый процесс, предполагающий согласованную деятельность федеральных отраслевых ведомств, отраслевых объединений и промышленных предприятий, которая посредством применения совокупности предложенных методологических конструкций направленно воздействует на реализацию процессы цифровой трансформации, внедрение платформ и передовых технологий, развитие взаимодействия с

ведущими предприятиями отраслей промышленности, стратегического планирования и прогнозирования цифровизации.

С учетом этого можно говорить о преимуществах авторского алгоритма реализации стратегических ориентиров в процессе цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности: получение рациональных вариантов реализации стратегических ориентиров на основе методических инструментов; комплексный характер вырабатываемых решений; оперативность; обработка больших объемов данных и возможность регулирования их наполнения.



Рисунок 44 – Алгоритм процесса реализации стратегических ориентиров в процессе цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности¹

¹ Составлено автором.

Внедрение методического подхода, предложенного в рамках данного исследования, предполагает совокупность этапов, реализация которых призвана обеспечить баланс между возможностями отдельной отрасли промышленности и преимуществами конкретного промышленного предприятия.

Основные направления предлагаемого подхода обеспечивают возможность комплексной оценки и разработку стратегии, позволяющей предприятию наиболее эффективно адаптироваться к цифровым условиям.

Таким образом, процесс цифровой трансформации в зависимости от отрасли промышленности идет различными темпами. Эффективность реализации конкретных управленческих решений, имеющих алгоритмизированный характер, будет выше и результативнее, если они будут включать показатели, основанные на использовании больших данных, имеющих кросс-отраслевую направленность.

Залогом эффективности цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности выступает перманентное повышение уровня и качества развития отраслей промышленности, соответствующего определенной стратегии цифровой трансформации.

Таким образом, в рамках данного раздела работы предложен и апробирован методический инструментарий оценки процессов цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности, который показал низкое соответствие стратегических приоритетов предприятий отраслевым, несформированность приоритетов в области цифровизации у промышленных предприятий, отсутствие системности в отраслевой цифровой трансформации, что означает реализацию проектов и технологических решений в экспериментальном режиме.

Кроме того, произведено позиционирование промышленных предприятий на матрице цифровой трансформации, которое показало потенциально востребованные направления цифровой трансформации в разрезе отраслей, которые обладают наибольшей значимостью для предприятия; ограничения в процессе цифровой трансформации как предприятий, так и отраслей, так как промышленное предприятие выступает частью единого цифрового пространства.

Сделан вывод о необходимости ускорения цифровой трансформации отраслей промышленности в форме проектной помощи предприятиям в направлении устранения пробелов в процессе внедрения цифровых технологий; создания системы гибкого мониторинга результатов цифровизации, основанного на взаимодействии предприятий; выработки методики и механизмов разработки и реализации стратегии внедрения цифровых технологий как в отраслях, так и на отдельных промышленных предприятиях; создания на национальном уровне единой долгосрочной стратегии цифровизации промышленности с применением технологий Индустрии 4.0; создания и развития инфраструктуры цифрового взаимодействия всех субъектов промышленного производства на межотраслевом уровне.

В данном разделе предложены укрупненные стратегии цифровой трансформации промышленных предприятий, коррелирующие со стратегическими приоритетами отраслевого развития промышленности РФ: точечная, приоритизации, системная, экосистемная.

Предложен механизм выработки стратегии цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности, позволяющий вырабатывать рациональные варианты реализации стратегических ориентиров на основе авторских методических инструментов.

Заключение

В условиях цифровой трансформации отраслей промышленности происходит переориентация предприятий на выпуск конкурентоспособной продукции, адаптация к новым технологическим условиям, что должно основываться на системной выработке и реализации стратегических приоритетов. В подобных реалиях повышается значение интенсификации производственных процессов, основанной на реализации интеллектуального потенциала, развитии информатизации и автоматизации.

В диссертационном исследовании ключевой позицией являлась разработка методического инструментария оценки процессов цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности.

Согласно рассмотренным в работе теоретическим положениям:

– обобщены положения теории технологического развития, концепции промышленных революций и теории индустриального развития, что позволило систематизировать теоретические аспекты цифровой трансформации промышленных отраслей и предприятий, а также предложить классификацию процессов цифровой трансформации на отраслевом уровне и на уровне отдельного предприятия;

– установлено, что в условиях глобальных технологических условий формируются новые приоритеты в развитии отраслей промышленности, предопределяющие стадии индустриальной зрелости, архитектуру бизнес-процессов, возможности эффективного перехода к новому этапу технологической эволюции и адаптации к вызовам тотальной цифровизации;

– сделан вывод, что в процессе перераспределения функций в системе международного разделения труда между человеком и машиной возникают технологии искусственного интеллекта, робототехники, интернета вещей, аддитивного производства, больших данных и пр., приводящие к повышению

производительности труда в отраслях промышленности, формированию новых бизнес-моделей и пр.;

– доказан тезис о том, что в условиях инновационного насыщения отраслей промышленности происходит интеграция информационно-коммуникационных, цифровых технологий в отрасли реального сектора экономики и формирование комплекса высокотехнологичных отраслей промышленности очередного этапа цифровой трансформации.

Совокупность данных выводов потребовала диагностики ключевых приоритетов в цифровом развитии отраслей промышленности, выявления тенденций цифровой трансформации отраслей промышленности.

Методические разработки автора позволили сделать ряд выводов:

– в научном сообществе не сложилось единой общепринятой методики оценки процессов цифровой трансформации промышленных отраслей и предприятий;

– цифровая трансформация отдельного промышленного предприятия происходит под воздействием отраслевых факторов;

– приоритеты цифровой трансформации отраслей промышленности определяют стратегию цифровизации отдельного предприятия;

– выявлены приоритеты цифровой трансформации отраслей промышленности;

– разработан методический инструментарий оценки процессов цифровой трансформации промышленности, основанный на применении синтеза экосистемного, технологического, отраслевого и процессного методических подходов, учитывающих приоритеты цифровой трансформации отраслей промышленности.

– проведена оценка процессов цифровой трансформации промышленного предприятия во взаимосвязи с отраслевыми приоритетами;

– дана оценка цифровой трансформации в совокупности процессов динамики промышленных и технологических показателей, определяющих качественные характеристики развития отрасли и предприятия;

– выявлены тенденции существенного отставания от промышленных предприятий и организаций стран – лидеров по уровню цифровой трансформации; распространения и применения в отдельных отраслях в первую очередь программного продукта, используемого в целях повышения эффективности корпоративного управления и материально-технического снабжения; не в полной мере задействованного потенциала программных и технических средств для проектирования и управления автоматизированным производством и технологическими процессами;

– раскрыто содержание передовых инструментов внутрифирменного и стратегического планирования на промышленном предприятии, соответствующих условиям перехода к Индустрии 4.0, факторам цифровой трансформации, к которым отнесен инструментарий Big Data, нейросетевого моделирования.

В результате апробации авторского методического инструментария оценки процессов цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности:

– определены текущие позиции промышленных предприятий на матрице цифровой трансформации, потенциально востребованные направления цифровой трансформации в разрезе отраслей, обладающие наибольшей значимостью для предприятия и отрасли;

– показана необходимость ускорения цифровой трансформации отраслей промышленности;

– предложены наиболее эффективные стратегии цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности, коррелирующие со стратегическими приоритетами отраслевого развития промышленности РФ: точечная, приоритизации, системная, экосистемная;

– установлено, что следование определенной стратегии – это поступательный процесс цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности и ключевая управленческая задача при выстраивании стратегии цифровизации промышленности РФ;

– предложен алгоритм реализации стратегических ориентиров в процессе цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности,

позволяющий выработать рациональные варианты реализации стратегических ориентиров на основе авторских методических инструментов.

Таким образом, все поставленные в диссертационном исследовании задачи последовательно решены, цель работы достигнута.

Список литературы

1. Абдикеев, Н. М. Оценка готовности российских промышленных предприятий к цифровой интеграции в новых экономических условиях / Н. М. Абдикеев, О. В. Кожевина // Мир новой экономики. – 2022. – Т. 16, № 4. – С. 45-53. – DOI 10.26794/2220-6469-2022-16-4-45-53. – EDN IBYDRQ.

2. Авдеева, И. Л. Развитие цифровых технологий в экономике и управлении: российский и зарубежный опыт / И. Л. Авдеева, Т. А. Головина, Л. В. Парахина // Вопросы управления. – 2017. – № 6 (49). – С. 50–56. – EDN YWRLMT.

3. Аверьянов, А. Н. Системное познание мира: методол. пробл. / А. Н. Аверьянов. – Москва : Политиздат, 1985. – 263 с.

4. Акбердина, В. В. Кросс-индустриальная трансформация: структурные изменения и инновационное развитие / В. В. Акбердина, О. П. Смирнова // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2021. – Т. 17, № 7 (400). – С. 1238–1260. – DOI 10.24891/ni.17.7.1238. – EDN XPAFAG.

5. Акбердина, В. В. Методологические аспекты цифровой трансформации промышленности / В. В. Акбердина, С. Г. Пьянкова // Научные труды Вольного экономического общества России. – 2021. – Т. 227, № 1. – С. 292–313. – DOI 10.38197/2072-2060-2021-227-1-292-313. – EDN WCJPRL.

6. Акбердина, В. В. Механизмы государственного управления в сфере научно-технологического развития / В. В. Акбердина, Г. Б. Коровин, Е. И. Дзюба // Вопросы государственного и муниципального управления. – 2020. – № 4. – С. 111–140. – EDN JGEGBL.

7. Акбердина, В. В. Сетевые сопряженные производства в контексте четвертой промышленной революции / В. В. Акбердина, О. П. Смирнова // Журнал экономической теории. – 2017. – № 4. – С. 116–125. – EDN ZVMKXN.

8. Акбердина, В. В. Трансформация промышленного комплекса России в условиях цифровизации экономики / В. В. Акбердина // Известия Уральского

государственного экономического университета. – 2018. – Т. 19, № 3. – С. 82–99. – DOI 10.29141/2073-1019-2018-19-3-8. – EDN XUEHAD.

9. Акбердина, В. В. Цифровая трансформация промышленного комплекса России / В. В. Акбердина // Форсайт «Россия»: новое индустриальное общество. Будущее : сб. докл. Санкт-Петербургского международного экономического конгресса (СПЭК-2018) (Санкт-Петербург, 1–30 апреля 2018 г.). – Санкт-Петербург : Институт нового индустриального развития им. С. Ю. Витте, 2019. – Т. 2. – С. 11–24. – EDN IZUYZY.

10. Александров, А. А. Единая методология анализа риска чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера / А. А. Александров, В. И. Ларионов, С. П. Сущев // Вестник Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана. Серия Естественные науки. – 2015. – № 1 (58). – С. 113–132. – EDN TINHCV.

11. Алчиан, А. Значение измерения полезности / А. Алчиан // Вехи экономической мысли: хрестоматия: в 6 т. / под ред. В. М. Гальперина. – Санкт-Петербург : Экономическая школа, 2000. – Т. 1: Теория потребительского поведения и спроса. – С. 337–369.

12. Амоша, А. И. Индустрия 4.0: направления привлечения инвестиций с учетом интересов отечественных производителей / А. И. Амоша, В. П. Вишневский, В. И. Ляшенко [и др.] // Экономический вестник Донбасса. – 2019. – № 3 (57). – С. 189–216. – DOI 10.12958/1817-3772-2019-3(57)-189-216. – EDN WFACHE.

13. Ананьин, В. И. Цифровое предприятие: трансформация в новую реальность / В. И. Ананьин, К. В. Зимин, М. И. Лугачев [и др.] // Бизнес-информатика. – 2018. – № 2 (44). – С. 45–54. – EDN XSVDFZ.

14. Анимица, Е. Г. Феномен Кондратьевских волн и циклов в развитии промышленности Уральского макрорегиона / Е. Г. Анимица // Модернизационно-инновационные процессы в социально-экономическом развитии регионов и городов. Книга 1 / науч. ред. Е. Г. Анимица. – Екатеринбург : УрГЭУ, 2013. – С. 11–50.

15. Атлас экономической специализации регионов России / НИУ ВШЭ. – URL: <https://ris3.hse.ru> (дата обращения: 14.12.2022).

16. АЭМ-Технологии. – URL: <https://www.aemtech.ru/> (дата обращения: 17.12.2022).

17. Бабкин, А. В. Алгоритм оценки уровня цифровизации промышленного предприятия / А. В. Бабкин, А. Ю. Пестова // Цифровая трансформация экономики и промышленности : сб. тр. науч.-практ. конф. с зарубеж. участием (Санкт-Петербург, 20–22 июня 2019 г.). – Санкт-Петербург : СПбПУ, 2019. – С. 673–680. – DOI 10.18720/IEP/2019.3/74. – EDN HAOMJW.

18. Бабкин, А. В. Методика оценки разрывов цифровой зрелости промышленных предприятий / А. В. Бабкин, Е. В. Шкарупета, Т. А. Гилева [и др.] // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). – 2022. – Т. 13, № 3. – С. 443–458. – DOI 10.18184/2079-4665.2022.13.3.443-458.

19. Бажанова, М. И. Факторы формирования эффективной инновационной среды промышленного предприятия для Industry 4.0 / М. И. Бажанова, М. С. Кувшинов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. – 2019. – Т. 13, № 1. – С. 110–119. – DOI 10.14529/em190112. – EDN ZAETFJ.

20. Бакланов, П. Я. Интеграционные и дезинтеграционные процессы на Дальнем Востоке России / П. Я. Бакланов // Региональные исследования. – 2002. – № 1 (1). – С. 12–19. – EDN RVPSKJ.

21. Балукова, В. А. Цифровое управление знаниями в компаниях нефтегазового комплекса / В. А. Балукова, В. И. Песля, И. А. Садчиков // Современные тенденции и перспективы управления социально-экономическими системами в цифровой среде : материалы Междунар. науч.-практ. конф. памяти заслуженного деятеля науки Российской Федерации В. И. Кравцовой (Москва, 22 декабря 2021 г.). – Москва : Московский Политех, 2022. – С. 389–394. – EDN XFRFVV.

22. Батов, А. А. Информационная модель управленческого учета промышленной корпорации / А. А. Батов, Г. В. Бушмелева // Современные

проблемы экономики бизнеса и менеджмента: теория и практика : материалы Междунар. on-line-видеоконференции (Ижевск, 31 января – 1 февраля 2008 г.) : в 2 ч. – Ижевск : ИЖГТУ им. М. Т. Калашникова, 2008. – Ч. 1. – С. 36–41. – EDN SSHZOR.

23. Баурина, С. Б. Технологии будущего: умные производства в промышленности / С. Б. Баурина // Вестник Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова. – 2020. – Т. 17, № 2(110). – С. 123–132. – DOI 10.21686/2413-2829-2020-2-123-132. – EDN ZERJGR.

24. Бауэр, В. П. Стратегии адаптации компаний США к цифровизации сфер производства / В. П. Бауэр, Г. Л. Подвойский, Н. Е. Котова // Мир новой экономики. – 2018. – Т. 12, № 2. – С. 78–89. – DOI 10.26794/2220-6469-2018-12-2-78-89. – EDN OSDLXF.

25. Белл, Д. Грядущее постиндустриальное общество: опыт социального прогнозирования / Д. Белл ; пер. с англ. под ред. В. Л. Иноземцева. – Москва : Академия, 2004. – 783 с. – ISBN 5-87444-203-0.

26. Белл, Д. Эпоха разобщенности: размышления о мире XXI века / Д. Белл, В. Иноземцев. – Москва : Свободная мысль : Центр исслед. постиндустриального о-ва, 2007. – 303 с. – ISBN 978-5-90384-401-2.

27. Белоусова, Ю. Эволюция систем управления производственными процессами на предприятии / Ю. Белоусова // Логистика. – 2012. – № 3 (64). – С. 52–54. – EDN OXDMYD.

28. Беляков, С. А. Оценка научно-технологического развития регионов Сибирского федерального округа / С. А. Беляков, А. С. Шпак // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 6-2. – С. 293–297. – EDN SWOCFX.

29. Бодрунов, С. Д. Интеграция производства, науки и образования как основа реиндустриализации российской экономики / С. Д. Бодрунов // Экономическое возрождение России. – 2015. – № 1 (43). – С. 7–22. – EDN TQVORR.

30. Бодрунов, С. Д. Реиндустриализация российской экономики – возможности и ограничения / С. Д. Бодрунов // Научные труды Вольного экономического общества России. – 2014. – Т. 180. – С. 15–46. – EDN TCEKWR.

31. Бодрунов, С. Д. Реиндустриализация российской экономики: императивы, потенциал, риски / С. Д. Бодрунов, Р. С. Гринберг, Д. Е. Сорокин // Экономическое возрождение России. – 2013. – № 1 (35). – С. 19–49. – EDN QBQYTD.

32. Бодрунов, С. Д. Реиндустриализация. Круглый стол в Вольном экономическом обществе России / С. Д. Бодрунов // Мир новой экономики. – 2014. – № 1. – С. 11–26. – EDN SALIZH.

33. Бочкарев, А. М. Актуализация совершенствования систем информационного обеспечения промышленного предприятия / А. М. Бочкарев // Креативная экономика. – 2019. – Т. 13, № 6. – С. 1205–1214. – DOI 10.18334/ce.13.6.40754. – EDN ANZGTU.

34. Бочкарев, А. М. Анализ системы информационного обеспечения производственного предприятия / А. М. Бочкарев // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. – 2017. – № 9-4 (56). – С. 13–18. – EDN UMCQGL.

35. Бочкарев, А. М. Аутсорсинг информационного обеспечения производственной деятельности промышленных предприятий / А. М. Бочкарев // Финансовая экономика. – 2018. – № 7. – С. 1530–1533. – EDN YUTEOT.

36. Бочкарев, А. М. Использование методического инструментария оценки эффективности системы ИОПП на основе построенной модели / А. М. Бочкарев // Управленческий учет. – 2021. – № 7-1. – С. 30-35. – EDN EYNRRT.

37. Бочкарев, А. М. Критерии оценки системы информационного обеспечения производственной деятельности промышленных предприятий / А. М. Бочкарев // Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика. – 2019. – № 1 (27). – С. 74–79. – DOI 10.17122/2541-8904-2019-1-27-74-79. – EDN ZEKZIL.

38. Бочкарев, А. М. Модель управления системой информационного обеспечения производственной деятельности предприятия / А. М. Бочкарев // Вестник Удмуртского университета. Серия Экономика и право. – 2015. – Т. 25, № 4. – С. 35–42. – EDN UHLYAR.

39. Бочкарев, А. М. Определение эффективности системы информационного обеспечения предприятия / А. М. Бочкарев // Агротехнологии XXI века : материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Пермь, 9–11 ноября 2016 г.). – Пермь : Прокрость, 2016. – С. 289–295. – EDN XBLIZL.

40. Бочкарев, А. М. Организация системы информационного обеспечения управления промышленным предприятием / А. М. Бочкарев // ВУЗ. XXI век. – 2016. – № 1 (50). – С. 184–192.

41. Бочкарев, А. М. Основные принципы организации эффективной системы информационного обеспечения промышленного предприятия / А. М. Бочкарев // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2021. – № 7-2. – С. 125–130. – DOI 10.17513/vaael.1789. – EDN PZSZDG.

42. Бочкарев, А. М. Особенности использования цифрового контента в системах информационного обеспечения / А. М. Бочкарев // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2020. – № 3-1. – С. 19–22. – DOI 10.17513/vaael.1010. – EDN OAEXIM.

43. Бочкарев, А. М. Особенности структурного подхода к системе информационного обеспечения производственной деятельности предприятия / А. М. Бочкарев // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. – 2017. – № 11(58). – С. 570–574. – EDN XNJJET.

44. Бочкарев, А. М. Оценка влияния факторов НДДВ анализа на эффективность системы управления информационным обеспечением промышленного предприятия / А. М. Бочкарев // Форпост науки. – 2022. – № 4 (62). – С. 35–39. – DOI 10.36683/2076-5347-2022-4-62-35-39. – EDN EWZXGD.

45. Бочкарев, А. М. Оценка системы информационного обеспечения производственной деятельности предприятия / А. М. Бочкарев, А. И. Хисамова // Научное обозрение. – 2015. – № 16. – С. 465–471. – EDN VWGJFV.

46. Бочкарев, А. М. Оценка соответствия критериев эффективности и ключевых параметров подсистем управления информационным обеспечением промышленного предприятия / А. М. Бочкарев, В. И. Фрейман // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета.

Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2022. – № 41. – С. 71–89. – DOI 10.15593/2224-9397/2022.1.04. – EDN MUSAHZ.

47. Бочкарев, А. М. Повышение эффективности системы информационного обеспечения промышленного предприятия путем использования технологии блокчейн / А. М. Бочкарев // Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика. – 2019. – № 3 (29). – С. 64–69. – DOI 10.17122/2541-8904-2019-3-29-64-69. – EDN LKLMXK.

48. Бочкарев, А. М. Проблемы цифровой идентификации в современной системе информационного обеспечения / А. М. Бочкарев // Глобальный научный потенциал. – 2019. – № 7 (100). – С. 97–98. – EDN VTTJRY.

49. Бочкарев, А. М. Развитие информационных технологий в управлении производственной деятельностью предприятия / А. М. Бочкарев // Инновации в управлении региональным и отраслевым развитием : материалы Всерос. с междунар. участием науч.-практ. конф. (Тюмень, 11 ноября 2016 г.). – Тюмень : ТИУ, 2017. – С. 63–67. – EDN YNYFET.

50. Бочкарев, А. М. Развитие системы информационного обеспечения с учетом цифровизации производственно-хозяйственной деятельности промышленных предприятий в условиях современной цифровой экономики / А. М. Бочкарев // Промышленность: новые экономические реалии и перспективы развития : сб. ст. II Всерос. науч.-практ. конф. (с междунар. участием) (Оренбург, 24 мая 2019 г.) : в 2 ч. – Оренбург : Экспресс-печать, 2019. – Ч. 2. – С. 168–173. – EDN PLIWCR.

51. Бочкарев, А. М. Развитие теоретических положений и функционирования информационного обеспечения производства с учетом цифровизации финансово-хозяйственной деятельности промышленных предприятий в современных условиях / А. М. Бочкарев // Финансовая экономика. – 2018. – № 5. – С. 652–657. – EDN VSSJRA.

52. Бочкарев, А. М. Совершенствование системы информационного обеспечения для оперативного управления производством / А. М. Бочкарев //

Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2018. – № 5. – С. 62–65. – EDN YTAGPB.

53. Бочкарев, А. М. Совершенствование системы управления информационным обеспечением промышленного предприятия / А. М. Бочкарев, В. И. Фрейман // Прикладная математика и вопросы управления. – 2022. – № 1. – С. 125–150. – DOI 10.15593/2499-9873/2022.1.07. – EDN LOEVVB.

54. Бочкарев, А. М. Совершенствование функционирования информационного обеспечения производства с учетом цифровизации промышленных предприятий в современных условиях / А. М. Бочкарев // Цифровая трансформация промышленности: тенденции, управление, стратегии : материалы I Междунар. науч.-практ. конф. (Екатеринбург, 11 октября 2019 г.). – Екатеринбург : Институт экономики Уральского отделения РАН, 2019. – С. 67–77. – EDN UUXBLA.

55. Бочкарев, А. М. Структура системы информационного обеспечения производственной деятельности предприятия / А. М. Бочкарев // Вестник Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова. – 2018. – № 6 (102). – С. 121–129. – EDN YQDPSP.

56. Бочкарев, А. М. Формирование системы информационного обеспечения производственно-финансовой деятельности в структуре промышленного предприятия / А. М. Бочкарев // Финансовая экономика. – 2018. – № 4. – С. 168–170. – EDN XWPETJ.

57. Бочкарев, А. М. Эффективность использования информационных платформ разработки клиент-серверных приложений для информационных систем промышленных предприятий / А. М. Бочкарев // Финансовый бизнес. – 2021. – № 4 (214). – С. 17–19. – EDN NFPPIR.

58. Брижак, О. В. Ключевые компоненты системной социально-экономической трансформации экономики России / О. В. Брижак // Проблемы современной экономики. – 2017. – № 3 (63). – С. 35–38. – EDN ZSREJV.

59. Буркальцева, Д. Д. Точки экономического и инновационного роста: модель организации эффективного функционирования региона / Д. Д. Буркальцева

// МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). – 2017. – Т. 8, № 1(29). – С. 8–30. – DOI 10.18184/2079-4665.2017.8.1.8-30. – EDN YHGLJH.

60. Вагин, С. Г. Современные доминанты инновационно-технологического развития / С. Г. Вагин // Известия Института систем управления СГЭУ. – 2010. – № 1 (1). – С. 154–160. – EDN QСРKLF.

61. Вагин, С. Г. Эффективные инструменты управления, формирующие инновационную стратегию организации / С. Г. Вагин, А. Е. Терпугов // Вестник Самарского муниципального института управления. – 2018. – № 4. – С. 74–79. – EDN VXEPY.

62. Вальтух, К. К. Эффективность производства и инфляция / К. К. Вальтух // ЭКО. – 2009. – № 4 (418). – С. 74–92. – EDN JXZKIT.

63. Васильева, З. А. Методика оценки интегральных эффектов технологического развития региона в краткосрочном и долгосрочном периодах / З. А. Васильева, О. В. Рыжкова, Ю. В. Улас // Азимут научных исследований: экономика и управление. – 2017. – Т. 6, № 4 (21). – С. 208–211. – EDN YNDVFP.

64. Вертакова, Ю. В. Трансформация промышленности в условиях цифровизации экономики: тренды и особенности реализации / Ю. В. Вертакова, Ю. С. Положенцева, В. В. Масленникова // Экономика и управление. – 2021. – Т. 27, № 7 (189). – С. 491–503. – DOI 10.35854/1998-1627-2021-7-491-503. – EDN SXEYUW.

65. Виноградова, Е. Ю. Вопросы учета специфики предприятий высокотехнологичных отраслей при разработке информационной системы управления и планирования / Е. Ю. Виноградова, А. И. Галимова, С. Л. Андреева // Human progress. – 2022. – Т. 8, № 1. – URL: http://progress-human.com/images/2022/Том8_1/Vinogradova.pdf. – DOI 10.34709/IM.181.5.

66. Виноградова, Е. Ю. Описание процессов в моделях решения задач управления хозяйствующими субъектами / Е. Ю. Виноградова, А. И. Галимова, С. Л. Андреева // Московский экономический журнал. – 2020. – № 10. – URL: <https://qje.su/ekonomicheskaya-teoriya/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-10-2020-50/>. – DOI 10.24411/2413-046X-2020-10713. – EDN IJXXLB.

67. Виноградова, Е. Ю. Принципы разработки корпоративной информационной системы предприятий при производстве высокотехнологичной продукции / Е. Ю. Виноградова, А. И. Галимова // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 3: Экономические, гуманитарные и общественные науки. – 2019. – № 1. – С. 34–36. – EDN FFQGUW.

68. Виноградова, Е. Ю. Технология внедрения комплексной системы экономического планирования и управления хозяйствующего субъекта / Е. Ю. Виноградова, А. И. Галимова, С. Л. Андреева // Вестник НГУЭУ. – 2019. – № 4. – С. 244–255. – DOI 10.34020/2073-6495-2019-4-244-255. – EDN FBCBWT.

69. Воронцов, Н. Н. Синтетическая теория эволюции: ее источники, основные постулаты и нерешенные проблемы / Н. Н. Воронцов // Журнал всесоюзного химического общества им. Д. И. Менделеева. – 1980. – Т. 25, № 3. – С. 295–314.

70. Высокотехнологичный бизнес в регионах России: национальный доклад, вып. 3 / В. А. Барина, С. П. Земцов, В. Г. Зинов [и др.]. – Москва : Ассоциация инновационных регионов России, 2020. – 100 с. – ISBN 978-5-85006-214-9. – EDN GJIDNE.

71. Газпром нефть : официальный сайт. – URL: <https://www.gazprom-neft.ru/> (дата обращения: 18.12.2022).

72. Гайнанов, Д. А. Методологические основы развития региональной инновационной подсистемы на базе процессно-ресурсного подхода / Д. А. Гайнанов, А. Г. Атаева, А. Ю. Климентьева // Регион: Экономика и Социология. – 2022. – № 2 (114). – С. 82–106. – DOI 10.15372/REG20220204. – EDN TXQVGA.

73. Галочкин, А. Н. Современные тенденции развития обрабатывающей промышленности в условиях цифровой трансформации экономики / А. Н. Галочкин // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2022. – № 4-1. – С. 37–43. – DOI 10.17513/vaael.2133. – EDN HXVZAY.

74. Герман, О. И. Проблемы информационного обеспечения анализа эффективности развития предприятий / О. И. Герман // Вестник Алтайского

государственного аграрного университета. – 2011. – № 10 (84). – С. 94–97. – EDN OHIZBT.

75. Гершанок, Г. А. Формирование механизма выбора концепции организации производства на основе характеристики выпускаемого продукта / Г. А. Гершанок, Д. А. Петров // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Социально-экономические науки. – 2017. – № 2. – С. 152–164. – DOI 10.15593/2224-9354/2017.2.12. – EDN YTOMGJ.

76. Главатских, О. Б. Цифровая трансформация процессов повышения квалификации персонала АО «Омутнинский металлургический завод» / О. Б. Главатских, А. И. Троянская, М. И. Прасолов, Е. В. Царева // Глобальный научный потенциал. – 2021. – № 1 (118). – С. 109–111. – EDN UAIMNQ.

77. Глазьев, С. Ю. О политике опережающего развития в условиях смены технологических укладов / С. Ю. Глазьев // Вестник РАЕН. – 2013. – Т. 13, № 1. – С. 29–35. – EDN QCRDEN.

78. Глазьев, С. Ю. Современная теория длинных волн в развитии экономики / С. Ю. Глазьев // Экономическая наука современной России. – 2012. – № 2 (57). – С. 8–27.

79. Глазьев, С. Ю. Эволюция технико-экономических систем: возможности и границы централизованного регулирования / С. Ю. Глазьев, Д. С. Львов, Г. Г. Фетисов. – Москва : Наука, 1992. – 207 с. – ISBN 5-02-012035-9.

80. Глазьев, С. Ю. Экономика будущего. Есть ли у России шанс? / С. Ю. Глазьев. – Москва : Книжный мир, 2016. – 640 с. – ISBN 978-5-8041-0869-5. – EDN WGRUKE.

81. Головина, А. Н. Развитие теоретических основ формирования экосистем промышленных предприятий / А. Н. Головина, В. В. Потанин // Общество: политика, экономика, право. – 2021. – № 12 (101). – С. 52–56. – DOI 10.24158/per.2021.12.8. – EDN KAYESY.

82. Городнова, Н. В. Содержание и методы оценки цифрового потенциала промышленного предприятия / Н. В. Городнова, А. А. Пешкова // Национальные

интересы: приоритеты и безопасность. – 2019. – Т. 15, № 5 (374). – С. 870–896. – DOI 10.24891/ni.15.5.870.

83. Госкорпорация «Росатом». – URL: <https://www.rosatom.ru/index.html> (дата обращения: 17.12.2022).

84. Государственная информационная система промышленности. – URL: <https://minpromtorg.gov.ru/ministry/infosys/gisp/> (дата обращения: 28.12.2022).

85. Гречко, М. В. Эволюция и трансформация производительных сил и производственных отношений в контексте постинституциональных преобразований и развития экономики России / М. В. Гречко // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2014. – Т. 10, № 35 (272). – С. 27–37. – EDN SMYHEJ.

86. Гудкова, О. Е. Тренды Индустрии 4.0 и их влияние на эволюцию бизнес-моделей промышленного предприятия / О. Е. Гудкова // Russian economic bulletin. – 2022. – Т. 5, № 6. – С. 272–278. – EDN LQBNHJ.

87. Гурьянов, А. В. Организация цифровых производств Индустрии 4.0 на основе киберфизических систем и онтологий / А. В. Гурьянов, Д. А. Заколдаев, А. В. Шукалов [и др.] // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2018. – Т. 18, № 2. – С. 268–277. – DOI 10.17586/2226-1494-2018-18-2-268-277. – EDN TIRTDN.

88. Гязова, М. М. Интеграционные трансформации как фактор формирования корпоративного сектора в АПК / М. М. Гязова // Региональная экономика: теория и практика. – 2006. – № 4. – С. 49–52. – EDN HUUQGF.

89. Дегтярев, А. Н. Сравнительное моделирование трансформации институциональных матриц социально-экономических систем / А. Н. Дегтярев, С. В. Дегтярева // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2007. – № 1 (64). – С. 58–72. – EDN JVGQWZ.

90. Долидзе, Т. Реиндустриализация, как механизм развития реальной экономики / Т. Долидзе // Deutsche Internationale Zeitschrift für Zeitgenössische Wissenschaft. – 2022. – № 45. – S. 33–36.

91. Дружинин, П. С. Региональные особенности реализации трансформации пространственной организации производств регионов / П. С. Дружинин // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2017. – Т. 6, № 11. – С. 92–95.

92. Евгеньев, Г. Б. Интеграция интеллектуальных систем проектирования и САЕ (в части конечно-элементных расчетов) / Г. Б. Евгеньев, А. Н. Кириак // Высшая школа: научные исследования : материалы Межвуз. междунар. конгресса (Москва, 21 января 2021 г.). – Москва : Инфинити, 2021. – Т. 1. – С. 94–104. – EDN RPDТУМ.

93. Зацаринный, А. А. Управление научными сервисами как основа национальной цифровой платформы «Наука и образование» / А. А. Зацаринный, А. К. Горшенин, К. И. Волович [и др.] // Стратегические приоритеты. – 2017. – № 2 (14). – С. 103–113. – EDN ZFIXXP.

94. Зоидов, К. Х. Экономическая эволюция и эволюционная экономика / К. Х. Зоидов. – Москва : Институт проблем рынка Российской академии наук, 2003. – 159 с. – ISBN 1-4320-5212-X. – EDN TISNHT.

95. Идрисов, А. Э. Эволюция моделей и инструментов цифровой трансформации в промышленности / А. Э. Идрисов // Управление устойчивым развитием. – 2022. – № 6 (43). – С. 17–24. – DOI 10.55421/2499992X_2022_6_17. – EDN VRLVAZ.

96. Илюхин, А. А. Теории экономических циклов и современная российская хозяйственная эволюция / А. А. Илюхин, С. И. Пономарева // Human progress. – 2016. – Т. 2, № 6. – URL: http://progress-human.com/images/2016/Tom2_6/Ilyukhin_Ponomareva.pdf. – EDN WZEOSB.

97. Индекс зрелости Индустрии 4.0 – Управление цифровым преобразованием компаний / Г. Шу, Р. Андерл, Ю. Гауземайер [и др.]. – München : Herbert Utz Verlag, 2017. – URL: https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech_STUDIE_rus_Maturity_Index_WEB.pdf (дата обращения: 02.09.2022).

98. Индикаторы информационного общества, 2015 : стат. сб. / Г. И. Абдрахманова, Л. М. Гохберг, М. А. Кевеш [и др.]. – Москва : Национальный

исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2015. – 312 с. – ISBN 978-5-7598-1284-5. – EDN TTCAGN.

99. Индустрия 4.0: создание цифрового предприятия. Всемирный обзор реализации концепции «Индустрия 4.0» за 2016 г. / PwC в России. – URL: https://решение-верное.рф/sites/default/files/global_industry-2016_rus.pdf (дата обращения: 05.12.2022).

100. Иноземцев, В. Л. За пределами экономического общества : Постиндустр. теории и постэкон. тенденции в соврем. мире / В. Л. Иноземцев. – Москва : Academia : Наука, 1998. – 639 с. – ISBN 5-87444-066-6.

101. Иноземцев, В. Л. Постиндустриально/индустриальная дихотомия / В. Л. Иноземцев // Мир перемен. – 2014. – № 1. – С. 144–147. – EDN RYFJTR.

102. Иноземцев, В. Л. Современное постиндустриальное общество: природа, противоречия, перспективы / В. Л. Иноземцев. – Москва : Логос, 2000. – 302 с. – ISBN 5-94010-003-1.

103. Информационное общество (философские проблемы) / под ред. В. В. Трушкова. – Москва : Московский гос. ин-т электроники и математики, 2011. – 254 с. – ISBN 978-5-94506-302-0. – EDN QONTGV.

104. К «цифре готов? Оценка адаптивности высокотехнологичного комплекса России к реалиям цифровой экономики : итоговый доклад. – Москва : ИНЭС, 2018. – URL: <https://gisp.gov.ru/documents/8894316/> (дата обращения: 02.09.2022).

105. К проблеме исследования цикличности эволюции постсоветских экономических систем в условиях модернизации / К. Х. Зоидов, В. А. Губин, З. К. Зоидов, А. В. Кондраков // Региональные проблемы преобразования экономики: международное сотрудничество и межрегиональная интеграция : сборник материалов I Международного форума (Москва, 25–26 сентября 2012 г.). – Москва : Перо, 2012. – С. 1035–1043. – EDN TUJQTV.

106. Казинец, Л. С. Темпы роста и структурные сдвиги в экономике: (Показатели планир. и статистики) / Л. С. Казинец. – Москва : Экономика, 1981. – 184 с.

107. Карельский окатыш : официальный сайт. – URL: <https://severstal.com/rus/about/structure/businesses/karelskiy-okatysh/> (дата обращения: 18.12.2022).

108. Кашин, В. А. Технологическое развитие как основа структурных сдвигов в экономике / В. А. Кашин, Е. Л. Куршнева // Естественно-гуманитарные исследования. – 2022. – № 42 (4). – С. 95–99. – EDN TQJQTM.

109. Кирдина-Чэндлер, С. Г. Эволюция социально-экономических систем на мезоуровне: пределы многообразия / С. Г. Кирдина-Чэндлер // Очерки по экономической синергетике: посвящается памяти Рубена Николаевича Евстигнеева (1932–2017) и Людмилы Петровны Евстигнеевой (1935–2015). – Москва : Институт экономики Российской академии наук, 2017. – С. 47–68. – EDN LBPRYL.

110. Клейнер, Г. Б. Особенности процессов формирования и эволюции социально-экономических институтов в России / Г. Б. Клейнер. – Москва : Центральный экономико-математический институт РАН, 2001. – 75 с. – EDN TRXGLD.

111. Князева, Е. К. Законы эволюции и самоорганизации сложных систем / Е. Н. Князева, С. П. Курдюмов. – Москва : Наука, 1994. – 229 с. – ISBN 5-02-006975-2.

112. Кокуйцева, Т. В. Методические подходы к оценке эффективности цифровой трансформации предприятий высокотехнологичных отраслей промышленности / Т. В. Кокуйцева, О. П. Овчинникова // Креативная экономика. – 2021. – Т. 15, № 6. – С. 2413–2430. – DOI 10.18334/ce.15.6.112192. – EDN ХМАКМЗ.

113. Кокуйцева, Т. В. Подходы к формированию методологии управления цифровой трансформацией компаний наукоемких отраслей промышленности / Т. В. Кокуйцева // Вопросы инновационной экономики. – 2022. – Т. 12, № 3. – С. 1443–1462.

114. Комплексная программа научно-технического прогресса СССР на 1986–2005 гг. Проблемный раздел 3.1. Основные проблемы развития народного хозяйства. – Москва, 1983. – URL: <https://znanie-vlast.livejournal.com/301015.html> (дата обращения: 18.03.2023).

115. Кондратьев, Н. Д. Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения / Н. Д. Кондратьев; Междунар. фонд Н. Д. Кондратьева [и др.]. – Москва : Экономика, 2002. – 765 с. – ISBN 5-282-02181-1

116. Коровин, Г. Цифровизация промышленности в контексте новой индустриализации РФ / Г. Коровин // Общество и экономика. – 2018. – № 1. – С. 47–66. – EDN YMCMGQ.

117. Коровин, Г. Б. Сетевые структуры в промышленности региона / Г. Б. Коровин // Экономика региона. – 2020. – Т. 16, № 4. – С. 1132–1146. – DOI 10.17059/ekon.reg.2020-4-9. – EDN AIJDHZ.

118. Коротаев А. В. Сингулярность уже рядом? // История и синергетика. Методология исследования. – 2-е изд. – Москва : URSS, 2009. – С. 183–191.

119. Красильников, О. Ю. Структурные сдвиги в экономике / О. Ю. Красильников. – Саратов : СГУ, 2001. – 164 с. – ISBN 5-292-02718-9. – EDN ZDGXLL.

120. Кулясова, Е. В. Цифровизация промышленных предприятий: возможности и угрозы новой реальности / Е. В. Кулясова, З. В. Вдовенко // Ученые записки Российской академии предпринимательства. – 2019. – Т. 18, № 3. – С. 98–110. – EDN NCAQBV.

121. Кутергина, Г. В. К вопросу об оценке трансформации региональной отраслевой структуры / Г. В. Кутергина, Е. В. Пономарева, Ю. С. Захарова // Рынки будущего: локация Пермский край : материалы VI Перм. экон. конгресса (Пермь, 27 февраля 2020 г.). – Пермь : ПГНИУ, 2020. – С. 46–56. – EDN FOPPHV.

122. Лаврикова, Ю. Г. Методология формирования направлений корректировки сопряжения отраслевого и территориального развития региона / Ю. Г. Лаврикова // Вестник Уральского отделения Российской академии наук. Наука. Общество. Человек. – 2006. – № 1. – С. 115–119.

123. Ленчук, Е. Б. Технологический аспект новой индустриализации России / Е. Б. Ленчук // Экономическое возрождение России. – 2018. – № 2 (56). – С. 68–73. – EDN RUDHNF.

124. Литовский, В. В. К проблеме новой индустриализации и эволюции технологических укладов на Урале. Часть 1. Первичные практики / В. В. Литовский // История и современное мировоззрение. – 2022. – Т. 4, № 2. – С. 12–19. – DOI <https://doi.org/10.33693/2658-4654-2022-4-2-12-19>.

125. Лихачев, М. О. Современные инновации и классическая экономическая теория / М. О. Лихачев // Экономический журнал. – 2018. – № 1 (49). – С. 6–14. – EDN VKEZMT.

126. Лихачева, Т. П. Методика оценки потенциала технологического развития региона для «вытягивания» производственных цепочек передовых технологий и проектирования их протяженности на территории региона / Т. П. Лихачева, О. В. Рыжкова, Ю. В. Улас // Азимут научных исследований: экономика и управление. – 2017. – Т. 6, № 4 (21). – С. 230–236. – EDN YNDVHR.

127. Лукинов, И. И. Эволюция экономических систем / И. И. Лукинов. – Москва : Экономика, 2002. – 566 с. – ISBN 5-282-02193-5.

128. Львов, Д. С. Теоретические и прикладные аспекты управления НТП / Д. С. Львов, С. Ю. Глазьев // Экономика и математические методы. – 1986. – № 5. – С. 35–45.

129. Магнитогорский металлургический комбинат : официальный сайт. – URL: <https://mmk.ru/ru/> (дата обращения: 18.12.2022).

130. Майорова, К. С. Цифровой переход промышленных предприятий в «smart» экосистему / К. С. Майорова, Е. С. Балашова // Экономика промышленности. – 2021. – Т. 14, № 4. – С. 433–444. – DOI 10.17073/2072-1633-2021-4-433-444. – EDN SUHDXU.

131. Макаров, В. О применении метода эволюционной экономики / В. Макаров // Вопросы экономики. – 1997. – № 3. – С. 18–26.

132. Мигранов, М. М. Большие данные в электроэнергетике. Обзор программных решений / М. М. Мигранов, А. В. Мельников // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2017. – № 4 (43). – С. 60–64. – EDN ZEPJWT.

133. Моисеенко, В. А. Предпосылки формирования экономической среды внедрения цифровых двойников в промышленности / В. А. Моисеенко //

Информационные технологии. Проблемы и решения. – 2021. – № 1 (14). – С. 49–54.
– EDN SWDEON.

134. Молчан, А. С. Принципы формирования и развития экосистем и их влияние на стратегию промышленного менеджмента / А. С. Молчан, Т. О. Толстых, А. Ю. Надаенко // Экономика устойчивого развития. – 2020. – № 1(41). – С. 124–128. – EDN AKVAJW.

135. Мониторинг глобальных трендов цифровизации / Ростелеком. – URL: <https://www.company.rt.ru/upload/iblock/d79/2018.pdf> (дата обращения: 12.04.2019).

136. Москвин, В. К. Сравнительная оценка вариантов приводов промышленных роботов в роботизированных технологических комплексах / В. К. Москвин, П. М. Кузнецов // Инновационная наука. – 2016. – № 3-3. – С. 118–122. – EDN VQBFQZ.

137. Мотовилов, И. В. Информационное обеспечение механизма управления промышленным комплексом муниципального образования / И. В. Мотовилов, Л. В. Глезман // Российское предпринимательство. – 2012. – № 4 (102). – С. 169–174. – EDN ОРКJDX.

138. Нанотехнологии как ключевой фактор нового технологического уклада в экономике / С. Ю. Глазьев, В. Е. Дементьев, С. В. Елкин [и др.]. – Москва : Тривант, 2009. – 304 с. – ISBN 978-5-89513-173-2. – EDN QUAADZ.

139. Национальная Ассоциация участников рынка робототехники : официальный сайт. – URL: <https://robotunion.ru/> (дата обращения: 15.02.2023).

140. Национальная технологическая инициатива «Технет». – URL: <https://technet-nti.ru/article/otchet-rejting-mirovyh-i-rossijskih-kompanij-liderov-poravnavleniyu-nti-tehnet> (дата обращения: 18.01.2023).

141. Национальная технологическая инициатива. – URL: <https://nti2035.ru/nti/> (дата обращения: 18.03.2023).

142. Нельсон, Р. Эволюционная теория экономических изменений / Р. Нельсон, С. Уинтер ; пер. с англ. М. Я. Каждана. – Москва : Финстатинформ, 2000. – 472 с. – ISBN 5-7866-0128-5.

143. Нешиной, А. С. Эволюция смены экономической системы России / А. С. Нешиной // Инвестиции в России. – 2012. – № 3 (206). – С. 3–10. – EDN SUCSZV.

144. Нижнекамскнефтехим : официальный сайт. – URL: <https://www.sibur.ru/nknh/ru/> (дата обращения: 03.09.2022).

145. Новая философская энциклопедия : в 4 т. / Ин-т философии РАН, Нац. общ.-науч. фонд. – Москва : Мысль, 2010. – Т. II. – 634 с.

146. О государственной поддержке развития науки и научно-технических разработок: постановление Правительства РФ от 17 апреля 1995 г. № 360. – URL: http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&link_id=4&nd=102035153 (дата обращения: 08.05.2022).

147. О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации: указ Президента РФ от 1 декабря 2016 г. № 642. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_207967/ (дата обращения: 18.03.2023).

148. Об утверждении Методических рекомендаций по проведению статистической оценки уровня технологического развития экономики Российской Федерации в целом и ее отдельных отраслей : приказ Минэкономразвития России от 12 февраля 2020 г. № 66.

149. Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации : указ Президента РФ от 7 июля 2011 г. № 899. – URL: <https://base.garant.ru/55171684/> (дата обращения: 18.03.2023).

150. Об утверждении программы «Цифровая экономика Российской Федерации»: распоряжение Правительства РФ от 28 июля 2017 г. № 1632-р. – URL: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf> (дата обращения: 18.03.2023).

151. Оганьян, А. Г. Теоретические аспекты эволюционного характера трансформации национальной экономики на этапе формирования постиндустриального общества / А. Г. Оганьян // Вестник евразийской науки. – 2018. – Т. 10, № 3. – URL: <https://esj.today/PDF/90ECVN318.pdf>. – EDN XWXQST.

152. Ожиганов, Э. Н. Взаимосвязь социотехнических и технологических аспектов внедрения и применения систем бизнес-аналитики / Э. Н. Ожиганов, А. А. Чурсин, А. Д. Линьков // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2021. – Т. 5, № 12 (120). – С. 30–35. – DOI 10.36871/ek.up.p.r.2021.12.05.005. – EDN DVRHOD.

153. Опытное конструкторское бюро машиностроения имени И. И. Африкантова. – URL: <https://spec.tass.ru/aemtech/elementy-tsifrovogo-zavoda> (дата обращения: 17.12.2022).

154. Орехова, С. В. Технологические системы в экономике: гетеродоксальный подход и институциональные основы / С. В. Орехова, М. В. Евсеева // Журнал институциональных исследований. – 2020. – Т. 12, № 4. – С. 34–53. – DOI 10.17835/2076-6297.2020.12.4.034-053. – EDN MXSYNN.

155. Орехова, С. В. Трансформация бизнес-модели и возрастающая отдача высокотехнологичного предприятия / С. В. Орехова, А. В. Мисюра // Вестник Челябинского государственного университета. – 2020. – № 6 (440). – С. 75–85. – DOI 10.47475/1994-2796-2020-10609. – EDN UBTRJU.

156. Орехова, С. В. Управление возрастающей отдачей высокотехнологичной бизнес-модели в промышленности: классические и экосистемные эффекты / С. В. Орехова, А. В. Мисюра, Е. В. Кислицын // Управленец. – 2020. – Т. 11, № 4. – С. 43–58. – DOI 10.29141/2218-5003-2020-11-4-4. – EDN WMTNBG.

157. Орлов, А. Б. Автоматизация подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ на основе методологии распознавания образов / А. Б. Орлов, И. А. Антамонов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2013. – № 10. – С. 90–98. – EDN RVSIIYV.

158. Орлова, Л. Д. Стратегическая трансформация интеграционных процессов аграрного сектора экономики / Л. Д. Орлова, Л. А. Ильина // Экономика и управление: теория, методология, практика : тр. II Междунар. науч.-техн. конф. (Самара, 22–23 апреля 2010 г.). – Самара : СамГТУ, 2010. – Т. II. С. 68–75. – EDN VUMXFH.

159. Официальный сайт Инфраструктурного центра «Технет» СПбПУ. – URL: <https://technet-nti.ru/> (дата обращения: 18.03.2023).

160. Паскова, А. А. Технологии Big Data в автоматизации технологических и бизнес-процессов / А. А. Паскова // Научное обозрение. Технические науки. – 2018. – № 4. – С. 23–27. – EDN XYQCCT.

161. Перечень критических технологий Российской Федерации : утвержден Президентом РФ от 30 марта 2002 г. № Пр-578. – URL: <https://base.garant.ru/71430550/> (дата обращения: 18.03.2023).

162. Перечень критических технологий Российской Федерации : утвержден Президентом РФ от 21 мая 2006 г. № Пр-842. – URL: <https://base.garant.ru/197876/> (дата обращения: 18.03.2023).

163. Перспективы и проблемы использования технологий искусственного интеллекта в регионах Российской Федерации / Ассоциация содействия ИИ в промышленном секторе. – 2022. – URL: <https://www.csr.ru/upload/iblock/82f/tse64fmdsetwhhpdb6e57a3wjtsud6mdx.pdf> (дата обращения: 01.09.2022).

164. Перстенева, Н. П. Критерии классификации показателей структурных различий и сдвигов / Н. П. Перстенева // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 3-2. – С. 478–482. – EDN PBAРMV.

165. Плотников, В. А. Цифровизация как закономерный этап эволюции экономической системы / В. А. Плотников // Экономическое возрождение России. – 2020. – № 2 (64). – С. 104–115. – DOI 10.37930/1990-9780-2020-2-64-104-115. – EDN AUTMFU.

166. Подшивалова, М. В. Тренды инновационной активности промышленных предприятий в РФ и мире / М. В. Подшивалова, С. К. Алмршед // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. – 2020. – Т. 14, № 4. – С. 84–92. – DOI 10.14529/em200410. – EDN LMHLKY.

167. Показатели цифровой зрелости отрасли «Промышленность» / Минпромторг России. – URL: <https://www.economy.gov.ru/material/file/371da805d6a083111877a2ac0f9f9b29/Minpromtorg.pdf> (дата обращения: 30.01.2023).

168. Положенцева, Ю. С. Компаративный анализ российских и зарубежных подходов к оценке цифровой трансформации промышленности / Ю. С. Положенцева // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. – 2021. – Т. 11, № 6. – С. 78–91. – DOI 10.21869/2223-1552-2021-11-6-78-91. – EDN XFFCWG.

169. Положенцева, Ю. С. Трансформация регионов в цифровом экономическом пространстве / Ю. С. Положенцева, Т. Н. Выскрибенцева, М. Г. Клевцова // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. – 2021. – Т. 11, № 4. – С. 114–125. – EDN VGQGJQ.

170. Поляков, Ю. Н. «Умные» цифровые двойники – основа новой парадигмы цифрового проектирования и моделирования потока создания потребительной стоимости в заготовительном производстве / Ю. Н. Поляков // Менеджмент: теория и практика. – 2019. – № 4. – С. 91–102. – EDN XRXPXG.

171. Попов, В. Л. Возможности оценки цифрового развития промышленных предприятий региона / В. Л. Попов, А. А. Урасова, А. М. Бочкарев // Менеджмент в эпоху цифровой трансформации экономики : материалы Всерос. конф. с междунар. участием (Пермь, 10 декабря 2020 г.). – Пермь : ПГНИУ, 2020. – С. 88–92.

172. Попов, Е. В. Оценка готовности отраслей РФ к формированию цифровой экономики / Е. В. Попов, К. А. Семячков // Инновации. – 2017. – № 4 (222). – С. 37–41. – EDN YPQHJD.

173. Попов, Е. В. Совершенствование методического инструментария оценки эффективности межфирменных взаимодействий в условиях цифровизации / Е. В. Попов, В. Л. Симонова, А. Д. Тихонова // Вестник Пермского университета. Серия: Экономика. – 2021. – Т. 16, № 3. – С. 276–290. – DOI 10.17072/1994-9960-2021-3-276-290. – EDN ARVVEN.

174. Приоритетные направления развития науки и техники. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/9034171> (дата обращения: 08.05.2022).

175. Программа развития цифровой экономики в Российской Федерации до 2035 г. – URL: <http://spkurdyumov.ru/uploads.pdf> (дата обращения: 28.12.2022).

176. Пролыгина, Н. А. Развитие интеграционных процессов в АПК на основе трансформации собственности [На примере Орловской обл.] / Н. А. Пролыгина // Экономика сельского хозяйства. Реферативный журнал. – 2004. – № 2. – С. 320. – EDN НВИНТР.

177. Промышленное производство в России. 2021 : стат. сб. / Росстат. – Москва, 2021. – 305 с. – URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Prom_proizvovo_2021.pdf (дата обращения: 11.12.2022).

178. Промышленный интернет вещей в России. Исследование TAdviser и ГК «Ростех». – URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:ИюТ_2018:_Рынок_промышленного_интернета_вещей_в_России (дата обращения: 18.01.2023).

179. Пудовкина, О. Е. Формирование цифровой экосистемы промышленной кооперации на базе передовых цифровых платформ в условиях реиндустриализации / О. Е. Пудовкина // Вестник университета. – 2020. – № 9. – С. 41–48. – DOI 10.26425/1816-4277-2020-9-41-48. – EDN AJFTFQ.

180. Пыткин, А. Н. Взаимосвязь эффективности и результативности деятельности хозяйственной организации / А. Н. Пыткин, Н. М. Блаженкова // Журнал экономической теории. – 2008. – № 3. – С. 133–139.

181. Пыткин, А. Н. Комплексная оценка результативности хозяйственной организации на основе информации управленческого учета / А. Н. Пыткин, Н. М. Блаженкова // Экономические и гуманитарные науки. – 2009. – № 1 (207). – С. 196–202.

182. Пыткин, А. Н. Структура системы информационного обеспечения производственной деятельности предприятия / А. Н. Пыткин, А. И. Хисамова, А. М. Бочкарев // Научное обозрение. – 2015. – № 17. – С. 406–412. – EDN UNOLDN.

183. Радайкин, А. Г. Инструменты формирования промышленной кросс-отраслевой экосистемы высокотехнологичных производств / А. Г. Радайкин // Горизонты экономики. – 2020. – № 3 (56). – С. 27–32. – EDN ZMQZTJ.

184. Радзиевская, Т. В. Модель оценки качества управления системы «человеческий капитал – инновационные технологии» при наличии противодействия экономическому развитию / Т. В. Радзиевская, А. В. Мишина // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление. – 2016. – № 2. – С. 5–12. – EDN WGENNL.

185. Ребус, Н. А. Эволюция социально-экономической системы в процессе перехода к шестому технологическому укладу / Н. А. Ребус, Н. Я. Спивакова // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2019. – Т. 9, № 10-1. – С. 314–322. – DOI 10.34670/AR.2020.92.10.037. – EDN EHEPZY.

186. Регион в социально-экономическом пространстве России: анализ, динамика, механизм управления / Е. Г. Анимица, Е. Б. Дворядкина, Н. В. Новикова [и др.]. – Пермь : Изд-во ПГУ, 2008. – 288 с. – EDN VZNOTR.

187. Региональные рынки труда в новых экономических условиях / Центр стратегических разработок. – URL: <https://www.csr.ru/ru/research/regionalnye-rynki-truda-v-novykh-ekonomicheskikh-usloviyakh/> (дата обращения: 05.03.2023).

188. Реиндустриализация экономики России в условиях новых угроз, вып. 2 / под ред. С. Д. Валентя. – Москва : РЭУ им. Г. В. Плеханова», 2015. – 72 с. – (Научные доклады РЭУ). – ISBN 978-5-7307-1005-2.

189. Романова, О. А. Базовые отрасли промышленных регионов России: образ будущего / О. А. Романова, Д. В. Сиротин // Journal of new economy. – 2022. – Т. 23, № 2. – С. 9–28. – DOI 10.29141/2658-5081-2022-23-2-1. – EDN XQOTMJ.

190. Романова, О. А. Методология гармонизации структурных территориально-отраслевых изменений экономической системы / О. А. Романова, В. В. Акбердина, Н. Ю. Бухвалов // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2015. – № 8 (183). – С. 122–127. – EDN VHLJQP.

191. Романова, О. А. Многовекторная промышленная политика России в условиях формирования нового индустриального ландшафта / О. А. Романова, А. О. Пономарева // Журнал экономической теории. – 2020. – Т. 17, № 2. – С. 276–291. – DOI 10.31063/2073-6517/2020.17-2.3. – EDN ZBHVEZ.

192. Романова, О. А. Общие ценности в формировании современной технико-экономической парадигмы / О. А. Романова, В. В. Акбердина, Н. Ю. Бухвалов // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2016. – № 3 (45). – С. 173–190. – DOI 10.15838/esc.2016.3.45.10. – EDN WCOPIZ.

193. Романова, О. А. Приоритеты промышленной политики России в контексте вызовов четвертой промышленной революции. Часть 2 / О. А. Романова // Экономика региона. – 2018. – Т. 14, № 3. – С. 806–819. – DOI 10.17059/2018-3-9. – EDN XYUVZJ.

194. Романова, О. А. Развитие систем искусственного интеллекта в промышленности РФ: нормативное обеспечение и проблемы безопасности / О. А. Романова, Д. В. Сиротин // Экономико-правовые проблемы обеспечения экономической безопасности : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. (Екатеринбург, 19 марта 2021 г.). – Екатеринбург : УрГЭУ, 2021. – С. 109–112. – EDN VFXXND.

195. Рудской, А. И. Цифровая промышленность на основе цифровых двойников / А. И. Рудской // Приборы. – 2021. – № 3 (249). – С. 9–16. – EDN LTLCMO.

196. Саватеев, В. И. Исследование применения цифровых двойников изделий в условиях цифровой трансформации промышленности / В. И. Саватеев, С. И. Саватеев, В. И. Шлаев, Д. М. Васильев // Интернаука. – 2020. – № 15-1 (144). – С. 29–31. – EDN RKZLCA.

197. Саид, В. А. Технологии Big Data в промышленности / В. А. Саид // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В. Г. Шухова (Белгород, 1–20 мая 2017 г.). – Белгород : БГТУ им. В. Г. Шухова, 2017. – С. 4476–4480. – EDN XQQHBJ.

198. Самарина, В. П. Центральнo-Черноземный экономический район: региональная динамика и трансформация социально-экономических характеристик / В. П. Самарина // Экономические науки. – 2007. – № 37. – С. 303–307. – EDN IJDAEF.

199. Самойлов, А. В. Интегративный подход к исследованию инновационного потенциала национальной экономики / А. В. Самойлов // Вестник Самарского государственного экономического университета. – 2012. – № 4(90). – С. 67-71. – EDN PCGUDX.

200. Самонова, К. В. Анализ существующих систем показателей и методик оценки технологического положения территориально-отраслевых комплексов / К. В. Самонова, И. К. Шевченко // Инженерный вестник Дона. – 2015. – № 2 (ч. 2). – URL: <http://wmv.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2p2y2015/3044> (дата обращения 12.01.2023).

201. Самые цифровые страны мира: рейтинг 2020 г. / Harvard Business Review. – URL: <https://big-i.ru/innovatsii/trendy/853688> (дата обращения: 18.02.2023).

202. Саралидзе, А. М. Развитие федеративных отношений как фактор углубления интеграции региональных социально экономических систем / А. М. Саралидзе // Вестник Института экономики Российской академии наук. – 2015. – № 2. – С. 64–75. – EDN TPKNRZ.

203. Северский трубный завод : официальный сайт. – URL: <https://stz.tmk-group.ru/> (дата обращения: 18.12.2022).

204. Северсталь : официальный сайт. – URL: <https://severstal.com/rus/> (дата обращения: 18.12.2022).

205. Семенов, З. З. Системный анализ информационного обеспечения управления предприятиями регионального производственного комплекса / З. З. Семенов, Б. М. Бифов // Terra economicus. – 2011. – Т. 9, № 4-3. – С. 212–215. – EDN OPLJBT.

206. Сердюков, Р. Д. Роль и место цифровых платформ в развитии промышленных предприятий: экосистемный подход / Р. Д. Сердюков // Естественно-гуманитарные исследования. – 2021. – № 37(5). – С. 249–255. – DOI 10.24412/2309-4788-2021-537-249-255. – EDN ASPPSM.

207. Сидорова, Е. Ю. Проблемы информационного обеспечения системы управления внешнеэкономической деятельностью предприятия / Е. Ю. Сидорова //

Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2008. – Т. 2, № 1 (32). – С. 226–233. – EDN JTWMKR.

208. Силин, Я. П. Новая индустриализация – стратегический вектор развития промышленности России / Я. П. Силин, Е. Г. Анимица, Н. В. Новикова // Управление промышленным предприятием в условиях новой индустриализации / под общ. ред. Я. П. Силина. – Екатеринбург : УрГЭУ, 2016. – С. 7–25.

209. Силин, Я. П. Уральский макрорегион: большие циклы индустриализации / Я. П. Силин, Е. Г. Анимица, Н. В. Новикова ; под ред. С. Ю. Глазьева, С. Д. Бодрунова. – Екатеринбург : УрГЭУ, 2019. – 371 с. – ISBN 978-5-9656-0286-5. – EDN ETQMTU.

210. Сильвестров, С. Н. О цифровой трансформации предприятия в контексте системной экономической теории / С. Н. Сильвестров, В. П. Бауэр, В. В. Еремин, Н. В. Лапенкова // Экономическая наука современной России. – 2020. – № 2 (89). – С. 22–45. – DOI 10.33293/1609-1442-2020-2(89)-22-45. – EDN WLYFFF.

211. Симченко, Н. А. Цифровые двойники в экономическом развитии промышленности: управление и эффекты / Н. А. Симченко, С. Ю. Цехла. – Симферополь : КФУ им. В. И. Вернадского, 2021. – 237 с. – ISBN 978-5-6046333-7-3. – EDN ZFHMUO.

212. Симченко, Н. А. Экосистемная методология цифрового развития промышленности / Н. А. Симченко // Повышение конкурентоспособности социально-экономических систем в условиях трансграничного сотрудничества регионов : сборник материалов IX Междунар. науч.-практ. конф. (Ялта, 5–8 апреля 2022 г.). – Симферополь : Ариал, 2022. – С. 17–18. – EDN WBMCBF.

213. Система показателей Росстата для статистической оценки уровня технологического развития отраслей экономики. – URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/syst_pok.doc (дата обращения 16.02.2023).

214. Смышляева, А. А. Современные технологии в Индустрии 4.0 - киберфизические системы / А. А. Смышляева, К. М. Резникова, Д. В. Савченко //

Отходы и ресурсы. – 2020. – Т. 7, № 3. – URL: <https://resources.today/PDF/02INOR320.pdf>. – DOI 10.15862/02INOR320. – EDN YZNPJK.

215. Соболев, Е. А. Принципы построения корпоративной информационной системы управления логистическими процессами на предприятиях нефтехимического профиля / Е. А. Соболев, А. Р. Абдулгалимов, С. В. Разливинская, В. Ф. Корнюшко // Тонкие химические технологии. – 2017. – Т. 12, № 1. – С. 89–95. – EDN YHTJSH.

216. Сорокина, А. Г. Роль цифровых технологий в нефтегазовой отрасли России / А. Г. Сорокина // Вестник Белого генерала. – 2020. – № 3. – С. 47–55. – EDN SZQRPE.

217. Спицина, Э. А. Методология исследования отраслевых рынков и ее особенности / Э. А. Спицина // Экономика, бизнес, финансы: актуальные вопросы и современные аспекты : сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. (Пенза, 5 января 2020 г.). – Пенза : Наука и просвещение, 2020. – С. 184–187.

218. Стефанова, Н. А. Модель цифровой экономики / Н. А. Стефанова, А. П. Седова // Карельский научный журнал. – 2017. – Т. 6, № 1 (18). – С. 91–93. – EDN YHWSEJ.

219. Стрельникова, Е. В. Принципы производственного стратегирования на промышленном предприятии / Е. В. Стрельникова // Российское предпринимательство. – 2014. – № 23 (269). – С. 97–101. – EDN TBVYJP.

220. Суринов, Н. Н. Устойчивое развитие предприятия: эволюция, концепции и методы управления / Н. Н. Суринов // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2021. – № 3-2 (73). – С. 168–171. – DOI 10.24412/2411-0450-2021-3-2-168-171. – EDN TMANLJ.

221. Сухарев, О. Технологическая индустриализация: современная и новые возможности / О. Сухарев // Общество и экономика. – 2020. – № 7. – С. 32–51. – DOI 10.31857/S020736760010587-4. – EDN TILMXY.

222. Сухарев, О. С. Структурная политика роста в России: ресурсы, технологичность, риск и индустриализация / О. С. Сухарев, Е. Н. Ворончихина //

Journal of new economy. – 2020. – Т. 21, № 1. – С. 29–52. – DOI 10.29141/2658-5081-2020-21-1-2. – EDN ULWWYR.

223. Сухарев, О. С. Типы технологического развития регионов: структура технологий и инвестиций / О. С. Сухарев, Е. Н. Ворончихина // Инвестиции в России. – 2019. – № 7 (294). – С. 24–36. – EDN TUUBHV.

224. Сухарев, О. С. Цифровизация и направления технологического обновления промышленности России / О. С. Сухарев // Journal of new economy. – 2021. – Т. 22, № 1. – С. 26–52. – DOI 10.29141/2658-5081-2021-22-1-2. – EDN APCKNL.

225. Сухарев, О. С. Экономический рост, институты и технологии. Структурный и институциональный подходы в экономической теории роста : монография / О. С. Сухарев. – 3-е изд., испр. – Москва : Ленанд, 2020. – 400 с. – ISBN 978-5-9710-7359-8. – EDN KUCZQL.

226. Сухарева, А. «Большие данные» на службе у большой промышленности / А. Сухарева // Компьютерра. – URL: <http://www.computerra.ru/96974/industry-bigdata/> (дата обращения: 15.02.2023).

227. Татаркин, А. И. Инклюзивное технологическое развитие как новый элемент технико-экономической парадигмы / А. И. Татаркин, В. В. Акбердина, Н. Ю. Бухвалов // Стратегии развития социальных общностей, институтов и территорий : материалы II Междунар. науч.-практ. конф. (Екатеринбург, 18–20 апреля 2016 г.) : в 2 т. – Екатеринбург : УрФУ, 2016. – Т. 1. – С. 41-47. – EDN YDOWQR.

228. Татаркин, А. И. Новая парадигма региональной политики в России / А. И. Татаркин, Е. Г. Анимица, Н. В. Новикова // От идеи Ломоносова к реальному освоению территорий Урала, Сибири и Дальнего Востока / под общ. ред. А. И. Татаркина, В. В. Кулешова, П. А. Минакира. – Екатеринбург : Институт экономики Уральского отделения РАН, 2009. – С. 19–94.

229. Тимохина, О. А. Оценка уровня цифровизации промышленных предприятий как одна из приоритетных задач в системе стратегического

менеджмента современной организации / О. А. Тимохина, Р. С. Близкий // Менеджмент в России и за рубежом. – 2020. – № 5. – С. 48–55. – EDN RUTIFH.

230. Тоффлер, Э. Третья волна : пер. с англ. / Э. Тоффлер. – Москва : АСТ, 2009. – 795 с. – ISBN 978-5-17-062498-0.

231. Трачук, А. В. Влияние технологий индустрии 4.0 на повышение производительности и трансформацию инновационного поведения промышленных компаний / А. В. Трачук, Н. В. Линдер // Стратегические решения и риск-менеджмент. – 2020. – Т. 11, № 2. – С. 132–149. – DOI 10.17747/2618-947X-2020-2-132-149. – EDN QAZTRX.

232. Трубная металлургическая компания : официальный сайт. – URL: https://www.tmk-group.ru/Key_contacts (дата обращения: 17.12.2022).

233. Трусов, А. В. Система информационного обеспечения процесса коммерциализации результатов инновационной деятельности предприятий топливно-энергетического комплекса / А. В. Трусов // Энергетика. Инновационные направления в энергетике. CALS-технологии в энергетике. – 2012. – № 1. – С. 144–152. – EDN PZICPJ.

234. Трусов, А. Н. Разработка автоматизированной информационной системы для оптимизационного анализа экономических процессов / А. Н. Трусов, П. Ю. Иванченко, Д. А. Кацура // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 11. – С. 38–40. – EDN TAPCQH.

235. Туов, А. Р. Модернизация институционально-хозяйственной среды межотраслевого обмена на основе интеграционных трансформаций / А. Р. Туов // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 5: Экономика. – 2010. – № 3. – С. 120–125. – EDN NBJZEN.

236. Туов, А. Р. Совершенствование системы межотраслевого обмена субъектов зернопродуктового подкомплекса АПК региона на основе интеграционных трансформаций : автореф. дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / Туов Азамат Русланович. – Майкоп, 2012. – 29 с.

237. Улезько, А. В. Цифровизация как этап эволюции социально-экономических систем / А. В. Улезько, М. А. Жукова // Вестник Воронежского

государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 12, № 1 (60). – С. 169-179. – DOI 10.17238/issn2071-2243.2019.1.169. – EDN UIBBTD.

238. Урасова, А. А. Возможности теории промышленных революций и теории технологических укладов в эпоху цифровой трансформации / А. А. Урасова // Цифровая трансформация промышленности и сферы услуг: тенденции, стратегии, управление : материалы Междунар. конф. (Казань, 24 апреля 2020 г.). – Казань : Университет управления «ГИСБИ», 2020. – С. 378–381. – EDN NWECRI.

239. Урасова, А. А. Методология моделирования процессов цифровизации экономики регионов РФ: технологические доминанты и отраслевая трансформация / А. А. Урасова. – Екатеринбург : Институт экономики Уральского отделения РАН, 2021. – 354 с. – ISBN 978-5-94646-650-9. – EDN POHLPI.

240. Урасова, А. А. Технологическая эволюция как процесс смены укладов в региональной промышленной структуре / А. А. Урасова // Фундаментальные исследования. – 2022. – № 3. – С. 123–127. – EDN KSQYHV.

241. Федин, М. В. Перспективы использования систем обработки больших данных (big data) в металлургической промышленности / М. В. Федин // Economics. – 2015. – № 8 (9). – С. 52–54. – EDN VFEIEN.

242. Федотова, А. Ю. Анализ методик оценки инновационного и технологического потенциала регионов в контексте развития динамических способностей территориально-отраслевых комплексов / А. Ю. Федотова // Современные научные исследования и инновации. – 2016. – № 10(66). – С. 216–220. – EDN XBHEQD.

243. Федотова, А. Ю. Промышленные кластеры и переход к новому технологическому укладу: исторический аспект и перспективные тенденции / А. Ю. Федотова // Инженерный вестник Дона. – 2012. – Т. 23, № 4-2. – URL: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1288> (дата обращения: 07.03.2023).

244. Фоменко, Е. В. Реализация политики цифровой трансформации в обрабатывающей промышленности России / Е. В. Фоменко, Т. В. Лунева, Э. В.

Никитин // Индустриальная экономика. – 2022. – Т. 7, № 5. – С. 614-620. – DOI 10.47576/2712-7559_2022_5_7_614.

245. Халидов, И. А. Большие данные и цифровые месторождения в российских нефтегазовых компаниях / И. А. Халидов, К. Н. Миловидов // Микроэкономика. – 2018. – № 5. – С. 82–88. – EDN YMVOLB.

246. Ховалова, Т. В. Использование цифровых платформ для стратегического развития промышленных компаний / Т. В. Ховалова // Стратегические решения и риск-менеджмент. – 2022. – Т. 13, № 3. – С. 245–254. – DOI 10.17747/2618-947X-2022-3-245-254. – EDN REBRZH.

247. Хоменко, Е. Б. Современные тенденции цифровой трансформации промышленных предприятий / Е. Б. Хоменко, Л. А. Ватутина, Е. Ю. Злобина // Вестник Удмуртского университета. Серия Экономика и право. – 2022. – Т. 32, № 4. – С. 676–682. – DOI 10.35634/2412-9593-2022-32-4-676-682. – EDN EYHZIV.

248. Хрусталева, Е. Ю. Методология оценки отраслевых темпов и стабильности инновационного развития наукоемких предприятий и организаций / Е. Ю. Хрусталева, О. Е. Хрусталева // Экономический анализ: теория и практика. – 2014. – № 10(361). – С. 2–15. – EDN RWPXAR.

249. Цехла, С. Ю. Методологические аспекты исследования экономических эффектов внедрения цифровых двойников в промышленности / С. Ю. Цехла, Н. А. Симченко // Вестник Южно-Российского государственного технического университета (НПИ). Серия: Социально-экономические науки. – 2020. – № 2. – С. 35–39. – DOI 10.17213/2075-2067-2020-2-35-39. – EDN VPVODK.

250. Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты : доклад к XXII Апрельской междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества (Москва, 13–30 апреля 2021 г.) / Г. И. Абдрахманова, К. Б. Быховский, Н. Н. Веселитская [и др.]. – Москва : НИУ ВШЭ, 2021. – 239 с. – ISBN 978-5-7598-2510-4. – EDN WPPBQJ.

251. Цифровая трансформация химической промышленности / РИА Новости. – 2018. – URL: <https://ria.ru/20181205/1547610157.html> (дата обращения: 20.12.2022).

252. Цифровая трансформация: ожидания и реальность : докл. к XXIII Ясинской (Апрельской) междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества (Москва, 2022 г.) / Г. И. Абдрахманова, С. А. Васильковский, К. О. Вишневский [и др.] ; рук. авт. кол. П. Б. Рудник. – Москва : НИУ ВШЭ, 2022. – 221 с. – ISBN 978-5-7598-2658-3.

253. Чарочкина, Е. Ю. Тенденции технологической трансформации промышленного сектора экономики на современном этапе / Е. Ю. Чарочкина // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. – 2021. – Т. 11, № 5. – С. 85–94. – DOI 10.21869/2223-1552-2021-11-5-85-94. – EDN FLDWMY.

254. Чернова, О. А. Интеграционные тенденции трансформаций экономики угольной промышленности (региональные доминанты) : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / Чернова Ольга Анатольевна. – Ростов-на-Дону, 2003. - 194 с.

255. Шантепи, Л. Технологии Big Data в нефтегазовой и перерабатывающей отраслях промышленности / Л. Шантепи // Автоматизация и ИТ в нефтегазовой области. – 2017. – № 4 (30). – С. 4–6. – EDN YNGXVF.

256. Шелегеда, Б. Г. Особенности методики расчета интегральной оценки технологических укладов на предприятиях угольной промышленности / Б. Г. Шелегеда, О. Н. Шарнопольская, С. А. Руссиян [и др.] // Вестник НГУЭУ. – 2017. – № 2. – С. 221–234. – EDN ZAOXAH.

257. Шендрикова, О. О. Исследование процессов цифровизации промышленных предприятий / О. О. Шендрикова, И. Ф. Елфимова // Организатор производства. – 2019. – Т. 27, № 1. – С. 16–24. – DOI 10.25987/VSTU.2019.88.65.002. – EDN YZOMNN.

258. Шинкевич, А. И. Совершенствование производственного процесса на основе технологий «Big Data» / А. И. Шинкевич // Наука и бизнес: пути развития. – 2019. – № 4 (94). – С. 79–82. – EDN XTMPWE.

259. Шишацкий, Н. Г. Новая индустриализация и тенденции модернизации промышленного комплекса региона (на примере Красноярского края) / Н. Г.

Шишацкий // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. – 2022. – № 3 (71). – URL: <https://eee-region.ru/article/7118>. – EDN FSXUEB.

260. Шкарупета, Е. В. Методология устойчивого развития промышленных экосистем / Е. В. Шкарупета, О. В. Дударева, М. В. Филатова, А. Ю. Беккиев // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2020. – Т. 82, № 4 (86). – С. 377–382. – DOI 10.20914/2310-1202-2020-4-377-382. – EDN WXTLHJ.

261. Шукуров, Э. Э. Трансформация интеграционных процессов в промышленности / Э. Э. Шукуров // Проблемы современной экономики. – 2009. – № 4(32). – С. 348–349. – EDN MVTYRL.

262. Юдина, Т. Н. Цифровая экономика сквозь призму философии хозяйства и политической экономии / Т. Н. Юдина, И. М. Тушканов // Философия хозяйства. – 2017. – № 1 (109). – С. 193–200. – EDN YQGDCX.

263. Юсим, В. Н. Цифровые методы ускорения технологического и институционального развития / В. Н. Юсим // Цифровая экономика: тенденции и перспективы развития : сб. тез. докл. нац. науч.-практ. конф. (Москва, 22–23 октября 2020 г.) : в 2 т. – Москва : РЭУ им. Г. В. Плеханова, 2020. – Т. 1. – С. 140–142. – EDN MCLHIS.

264. Яковец, Ю. В. Циклы. Кризисы. Прогнозы / Ю. В. Яковец. – Москва : Наука, 1999. – 447 с. – ISBN 5-02-008281-3.

265. Яковлева, Е. В. Управление развитием интеллектуального потенциала персонала в условиях современной технологической эволюции / Е. В. Яковлева // Управление человеческими ресурсами – основа развития инновационной экономики. – 2014. – № 5. – С. 140–144. – EDN TGUJJB.

266. Akatkin, Y. M. Digital economy: conceptual architecture of the digital industry ecosystem / Y. M. Akatkin, O. E. Karpov, V. A. Konyavsky, E. D. Yasinovskaya // Business informatics. – 2017. – Vol. 4, iss. 42. – P. 17–28.

267. Alexandrova, E. Digital technologies development in industry sectors and areas of activity / E. Alexandrova, M. Poddubnaya // Lecture Notes in Networks and Systems. – 2021. – Vol. 136. – DOI 10.1007/978-3-030-49264-9_10.

268. Bochkapev, A. The models of corporate governance / A. Bochkapev, V. Serogodsky, V. Cherdantsev, I. Zagorujko // International journal of recent technology and engineering. – 2019. – Vol. 8, iss. 4. – P. 8890–8895. – DOI 10.35940/ijrte.D9527.118419.

269. Bochkarev, A. Methodological aspects of information support in the enterprise management system / A. Bochkarev, A. Urasova, D. Balandin // DEFIN-2021: IV International Scientific and Practical Conference. – New York : Association for Computing Machinery, 2021. – Art. no. 17. – DOI 10.1145/3487757.3490853. – EDN VFNFRI.

270. Clark, C. The conditions of economic progress / C. Clark. – London : Macmillan and Co., 1940. – 504 p.

271. Digital transformation of European industry – a policy perspective. URL: <https://www.eitdigital.eu/fileadmin/files/2019/report/Digital-Transformation-of-European-Industry-Summary.pdf> (дата обращения: 18.12.2022).

272. Ezell, S. Why manufacturing digitalization matters and how countries are supporting it / S. Ezell. – URL: <http://www2.itif.org/2018-manufacturing-digitalization.pdf> (дата обращения: 18.11.2022).

273. Fatorachian, H. A critical investigation of Industry 4.0 in manufacturing: theoretical operationalisation framework / H. Fatorachian, H. Kazemi // Production Planning & Control. – 2018. – Vol. 29, iss. 8. – P. 1–12. – DOI 10.1080/09537287.2018.1424960.

274. Fourastie, J. Le grand espoir du XX-e siècle: progrès technique, progrès économique, progrès social / J. Fourastie. – Paris : Presses universitaires de France, 1949. – 223 p.

275. Gawer, A. Industry platforms and ecosystem innovation / A. Gawer, M. Cusumano // The journal of product innovation management. – 2014. – Vol. 31. – P. 417–433.

276. Genz, S. The impact of investments in new digital technologies on wages – worker-level evidence from Germany / S. Genz, M. Janser, F. Lehmer // Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik. – 2019. – Vol. 39, iss. 3. – P. 483–521.

277. Goykher, O. L. Analysis methodology of innovative development in regional industrial segment by graph theory / O. L. Goykher, R. V. Skuba, O. S. Bugrova [et al.] //

Lecture notes in networks and systems. – 2019. – Vol. 57. – P. 1145–1154. – DOI 10.1007/978-3-030-00102-5_121. – EDN XGPYJX.

278. Gustafsson, R. Emergence of industries: a review and future directions / R. Gustafsson, M. Jaaskelainen, M. Maula // International journal of management reviews. – 2016. – Vol. 18, iss. 1. – P. 28–50. – DOI 10.1111/ijmr.12057.

279. Hagi, A. Multi-sided platforms / A. Hagi, J. Wright // International journal of industrial organization. – 2015. – Vol. 43. – P. 162–174.

280. Harland, C. Supply chain management, purchasing and supply management, logistics, vertical integration, materials management and supply chain dynamics / C. Harland // Blackwell encyclopedic dictionary of operations management / ed. by N. Slack. – Oxford : Blackwell, 1996. – P. 2–11.

281. Heilbroner, R. An inquiry into the human prospect / R. Heilbroner. – 2nd ed. – N. Y. : Norton, 1980. – 191 p.

282. Huang, C.-Y. Cross-industry growth differences with asymmetric industries and endogenous market structure / C.-Y. Huang, L. Ji // The B. E. Journal of Macroeconomics. – 2019. – Vol. 19, iss. 2. – DOI 10.1515/bejm-2017-0045.

283. Kenney, M. The rise of the platform economy / M. Kenney, J. Zysman // Issues in science and technology. – 2016. – Vol. 32. – P. 61–69.

284. Kiel, D. Sustainable industrial value creation: benefits and challenges of Industry 4.0 / D. Kiel, J. Müller, C. Arnold, K. Voigt // international journal of innovation management. – 2017. – Vol. 21, no. 08. – DOI 10.1142/S1363919617400151.

285. Kumar, K. From post-industrial to post-modern society: new theories of the contemporary world / K Kumar. – Oxford : Blackwell, 1996. – 253 p.

286. Levy, A. Y. Logic-based techniques in data integration / A. Y. Levy // Logic-based artificial intelligence / ed. by J. Minker. – Boston : Kluwer, 2000. – P. 575–596.

287. Li, Y. The impact of digital technologies on economic and environmental performance in the context of industry 4.0: a moderated mediation model / Y., Li J. Dai, L. Cui // International journal of production economics. – 2020. – Vol. 229. – DOI <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107777>.

288. Lyng, H. Knowledge transition: a conceptual model of knowledge transfer for cross-industry innovation / H. Lyng, E. Brun // *International journal of innovation and technology management*. – 2018. – Vol. 15, iss. 5. – DOI 10.1142/S0219877018500438.

289. Mahnken, T. Multi-cross-industry innovation patents in the USA – a combination of PATSTAT and Orbis search / T. Mahnken, M. Moehrle // *World patent information*. – 2018. – Vol. 55. – P. 52–60.

290. Müller, V. Future progress in artificial intelligence: a survey of expert opinion / V. Müller, N. Bostrom // *Fundamental issues of artificial intelligence* / ed. by V. Müller. – Cham : Springer, 2016. – P. 555–572.

291. Orlicky, J. Material requirements planning: the new way of life in production and inventory management / J. Orlicky. – New York : McGraw-Hill, 1975. – 292 p.

292. Paunov, C. How are digital technologies changing innovation? Evidence from agriculture, the automotive industry and retail / C. Paunov, S. Planes-Satorra. – Paris : OECD, 2019. – 53 p. – (OECD science, technology and industry policy papers, no. 74). – DOI 10.1787/67bbcafe-en.

293. Plotnikov, A. Data on post bank customer reviews from web / A. Plotnikov, A. Shcheludyakov, V. Cherdantsev, A. Bochkarev, I. Zagoruiko // *Data in Brief*. – 2020. – Vol. 32. – Art. no. 106152. – DOI 10.1016/j.dib.2020.106152. – EDN GNBDHW.

294. Ren, R. Innovation-orientation, dynamic capabilities and evolution of the informal Shanzhai firms in China: a case study / R. Ren, L. Yu, Y. Zhu // *Journal of entrepreneurship in emerging economies*. – 2016. – Vol. 8, iss. 1. – P. 45–59. – DOI 10.1108/JEEE-01-2015-0003.

295. Richta, R. Civilizace na rozcestí: společenské a lidské souvislosti vědeckotechnické revoluce / R. Richta [et al.]. – Praha : Svoboda, 1966. – 236 s.

296. Schumacher, A. A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises / A. Schumacher, S. Erol, W. Sihn // *Procedia CIRP*. – 2016. – Vol. 52. – P. 161–166. – DOI 10.1016/j.procir.2016.07.040.

297. Shumpeter, J. Business cycles, vol. 1, 2 / J. Shumpeter. – New York ; London : McGraw-Hill, 1939. – 668 p.

298. Sorbe, S. Digital dividend: policies to harness / S. Sorbe, P. Gal, G. Nicoletti, C. Timiliotis. – Paris : OECD, 2019. – 31 p. – (OECD economic policy papers, no. 26). – DOI 10.1787/273176bc-en.

299. The Digital Economy and Society Index (DESI). – URL: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi> (дата обращения: 01.05.2023).

300. The ICT Development Index (IDI): conceptual framework and methodology. – URL: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/publications/mis/methodology.aspx> (дата обращения: 18.12.2022);

301. Ulam, S. Tribute to John von Neumann / S. Ulam // Bulletin of the American mathematical society. – 1958. – Vol. 64, iss. 3, pt. 2. – P. 1–49.

302. Wallace, T. ERP: making it happen; the implementers' guide to success with enterprise resource planning / T. Wallace, M. Kremzar. – New York : John Wiley, 2001. – 385 p.

303. Wiesböck, F. Digital innovations / F., Wiesböck T. Hess // Electronic markets. – 2020. – Vol. 30. – DOI 10.1007/s12525-019-00364-9.

Приложение А
(обязательное)

**Использование информационно-коммуникационных технологий
в предпринимательском секторе по странам**

Таблица А.1 – Использование информационно-коммуникационных технологий в предпринимательском секторе по странам, % от общего числа организаций¹

Страна	Использование ИКТ в организациях	Организации, использующие интернет	Организации, имеющие веб-сайт
Финляндия	100	100	94
Нидерланды	100	100	84
Литва	100	100	75
Дания	99	99	92
Австрия	99	98	86
Словакия	99	98	80
Люксембург	99	98	79
Франция	99	99	65
Швеция	98	98	89
Германия	98	98	84
Словения	98	97	80
Норвегия	98	97	79
Бельгия	98	97	78
Испания	98	97	68
Италия	98	97	67
Португалия	98	96	59
Чехия	97	96	80
Мальта	97	95	78
Эстония	97	97	76
Латвия	97	94	56
Исландия	96	99	83
Великобритания	96	96	82
Ирландия	96	95	75
Кипр	96	93	66
Польша	95	94	66
Болгария	92	89	47
Россия	92	87	40
Венгрия	91	88	61
Греция	90	87	61
Румыния	85	83	42

¹ Составлено автором по: Индикаторы информационного общества, 2015: стат. сб. / Г. И. Абдрахманова, Л. М. Гохберг, М. А. Кевеш и др. М.: НИУ ВШЭ, 2015. 312 с.

Приложение Б (обязательное)

Корреляционная матрица

обработка	лобача полезных	индексы производства по виду экономической	оборот предприятий	число	валовой	Показатели
.877**	.415**	-0.039	.986**	9.66**	1	ВРП, млн рублей
.900**	0.193	-0.045	.986**	1	.966**	число предприятий и организаций
.883**	.303**	-0.043	1	.986**	.986**	оборот предприятий и организаций, млрд рублей
-0.047	-0.072	1	-0.043	-0.045	-0.039	индексы производства по виду экономической
0.175	1	-0.072	.303**	0.193	.415**	лобача полезных ископаемых, млн рублей
1	0.175	-0.047	.883**	.900**	.877**	обрабатывающие производства, млн рублей
0.196	0.176	-0.191	.220*	0.185	.225*	организации, использовавшие персональные компьютеры,
.528**	.444**	0.142	.550**	.503**	.571**	организации, использовавшие серверы, % от общего числа
.433**	.426**	-0.112	.406**	.367**	.442**	организации, использовавшие локальные вычислительные
.367**	.300**	-0.03	.372**	.340**	.388**	организации, использовавшие глобальные
.353**	.279**	0.046	.367**	.335**	.379**	организации, использовавшие сеть интернет, % от общего
.465**	0.184	0.126	.416**	.405**	.418**	организации, использовавшие широкополосный доступ к
.624**	0.159	0.157	.625**	.627**	.603**	организации, имевшие веб-сайт, % от общего числа
0.113	0.051	-0.076	0.084	0.074	0.076	организации, использовавшие системы электронного
.297**	0.031	0.152	.270*	.275*	.253*	организации, использовавшие электр. обмен данными
.916**	0.158	-0.02	.968**	.984**	.940**	организации, выполнявшие научные исследования и
.897**	0.159	-0.025	.971**	.974**	.937**	численность персонала, занятого научными
.833**	0.184	-0.039	.981**	.984**	.951**	численность исследователей с учеными степенями,
.891**	0.167	-0.032	.972**	.972**	.938**	внутренние затраты на научные исследования и
.890**	0.169	-0.031	.974**	.974**	.940**	внутренние текущие затраты на научные исследования и
.877**	0.142	-0.038	.921**	.923**	.887**	капитальные затраты на научные исследования и
.891**	0.168	-0.031	.974**	.973**	.939**	внутренние текущие затраты на научные исследования и
.856**	0.184	-0.017	.981**	.984**	.959**	подано патентных заявок на изобретения, единиц
.866**	0.147	-0.087	.921**	.930**	.888**	подано патентных заявок на полезные модели, единиц
.850**	0.189	-0.03	.981**	.984**	.960**	выдано патентов на изобретения, единиц
-0.003	0.044	0.003	0.012	0.004	0.012	выдано патентов на полезные модели, единиц
0.002	0.158	-0.04	0.04	0.014	0.048	разработанные передовые производственные технологии
.876**	0.126	-0.002	.712**	.731**	.716**	используемые передовые производственные технологии
.956**	.370**	-0.059	.888**	.874**	.904**	затраты на технологические инновации, млн рублей
.877**	0.208	-0.031	.795**	.801**	.793**	объем инновационных товаров, работ, услуг, млн рублей
6	5	4	3	2	1	

организации, использующие	организации, использующие ест.	организации, использующие глобальные	организации, использующие локальные	организации, использующие сервисы	организации, использующие
.418**	.379**	.388**	.442**	.571**	.225*
.405**	.335**	.340**	.367**	.503**	0.185
.416**	.367**	.372**	.406**	.550**	.220*
0.126	0.046	-0.03	-0.112	0.142	-0.191
0.184	.279**	.300**	.426**	.444**	0.176
.465**	.353**	.367**	.433**	.528**	0.196
.470**	.776**	.797**	.559**	.433**	1
.559**	.718**	.680**	.688**	1	.433**
.553**	.751**	.791**	1	.688**	.559**
.758**	.984**	1	.791**	.680**	.797**
.771**	1	.984**	.751**	.718**	.776**
1	.771**	.758**	.553**	.559**	.470**
.787**	.757**	.737**	.656**	.700**	.427**
.458**	.443**	.504**	.422**	.259*	.337**
.611**	.490**	.455**	.379**	.505**	.242*
.408**	.335**	.340**	.364**	.501**	0.178
.399**	.329**	.331**	.346**	.496**	0.191
.369**	.320**	.321**	.326**	.480**	0.186
.399**	.334**	.335**	.349**	.500**	0.198
.398**	.333**	.333**	.349**	.499**	0.196
.403**	.344**	.345**	.346**	.490**	0.211
.399**	.334**	.335**	.350**	.500**	0.197
.371**	.310**	.314**	.331**	.471**	0.177
.414**	.339**	.341**	.350**	.488**	0.195
.365**	.304**	.309**	.329**	.471**	0.173
.234*	0.208	0.204	0.193	0.017	0.12
0.198	0.146	0.133	0.113	0.054	0.119
.383**	.278*	.295**	.380**	.387**	0.139
.428**	.359**	.368**	.440**	.548**	0.201
.390**	.342**	.351**	.388**	.457**	0.177
12	11	10	9	8	7

изменение затрат на обучение	численность	численность персонала, занятого	организации, выполняющие	организации, исполкковавшие электр. обмен данными	организации, исполкковавшие системы	организации, имеющие лоб-
.938**	.951**	.937**	.940**	.253*	0.076	.603**
.972**	.984**	.974**	.984**	.275*	0.074	.627**
.972**	.981**	.971**	.968**	.270*	0.084	.625**
-0.032	-0.039	-0.025	-0.02	0.152	-0.076	0.157
0.167	0.184	0.159	0.158	0.031	0.051	0.159
.891**	.833**	.897**	.916**	.297**	0.113	.624**
0.198	0.186	0.191	0.178	.242*	.337**	.427**
.500**	.480**	.496**	.501**	.505**	.259*	.700**
.349**	.326**	.346**	.364**	.379**	.422**	.656**
.335**	.321**	.331**	.340**	.455**	.504**	.737**
.334**	.320**	.329**	.335**	.490**	.443**	.757**
.399**	.369**	.399**	.408**	.611**	.458**	.787**
.626**	.606**	.626**	.641**	.564**	.339**	1
0.062	0.064	0.057	0.065	.576**	1	.339**
.269*	.260*	.265*	.276*	1	.576**	.564**
.979**	.968**	.984**	1	.276*	0.065	.641**
.998**	.974**	1	.984**	.265*	0.057	.626**
.974**	1	.974**	.968**	.260*	0.064	.606**
1	.974**	.998**	.979**	.269*	0.062	.626**
1.000**	.976**	.999**	.980**	.268*	0.061	.626**
.973**	.920**	.967**	.933**	.280**	0.082	.609**
1.000**	.976**	.998**	.980**	.269*	0.062	.627**
.969**	.987**	.970**	.967**	.243*	0.057	.596**
.926**	.913**	.928**	.933**	.321**	0.158	.608**
.962**	.988**	.963**	.963**	.246*	0.073	.590**
0.031	0.012	0.035	0.022	.267*	0.15	.224*
0.047	0.03	0.05	0.025	.268*	0.141	0.096
.768**	.661**	.777**	.767**	0.188	0.089	.505**
.889**	.825**	.890**	.889**	.265*	0.081	.584**
.810**	.746**	.815**	.828**	.270*	0.124	.541**
19	18	17	16	15	14	13

затраты на	использование	разработки	выдано лицензий на	выдано патентов	получено патентов	получено лицензий	выданные тексты затрат на	капитальные затраты на научные	выданные тексты затрат на
,904**	,716**	0,048	0,012	,960**	,888**	,959**	,939**	,887**	,940**
,874**	,731**	0,014	0,004	,984**	,930**	,984**	,973**	,923**	,974**
,888**	,712**	0,04	0,012	,981**	,921**	,981**	,974**	,921**	,974**
-0,059	-0,002	-0,04	0,003	-0,03	-0,087	-0,017	-0,031	-0,038	-0,031
,370**	0,126	0,158	0,044	0,189	0,147	0,184	0,168	0,142	0,169
,936**	,876**	0,002	-0,003	,850**	,866**	,856**	,891**	,877**	,890**
0,201	0,139	0,119	0,12	0,173	0,195	0,177	0,197	0,211	0,196
,548**	,387**	0,054	0,017	,471**	,488**	,471**	,500**	,490**	,499**
,440**	,380**	0,113	0,193	,329**	,350**	,331**	,350**	,346**	,349**
,368**	,295**	0,133	0,204	,309**	,341**	,314**	,335**	,345**	,333**
,359**	,278**	0,146	0,208	,304**	,339**	,310**	,334**	,344**	,333**
,428**	,383**	0,198	,234*	,365**	,414**	,371**	,399**	,403**	,398**
,584**	,505**	0,096	,224*	,590**	,608**	,596**	,627**	,609**	,626**
0,081	0,089	0,141	0,15	0,073	0,158	0,057	0,062	0,082	0,061
,265*	0,188	,268*	,267*	,246*	,321**	,243*	,269*	,280**	,268*
,889**	,767**	0,025	0,022	,963**	,933**	,967**	,980**	,933**	,980**
,890**	,777**	0,05	0,035	,963**	,928**	,970**	,998**	,967**	,999**
,825**	,661**	0,03	0,012	,988**	,913**	,987**	,976**	,920**	,976**
,889**	,768**	0,047	0,031	,962**	,926**	,969**	1,000**	,973**	1,000**
,888**	,764**	0,048	0,032	,964**	,927**	,971**	1,000**	,969**	1
,878**	,802**	0,032	0,022	,907**	,884**	,913**	,970**	1	,969**
,888**	,764**	0,046	0,031	,964**	,926**	,970**	1	,970**	1,000**
,852**	,699**	0,024	0,01	,998**	,919**	1	,970**	,913**	,971**
,847**	,719**	0,025	0,044	,917**	1	,919**	,926**	,884**	,927**
,844**	,686**	0,013	0,001	1	,917**	,998**	,964**	,907**	,964**
0,028	0,058	,697**	1	0,001	0,044	0,01	0,031	0,022	0,032
0,063	0,028	1	,697**	0,013	0,025	0,024	0,046	0,032	0,048
,844**	1	0,028	0,058	,686**	,719**	,699**	,764**	,802**	,764**
1	,844**	0,063	0,028	,844**	,847**	,852**	,888**	,878**	,888**
,918**	,818**	-0,01	-0,007	,776**	,803**	,783**	,809**	,799**	,809**
29	28	27	26	25	24	23	22	21	20

объект инновационных
.793**
.801**
.795**
-0.031
0.208
.877**
0.177
.457**
.388**
.351**
.342**
.390**
.541**
0.124
.270*
.828**
.815**
.746**
.810**
.809**
.799**
.809**
.783**
.803**
.776**
-0.007
-0.01
.818**
.918**
1
30

Приложение В
(обязательное)

Оценочный лист АО «МХК «ЕвроХим»

Оцените информационную систему на предприятии по показателям, исходя из шкалы:

- 0 баллов присваивается при отсутствии фактического значения по критерию;
- 0,5 балла – при разработке и развитии данной позиции на промышленном предприятии;
- 1 балл – при актуальном и востребованном функционировании позиции.

Наименование показателя	Балл
Наличие интегрированной системы	
Наличие базы моделей, БД системы управления	
Наличие необходимого программного продукта	
Наличие документов, регламентирующих функционирование и развитие информационного обеспечения	
Достаточность уровня информатизации хозяйственной деятельности	
Достаточность конфигурации БД и баз моделей	
Достаточность программных средств для решения практических задач	
Достаточность функционала управления развитием системы информационного обеспечения	
Доступность пользователей к системе информационного обеспечения	
Доступность информационных ресурсов для автоматизированной обработки	
Доступность информационных коммуникаций между подразделениями	
Доступность систем электронного документооборота	
Востребованность предоставляемой информации	
Востребованность отчетов по запросам потребителей	
Востребованность квалифицированными пользователями	
Востребованность корпоративного портала	

Приложение Г
(обязательное)

Промышленные предприятия – лидеры цифровизации в РФ
в разрезе отраслей

Таблица В.1 – Промышленные предприятия – лидеры цифровизации по отраслям

№ места	Наименование предприятия	Индекс цифровизации, %	Наименование отрасли
1	АО «Раменский приборостроительный завод»	82,78	Машиностроительная
2	ПАО «ОДК-Сатурн»	81,39	Машиностроительная
3	ООО «Икапласт»	80,97	Металлургическая
4	ООО «Азия Цемент»	79,67	Строительная
5	АО «Судостроительный завод «Вымпел»	79,26	Машиностроительная
6	АО «Конар»	78,23	Металлургическая
7	ООО «Байтэрг»	77,64	Машиностроительная
8	АО «ОДК-Авиадвигатель»	76,49	Машиностроительная
9	ПАО «КАМАЗ»	75,77	Машиностроительная
10	АО «Научно-производственное объединение «Квант»	74,41	Машиностроительная
11	ООО Торгово-производственная компания «Вартон»	73,66	Машиностроительная
12	АО «Сибуртюменьгаз»	73,52	Нефтегазовая
13	ООО «Алмаз Удобрения»	73,43	Химическая
14	АО «Выксунский металлургический завод»	73,40	Металлургическая
15	АО «Центральный научно-исследовательский институт «Буревестник»	72,89	Машиностроительная
16	АО «Вертолеты России»	72,80	Машиностроительная
17	ПАО «Тамбовский завод «Электроприбор»	72,38	Машиностроительная
18	ПАО «Пермская научно-производственная приборостроительная компания»	72,10	Машиностроительная
19	АО «Пермский завод «Машиностроитель»	71,90	Машиностроительная
20	ООО «Кабельный завод «Эксперт-кабель»	71,79	Металлургическая
21	ООО «Международная группа компаний «Световые технологии»	71,47	Машиностроительная
22	АО «Корпорация «Тактическое ракетное вооружение»	71,19	Машиностроительная
23	АО «Конструкторское бюро приборостроения им. академика А. Г. Шипунова»	71,16	Машиностроительная
24	ФГУП «Горно-химический комбинат»	71,05	Химическая
25	ООО «Нижнекамская ТЭЦ»	71,04	Нефтегазовая
26	ООО «Разрез Кийзасский»	70,97	Нефтегазовая
27	АО «Транспортное машиностроение»	70,91	Машиностроительная

№ мес та	Наименование предприятия	Индекс цифровизации, %	Наименование отрасли
28	ЗАО «Чебоксарское предприятие «Сеспель»	70,88	Металлургическая
29	ФГУП «Производственное объединение «Маяк»	70,63	Машиностроительная
30	ООО «Тулачермет-сталь»	70,28	Металлургическая
31	ООО Машиностроительный завод «Тонар»	70,05	Машиностроительная
32	АО «Объединенная двигателестроительная корпорация»	69,72	Машиностроительная
33	ПАО «Татнефть» имени В. Д. Шашина	69,68	Нефтегазовая
34	АО «Ардатовский светотехнический завод»	69,65	Машиностроительная
35	Кемеровское АО «АЗОТ»	69,43	Химическая
36	ООО Калужский многопрофильный деревоперерабатывающий комбинат «Союз-центр»	69,33	Деревообрабатывающая
37	АО «Гознак»	69,13	Деревообрабатывающая
38	ООО «Южно-Приобский газоперерабатывающий завод»	69,04	Нефтегазовая
39	ООО «Лукойл-Пермь»	68,90	Нефтегазовая
40	АО «Полюс Красноярск»	68,86	Химическая
41	АО «Пензенское производственное объединение «Электроприбор»	68,77	Машиностроительная
42	АО «Щербинский лифтостроительный завод»	68,75	Машиностроительная
43	ОАО «Красноярский завод цветных металлов имени В. Н. Гулидова»	68,69	Металлургическая
44	АО «Волтайр-Пром»	68,52	Химическая
45	ПАО «Якутская топливно-энергетическая компания»	68,47	Нефтегазовая
46	ОАО «Курскрезинотехника»	68,46	Химическая
47	Федеральное казенное предприятие «Комбинат «Каменский»	68,17	Химическая
48	АО «Конструкторское бюро специального машиностроения»	68,00	Машиностроительная
49	АО «Авиаавтоматика» имени В.В. Тарасова»	67,96	Машиностроительная
50	ПАО «Научно-производственная корпорация «Иркут»	67,87	Машиностроительная
51	ООО «Гельтек-Медика»	67,42	Химическая
52	ООО «ЛМР Пласт»	67,35	Химическая
53	АО «Концерн радиостроения «Вега»	67,13	Машиностроительная
54	АО «Концерн «Автоматика»	67,08	Машиностроительная
55	АО «Научно-производственное объединение «Андроидная техника»	66,93	Машиностроительная
56	Казанское ПАО «Органический синтез»	66,89	Химическая
57	ООО «Мурашинский фанерный завод»	66,72	Деревообрабатывающая
58	АО «Научно-производственное предприятие «Торий»	66,60	Химическая
59	АО «Русская кожа»	66,60	Текстильная

№ мес та	Наименование предприятия	Индекс цифровизации, %	Наименование отрасли
60	ПАО «Новосибирский завод химконцентратов»	66,56	Химическая
61	ООО «Челябинский тракторный завод – Уралтрак»	66,46	Машиностроительная
62	ООО «Планар»	66,45	Машиностроительная
63	ООО «Управляющая компания «Волма»	66,43	Деревообрабатывающ ая
64	АО «Улан-Удэнское приборостроительное производственное объединение»	66,30	Машиностроительная
65	ООО «Юг-Бетон-Сервис»	66,24	Строительная
66	АО «Гипровостокнефть»	65,93	Нефтегазовая
67	ООО «БСХ Бытовые приборы»	65,77	Машиностроительная
68	Акционерная компания «Алроса» (ПАО)	65,75	Химическая
69	ООО Специализированное конструкторское бюро «Индукция»	65,65	Машиностроительная
70	ООО «Полипром»	65,64	Химическая
71	АО «Златоустовский машиностроительный завод»	65,61	Машиностроительная
72	ПАО «Нижнекамскнефтехим»	65,51	Нефтегазовая
73	АО «Машиностроительный завод»	65,43	Машиностроительная
74	ООО Лысьвенский завод тяжелого электрического машиностроения «Привод»	65,36	Машиностроительная
75	АО «Уральский приборостроительный завод»	65,24	Машиностроительная
76	АО «Производственное объединение «Электрохимический завод»	65,12	Машиностроительная
77	ООО «Лаборатория технологической одежды»	64,78	Химическая
78	ООО «Риак»	64,71	Металлургическая
79	ООО «Лукойл- Волгограднефтепереработка»	64,65	Нефтегазовая
80	ЗАО «Эвалар»	64,60	Химическая
81	ПАО «Уральский завод тяжелого машиностроения»	64,46	Машиностроительная
82	АО «Транснефть-Приволга»	64,43	Нефтегазовая
83	АО «Концерн «Созвездие»	64,22	Пищевая
84	ООО «Уральские локомотивы»	64,18	Машиностроительная
85	АО «Силовые машины – ЗТЛ, ЛМЗ, Электросила, Энергомашэкспорт»	64,14	Машиностроительная
86	АО «Электрощит»	64,11	Машиностроительная
87	АО «Протон-Электротекс»	64,08	Машиностроительная
88	АО «Красноярский машиностроительный завод»	64,02	Машиностроительная
89	ООО «Таас-Юрях Нефтегазодобыча»	64,01	Нефтегазовая
90	ПАО «Императорский тульский оружейный завод»	63,69	Машиностроительная
91	АО «ОДК-Стар»	63,57	Машиностроительная
92	АО «Электромашиностроительный завод «Лепсе»	63,56	Машиностроительная

№ мес та	Наименование предприятия	Индекс цифровизации, %	Наименование отрасли
93	АО «Институт пластмасс имени Г. С. Петрова»	63,39	Химическая
94	АО «ОДК-Пермские моторы»	63,36	Машиностроительная
95	ООО «Фуд-тех»	62,91	Машиностроительная
96	ООО Индустриальный парк «Станкомаш»	62,86	Машиностроительная
97	АО «Научно-производственное объединение по медицинским иммунобиологическим препаратам «Микроген»	62,73	Химическая
98	АО «Концерн воздушно-космической обороны «Алмаз – Антей»	62,61	Машиностроительная
99	АО «Препрег – Современные композиционные материалы»	62,54	Химическая
10 0	ООО «Амурсталь»	62,42	Металлургическая

Приложение Д
(обязательное)

Расчет преобразованных показателей для предприятий машиностроительной отрасли

Показатели в таблице Г.1:

- 1 – наличие стратегии цифровизации;
- 2 – наличие раздела по цифровизации в общей стратегии развития;
- 3 – обозначены цифровые приоритеты;
- 4 – количество проектов по анализу больших данных, внедрению технологий Big Data;
- 5 – количество проектов в сфере робототехники;
- 6 – количество проектов по внедрению цифровых двойников;

- 7 – количество IT-решений для сбора, хранения, обработки и анализа моделирования массивов данных (успешные кейсы);
- 8 – количество IT-решений в управлении производственной деятельностью;
- 9 – количество IT-решений для управления финансово-хозяйственной деятельностью;
- 10 – количество платформенных цифровых решений.

Таблица Г.1 – Расчет преобразованных показателей для предприятий машиностроительной отрасли

Предприятие машиностроительной отрасли	Значение показателя										Итого	Преобразованное значение									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
АО «Раменский приборостроительный завод»	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	4	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
ПАО «ОДК-Сатурн»	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	4	0	1	1	0	8	0	0	6	0	0
АО «Судостроительный завод «Вымпел»	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	4	0	1	1	0	0	2	0	0	0	0
	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	4	0	1	1	0	0	5	0	6	0	0

Предприятие машиностроительной отрасли	Значение показателя										Ито го	Преобразованное значение									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ООО «Байтэрг»	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	4	0	0	1	7	0	5	0	6	0	0
АО «ОДК-Авиадвигатель»	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	3	0	0	1	0	8	0	0	6	0	0
ПАО «КАМАЗ»	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	3	0	1	1	0	0	5	0	0	0	0
АО «Научно-производственное объединение «Квант»	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	7	0	0	0	0	0	0
ООО Торгово-производственная компания «Вартон»	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	3	0	0	1	7	0	5	0	0	0	0
АО «Центральный научно- исследовательский институт «Буревестник»	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	8	0	0	0	0	0
АО «Вертолеты России»	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	6	0	0
ПАО «Тамбовский завод «Электроприбор»	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
ПАО «Пермская научно- производственная приборостроительная компания»	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
АО «Пермский завод «Машиностроитель»	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
ООО «Международная группа компаний «Световые технологии»	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	3	0	1	1	7	0	0	0	0	0	0

Предприятие машиностроительной отрасли	Значение показателя										Ито го	Преобразованное значение									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
АО «Корпорация «Тактическое ракетное вооружение»	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	3	0	0	1	0	8	0	0	6	0	0
АО «Конструкторское бюро приборостроения имени академика А. Г. Шипунова»	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	3	0	0	1	0	8	0	0	6	0	0
АО «Транспортное машиностроение»	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
ФГУП «Производственное объединение «Маяк»	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	4	0	0	1	7	0	0	3	6	0	0
ООО «Машиностроительный завод «Тонар»	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
АО «Объединенная двигателестроительная корпорация»	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0
АО «Ардатовский светотехнический завод»	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
АО «Пензенское производственное объединение «Электроприбор»	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
АО «Щербинский лифтостроительный завод»	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	4	0	1	1	7	0	0	3	0	0	0
АО «Конструкторское бюро специального машиностроения»	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	3	0	0	1	7	0	0	0	6	0	0
АО «Авиаавтоматика» имени В. В. Тарасова»	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	7	0	0	0	0	0	0

Предприятие машиностроительной отрасли	Значение показателя										Ито го	Преобразованное значение									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ПАО «Научно-производственная корпорация «Иркут»	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	8	0	0	0	0	0
АО «Концерн радиостроения «Вега»	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	3	0	0	1	0	8	0	0	6	0	0
АО «Концерн «Автоматика»	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
АО «Научно-производственное объединение «Андроидная техника»	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	6	0	0
ООО «Челябинский тракторный завод – Уралтрак»	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
ООО «Планар»	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	3	0	0	1	7	0	0	0	6	0	0
АО «Улан-Удэнское приборостроительное производственное объединение»	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	3	0	0	1	7	0	0	0	6	0	0
ООО «БСХ Бытовые приборы»	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	3	0	0	1	0	8	0	0	6	0	0
ООО Специализированное конструкторское бюро «Индукция»	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
АО «Златоустовский машиностроительный завод»	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	6	0	0
АО «Машиностроительный завод»	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	8	0	0	0	0	0

Предприятие машиностроительной отрасли	Значение показателя										Преобразованное значение										
											Ито го										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
ООО Лысьвенский завод тяжелого электрического машиностроения «Привод»	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
АО «Уральский приборостроительный завод»	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
АО «Производственное объединение «Электрохимический завод»	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	3	0	0	
ПАО «Уральский завод тяжелого машиностроения»	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	7	0	0	0	0	0	
ООО «Уральские локомотивы»	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	3	0	0	1	7	0	0	0	0	5	
АО «Силовые машины – ЗТЛ, ЛМЗ, Электросила, Энергомашэкспорт»	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	3	0	0	
АО «Электроцит»	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	3	0	0	1	0	8	0	0	0	0	
АО «Протон-Электротекс»	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	5	
АО «Красноярский машиностроительный завод»	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	3	0	0	
ПАО «Императорский тульский оружейный завод»	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	4	0	0	1	7	0	0	0	6	0	
АО «ОДК-Стар»	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	8	0	0	0	0	

Предприятие машиностроительной отрасли	Значение показателя										Итого	Преобразованное значение									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
АО «Электромашиностроительный завод «Лепсе»	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
АО «ОДК-Пермские моторы»	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	3	0	0	1	0	8	0	0	0	5	0
ООО «Фуд-тех»	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3
ООО Индустриальный парк «Станкомаш»	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
АО «Концерн воздушно-космической обороны «Алмаз – Антей»	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	1	0	0	0	0	5	0	0

Таблица Г.2 – Значения весовых коэффициентов для значений показателей предприятий машиностроительной отрасли

Показатель	Вес
Количество проектов по анализу больших данных, внедрению технологий Big Data	0,23
Количество проектов в сфере робототехники	0,19
Количество проектов по внедрению цифровых двойников	0,06
Количество IT-решений для сбора, хранения, обработки и анализа моделирования массивов данных (успешные кейсы)	0,13
Количество IT-решений в управлении производственной деятельностью	0,27
Количество IT-решений для управления финансово-хозяйственной деятельностью	0,06
Количество платформенных цифровых решений	0,05

Приложение Е (обязательное)

Расчет преобразованных показателей для предприятий металлургической отрасли

Показатели в таблице Д.1:

- 1 – наличие стратегии цифровизации;
- 2 – наличие раздела по цифровизации в общей стратегии развития;
- 3 – обозначены цифровые приоритеты;
- 4 – количество проектов по анализу больших данных, внедрению технологий Big Data;
- 5 – количество проектов в сфере робототехники;
- 6 – количество проектов по внедрению цифровых двойников;

- 7 – количество IT-решений для сбора, хранения, обработки и анализа моделирования массивов данных (успешные кейсы);
- 8 – количество IT-решений в управлении производственной деятельностью;
- 9 – количество IT-решений для управления финансово-хозяйственной деятельностью;
- 10 – количество платформенных цифровых решений.

Таблица Д.1 – Расчет преобразованных показателей для предприятий металлургической отрасли

Предприятие металлургической отрасли	Значение показателя										Итого	Преобразованное значение									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ООО «Икапласт»	0	1	1	3	2	2	2	2	1	2	16	0	1	1	9	4	8	5	11	0	8
АО «Конар»	0	1	1	3	2	1	2	2	1	2	15	0	1	1	9	4	9	5	11	0	8
АО «Выксунский металлургический завод»	1	0	1	2	1	1	2	1	2	2	13	1	0	1	3	7	9	5	5	0	8

Предприятие металлургической отрасли	Значение показателя										Ито го	Преобразованное значение									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ООО «Кабельный завод «Эксперт-кабель»	0	0	1	1	1	1	1	1	2	0	8	0	0	1	6	7	9	8	5	0	0
ЗАО «Чебоксарское предприятие «Сеспель»	0	0	1	1	1	1	0	4	1	2	11	0	0	1	6	7	9	0	1	0	8
ООО «Тулачермет-Сталь»	0	0	1	2	2	2	0	4	1	1	13	0	0	1	3	4	8	0	1	0	9
ОАО «Красноярский завод цветных металлов имени В. Н. Гулидова»	0	0	1	2	2	1	1	2	0	0	9	0	0	1	3	4	9	8	11	0	0
ООО «Риак»	0	1	1	1	1	1	2	2	1	1	11	0	1	1	6	7	9	5	11	0	9
ООО «Амурсталь»	0	0	1	1	2	1	2	1	1	1	10	0	0	1	6	4	9	5	5	0	9

Таблица Д.2 – Значения весовых коэффициентов для значений показателей предприятий металлургической отрасли

Показатель	Вес
Количество проектов по анализу больших данных, внедрению технологий Big Data	0,17
Количество проектов в сфере робототехники	0,15
Количество проектов по внедрению цифровых двойников	0,12
Количество IT-решений для сбора, хранения, обработки и анализа моделирования массивов данных (успешные кейсы)	0,14
Количество IT-решений в управлении производственной деятельностью	0,2
Количество IT-решений для управления финансово-хозяйственной деятельностью	0,11
Количество платформенных цифровых решений	0,12

Приложение Ж
(обязательное)

Расчет преобразованных показателей для предприятий химической отрасли

Показатели в таблице Е.1:

- 1 – наличие стратегии цифровизации;
- 2 – наличие раздела по цифровизации в общей стратегии развития;
- 3 – обозначены цифровые приоритеты;
- 4 – количество проектов по анализу больших данных, внедрению технологий Big Data;
- 5 – количество проектов в сфере робототехники;
- 6 – количество проектов по внедрению цифровых двойников;

- 7 – количество IT-решений для сбора, хранения, обработки и анализа моделирования массивов данных (успешные кейсы);
- 8 – количество IT-решений в управлении производственной деятельностью;
- 9 – количество IT-решений для управления финансово-хозяйственной деятельностью;
- 10 – количество платформенных цифровых решений.

Таблица Е.1 – Расчет преобразованных показателей для предприятий химической отрасли

Предприятие химической отрасли	Значение показателя										Итого	Преобразованное значение									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ООО «Алмаз удобрения»	0	1	1	4	1	1	1	2	1	1	11	0	1	1	5	7	9	8	11	0	9
ФГУП «Горно-химический комбинат»	0	1	1	2	1	0	1	2	0	1	7	0	1	1	3	7	0	8	11	0	9
Кемеровское АО «Азот»	0	1	1	1	1	1	1	3	0	1	8	0	1	1	6	7	9	8	6	0	9

Предприятие химической отрасли	Значение показателя										Ито го	Преобразованное значение									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
АО «Полюс Красноярск»	0	0	1	1	2	1	1	2	1	0	8	0	0	1	6	4	9	8	11	0	0
АО «Волгайр-пром»	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	4	0	0	1	6	0	0	0	5	0	9
ОАО «Курскрезинотехника»	0	0	1	2	1	1	1	1	1	0	7	0	0	1	3	7	9	8	5	0	0
Федеральное казенное предприятие «Комбинат «Каменский»	0	0	1	2	1	1	1	2	0	0	7	0	0	1	3	7	9	8	11	0	0
ООО «Гельтек-медика»	0	0	0	1	0	1	1	2	0	1	6	0	0	0	6	0	9	8	11	0	9
ООО «ЛМР Пласт»	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	4	0	0	0	0	7	0	0	5	0	9
Казанское ПАО «Органический синтез»	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	5	1	0	1	0	0	9	8	5	0	9
АО «Научно-производственное предприятие «Торий»	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	4	1	1	1	6	0	9	0	5	0	0
ПАО «Новосибирский завод химконцентратов»	0	1	1	0	1	1	1	2	0	0	5	0	1	1	0	7	9	8	11	0	0
Акционерная компания «Алроса» (ПАО)	0	1	1	0	2	0	1	1	0	1	5	0	1	1	0	4	0	8	5	0	9

Предприятие химической отрасли	Значение показателя										Ито го	Преобразованное значение									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	
ООО «Полипром»	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	3	0	0	0	0	0	0	8	5	0	9
ООО «Лаборатория технологической одежды»	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	4	0	0	0	6	7	9	0	0	0	9
ЗАО «Эвалар»	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	3	0	1	1	0	7	0	8	0	0	0
АО «Институт пластмасс имени Г. С. Петрова»	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
АО «Научно-производственное объединение по медицинским иммунобиологическим препаратам «Микроген»	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	3	0	1	1	0	0	9	8	0	0	0
АО «Препрег – Современные композиционные материалы»	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	2	0	1	1	0	7	0	0	0	0	9

Таблица Е.2 – Значения весовых коэффициентов для значений показателей предприятий химической отрасли

Показатель	Вес
Количество проектов по анализу больших данных, внедрению технологий Big Data	0,15
Количество проектов в сфере робототехники	0,14
Количество проектов по внедрению цифровых двойников	0,02
Количество IT-решений для сбора, хранения, обработки и анализа моделирования массивов данных (успешные кейсы)	0,15

Количество IT-решений в управлении производственной деятельностью	0,17
Количество IT-решений для управления финансово-хозяйственной деятельностью	0,12
Количество платформенных цифровых решений	0,03

Приложение 3 (обязательное)

Расчет преобразованных показателей для предприятий нефтегазовой отрасли

Показатели в таблице Ж.1:

- 1 – наличие стратегии цифровизации;
- 2 – наличие раздела по цифровизации в общей стратегии развития;
- 3 – обозначены цифровые приоритеты;
- 4 – количество проектов по анализу больших данных, внедрению технологий Big Data;
- 5 – количество проектов в сфере робототехники;
- 6 – количество проектов по внедрению цифровых двойников;

- 7 – количество IT-решений для сбора, хранения, обработки и анализа моделирования массивов данных (успешные кейсы);
- 8 – количество IT-решений в управлении производственной деятельностью;
- 9 – количество IT-решений для управления финансово-хозяйственной деятельностью;
- 10 – количество платформенных цифровых решений.

Таблица Ж.1 – Расчет преобразованных показателей для предприятий нефтегазовой отрасли

Предприятие нефтегазовой отрасли	Значение показателя										Итого	Преобразованное значение									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
АО «Сибуртюменьгаз»	0	1	1	2	3	1	1	2	1	1	11	0	1	1	8	3	0	4	2	3	0
ООО «Нижнекамская ТЭЦ»	0	1	1	2	1	0	1	2	1	0	7	0	1	1	8	8	0	4	2	3	0
ООО «Разрез Кийзасский»	0	0	1	1	3	1	0	1	0	0	6	0	0	1	9	3	0	0	6	0	0

Предприятие нефтегазовой отрасли	Значение показателя										Ито го	Преобразованное значение									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ПАО «Татнефть» имени В. Д. Шашина	1	1	1	3	2	1	2	4	1	1	14	1	1	1	7	5	0	9	4	3	0
ООО «Южно-Приобский газоперерабатывающий завод»	0	1	1	2	1	0	3	3	0	0	9	0	1	1	8	8	0	3	8	0	0
ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ»	1	1	1	4	2	1	3	5	1	1	17	1	1	1	6	5	0	3	9	3	0

Таблица Ж.2 – Значения весовых коэффициентов для значений показателей предприятий нефтегазовой отрасли

Показатель	Вес
Количество проектов по анализу больших данных, внедрению технологий Big Data	0,17
Количество проектов в сфере робототехники	0,21
Количество проектов по внедрению цифровых двойников	0,16
Количество IT-решений для сбора, хранения, обработки и анализа моделирования массивов данных (успешные кейсы)	0,11
Количество IT-решений в управлении производственной деятельностью	0,27
Количество IT-решений для управления финансово-хозяйственной деятельностью	0,05
Количество платформенных цифровых решений	0,03

Приложение И
(обязательное)

Расчет агрегированного показателя для рассмотренных отраслей

Таблица И.1 – Расчет агрегированного показателя Y_{it} для каждой из рассмотренных отраслей

Показатель	Значения показателя				Итого	Преобразованные значения			
	Отрасль					Отрасль			
	машино- строи- тельная	металлу- р- гическа- я	нефте- газовая	хими- ческая	о	машин- о- строи- тельна- я	металл- ур- гическ- ая	нефте- газова- я	хими- ческая
Количество предприятий – лидеров по цифровизации в отрасли	54	9	12	19	92	0,59	0,10	0,13	0,21
Доля отечественного ПО в отрасли, %	0,10	0,26	0,09	0,08	–	0,10	0,26	0,09	0,08
Доля российского оборудования в отрасли, %	0,60	0,65	0,68	0,63	–	0,60	0,65	0,68	0,63
Доля предприятий отрасли, использующих облачные сервисы, %	0,21	0,23	0,24	0,28	–	0,21	0,23	0,24	0,28
Количество проектов по анализу больших данных, внедрению технологий Big Data	14	16	11	14	55	0,25	0,29	0,2	0,25
Количество проектов в сфере робототехники	12	14	13	13	52	0,23	0,27	0,25	0,25
Количество проектов по внедрению цифровых двойников	4	11	10	2	27	0,15	0,41	0,37	0,07
Количество IT-решений для сбора, хранения, обработки и анализа моделирования массивов данных (успешные кейсы)	8	13	7	14	35	0,23	0,37	0,20	0,40
Количество IT-решений в управлении производственной деятельностью	17	19	17	16	69	0,25	0,28	0,25	0,23

Показатель	Значения показателя				Итого	Преобразованные значения			
	Отрасль					Отрасль			
	машино- строи- тельная	металлу- р- гическа- я	нефте- газовая	хими- ческая	о	машин- о- строи- тельна- я	металл- ур- гическ- ая	нефте- газова- я	хими- ческая
Количество IT-решений для управления финансово-хозяйственной деятельностью	4	10	3	11	28	0,14	0,36	0,11	0,39
Количество платформенных цифровых решений	3	11	2	3	19	0,16	0,58	0,11	0,16
Количество цифровых проектов в отрасли	62	94	63	73	292	0,21	0,32	0,22	0,25

Таблица И.2 – Значения весовых коэффициентов для значений отраслевых показателей

Показатель	Вес
Количество проектов по анализу больших данных, внедрению технологий Big Data	0,19
Количество проектов в сфере робототехники	0,18
Количество проектов по внедрению цифровых двойников	0,09
Количество IT-решений для сбора, хранения, обработки и анализа моделирования массивов данных (успешные кейсы)	0,12
Количество IT-решений в управлении производственной деятельностью	0,24
Количество IT-решений для управления финансово-хозяйственной деятельностью	0,10
Количество платформенных цифровых решений	0,07

Приложение К
(обязательное)

Значения агрегированных показателей по отраслям

Таблица К.1 – Значения агрегированных показателей для машиностроительной отрасли

Наименование промышленного предприятия машиностроительной отрасли	Агрегированный показатель «Уровень цифровизации промышленного предприятия»	Агрегированный показатель «Уровень реализации цифровых решений промышленного предприятия в системе отраслевых приоритетов»
АО «Раменский приборостроительный завод»	0,303	2,02
ПАО «ОДК-Сатурн»	0,203	1,35
АО «Судостроительный завод «Вымпел»	0,203	1,35
ООО «Байтэрг»	0,105	0,70
АО «ОДК-Авиадвигатель»	0,103	0,69
ПАО «КАМАЗ»	0,202	1,34
АО «Научно-производственное объединение «Квант»	0,102	0,68
ООО «Торгово-производственная компания «Вартон»	0,103	0,69
АО «Центральный научно-исследовательский институт «Буревестник»	0,102	0,68
АО «Вертолеты России»	0,102	0,68
ПАО «Тамбовский завод «Электроприбор»	0,200	1,33
ПАО «Пермская научно-производственная приборостроительная компания»	0,100	0,67
АО «Пермский завод «Машиностроитель»	0,200	1,33
ООО «Международная группа компаний «Световые технологии»	0,202	1,34
АО «Корпорация «Тактическое ракетное вооружение»	0,103	0,69
АО «Конструкторское бюро приборостроения им. академика А. Г. Шипунова»	0,103	0,69
АО «Транспортное машиностроение»	0,100	0,67
ФГУП «Производственное объединение «Маяк»	0,105	0,70
ООО «Машиностроительный завод «Тонар»	0,200	1,33

Наименование промышленного предприятия машиностроительной отрасли	Агрегированный показатель «Уровень цифровизации промышленного предприятия»	Агрегированный показатель «Уровень реализации цифровых решений промышленного предприятия в системе отраслевых приоритетов»
АО «Объединенная двигателестроительная корпорация»	0,102	0,68
АО «Ардатовский светотехнический завод»	0,100	0,67
АО «Пензенское производственное объединение «Электроприбор»	0,100	0,67
АО «Щербинский лифтостроительный завод»	0,203	1,36
АО «Конструкторское бюро специального машиностроения»	0,103	0,69
АО «Авиаавтоматика» имени В. В. Тарасова»	0,102	0,68
ПАО «Научно-производственная корпорация «Иркут»	0,102	0,68
АО «Концерн радиостроения «Вега»	0,103	0,69
АО «Концерн «Автоматика»	0,100	0,67
АО «Научно-производственное объединение «Андроидная техника»	0,102	0,68
ООО «Челябинский тракторный завод – Уралтрак»	0,102	0,68
ООО «Планар»	0,103	0,69
АО «Улан-Удэнское приборостроительное производственное объединение»	0,103	0,69
ООО «БСХ Бытовые приборы»	0,103	0,69
ООО Специализированное конструкторское бюро «Индукция»	0,102	0,68
АО «Златоустовский машиностроительный завод»	0,102	0,68
АО «Машиностроительный завод»	0,102	0,68
ООО Лысьвенский завод тяжелого электрического машиностроения «Привод»	0,100	0,67
АО «Уральский приборостроительный завод»	0,100	0,67
АО «Производственное объединение «Электрохимический завод»	0,102	0,68
ПАО «Уральский завод тяжелого машиностроения»	0,102	0,68
ООО «Уральские локомотивы»	0,118	0,79
АО «Силовые машины – ЗТЛ, ЛМЗ, Электросила, Энергомашэкспорт»	0,102	0,68
АО «Электрощит»	0,103	0,69
АО «Протон-Электротекс»	0,116	0,78
АО «Красноярский машиностроительный завод»	0,102	0,68
ПАО «Императорский тульский оружейный завод»	0,105	0,70

Наименование промышленного предприятия машиностроительной отрасли	Агрегированный показатель «Уровень цифровизации промышленного предприятия»	Агрегированный показатель «Уровень реализации цифровых решений промышленного предприятия в системе отраслевых приоритетов»
АО «ОДК-Стар»	0,102	0,68
АО «Электромашиностроительный завод «Лепсе»	0,100	0,67
АО «ОДК-Пермские моторы»	0,118	0,79
ООО «Фуд-Тех»	0,102	0,68
ООО Индустриальный парк «Станкомаш»	0,100	0,67
АО «Концерн воздушно-космической обороны «Алмаз – Антей»	0,116	0,78

Таблица К.2 – Значения агрегированных показателей для металлургической отрасли

Наименование промышленного предприятия металлургической отрасли	Агрегированный показатель «Уровень цифровизации промышленного предприятия»	Агрегированный показатель «Уровень реализации цифровых решений промышленного предприятия в системе отраслевых приоритетов»
ООО «Икапласт»	0,215053	1,536094
АО «Конар»	0,213962	1,528301
АО «Выксунский металлургический завод»	0,211876	1,513397
ООО «Кабельный завод «Эксперт-кабель»	0,107554	0,768246
ЗАО «Чебоксарское предприятие «Сеспель»	0,110717	0,790837
ООО «Тулачермет-Сталь»	0,112851	0,806079
ОАО «Красноярский завод цветных металлов имени в. Н. Гулидова»	0,108541	0,775293
ООО «Риак»	0,209675	1,497678
ООО «Амурсталь»	0,109694	0,783526

Таблица К.3 – Значения агрегированных показателей для химической отрасли

Наименование промышленного предприятия химической отрасли	Агрегированный показатель «Уровень цифровизации промышленного предприятия»	Агрегированный показатель «Уровень реализации цифровых решений промышленного предприятия в системе отраслевых приоритетов»
ООО «Алмаз Удобрения»	0,209	1,610
ФГУП «Горно-химический комбинат»	0,206	1,585
Кемеровское АО «Азот»	0,206	1,586
АО «Полюс Красноярск»	0,107	0,825
АО «Волтайр-Пром»	0,103	0,795
ОАО «Курскрезинотехника»	0,106	0,817
Федеральное казенное предприятие «Комбинат «Каменский»	0,107	0,827

ООО «Гельтек-Медика»	0,006	0,049
ООО «ЛМР Пласт»	0,004	0,033
Казанское ПАО «Органический синтез»	0,205	1,580
АО «Научно-производственное предприятие «Торий»	0,304	2,341
ПАО «Новосибирский завод химконцентратов»	0,205	1,580
Акционерная компания «Алроса» (ПАО)	0,205	1,580
ООО «Полипром»	0,003	0,025
ООО «Лаборатория технологической одежды»	0,004	0,033
ЗАО «Эвалар»	0,203	1,563
АО «Институт пластмасс имени г. С. Петрова»	0,101	0,778
АО «Научно-производственное объединение по медицинским иммунобиологическим препаратам «Микроген»	0,203	1,564
АО «Препрег – Современные композиционные материалы»	0,202	1,555

Таблица К.4 – Значения агрегированных показателей для нефтегазовой отрасли

Наименование промышленного предприятия нефтегазовой отрасли	Агрегированный показатель «Уровень цифровизации промышленного предприятия»	Агрегированный показатель «Уровень реализации цифровых решений промышленного предприятия в системе отраслевых приоритетов»
АО «Сибуртюменьгаз»	0,217	1,812
ООО «Нижекамская ТЭЦ»	0,211	1,759
ООО «Разрез Кийзасский»	0,110	0,913
ПАО «Татнефть» имени В. Д. Шашина	0,322	2,685
ООО «Южно-Приобский газоперерабатывающий завод»	0,214	1,786
ООО «Лукойл-Пермь»	0,327	2,725

Приложение Л
(обязательное)

Расчет суммарного балла экспертных оценок АО «МХК «ЕвроХим»

Таблица Л.1 – Расчет суммарного балла экспертных оценок АО «МХК «ЕвроХим»

Наименование показателя	Количество экспертов, поставивших балл			Суммарный балл
	1	0,5	0	
Наличие интегрированной системы	50	0	0	50,0
Наличие базы моделей, БД системы управления	50	0	0	50,0
Наличие необходимого программного продукта	23	17	10	31,5
Наличие документов, регламентирующих функционирование и развитие информационного обеспечения	43	7	0	46,5
Достаточность уровня информатизации хозяйственной деятельности	31	9	10	35,5
Достаточность конфигурации БД и баз моделей	22	19	9	31,5
Достаточность программных средств для решения практических задач	24	26	0	37,0
Достаточность функционала управления развитием системы информационного обеспечения	26	18	6	35,0
Доступность пользователей к системе информационного обеспечения	30	8	12	34,0
Доступность информационных ресурсов для автоматизированной обработки	21	18	11	30,0
Доступность информационных коммуникаций между подразделениями	22	24	4	34,0
Доступность систем электронного документооборота	26	18	6	35,0
Востребованность предоставляемой информации	17	19	14	26,5
Востребованность отчетов по запросам потребителей	14	19	17	23,5
Востребованность квалифицированными пользователями	24	22	4	35,0
Востребованность корпоративного портала	2	13	35	8,5

Приложение М (обязательное)

Алгоритм построения нейросетевой модели

Целью данной модели является прогнозирование развития цифровой трансформации на промышленном предприятий.

Актуальность разработки алгоритма состоит в том, что процессы цифровизации предприятий имеют сильную зависимость от наличия информационных ресурсов. Их недостаточность может привести к рискам, связанным с замедлением основных процессов функционирования предприятия.

Функциональные требования к системе:

- загружаем библиотеки;
- получаем данные из датасета;
- визуализируем операции с помощью T-SNE;
- создаем и обучаем модель автоэнкодера;
- получаем скрытые представления;
- создаем обучающий набор данных, используя скрытые представления и визуализируем случаи;
- обучаем простой линейный классификатор и выводим точность предсказания.

Ниже представлен датасет, содержащий статистические данные по наличию функционированию цифровых процессов на АО «МХК «ЕвроХим».

Датасет представляет данные, которые накоплены за три месяца 2022 г., имеется 492 замера из 284 807 показателей. Набор данных сильно несбалансирован, на класс операций по цифровой трансформации (системное программное обеспечение) приходится 0,172 % всех замеров.

Он содержит числовые входные переменные, которые были преобразованы с помощью PCA (Principal Component Analysis). Метод предназначен для анализа и

выделения независимых главных компонент, который сохраняет необходимую информацию, из множества взаимно коррелирующих входных данных.

Компоненты V1–V28 являются основными, полученными с помощью PCA (данные, полученные с помощью другой нейронной сети); признаки, которые не были преобразованы с помощью PCA, – это компоненты «ПО» и «ТО».

Функция «Time» содержит секунды, прошедшие между каждым замером в наборе данных. Для удобства использования этот компонент переведен из секунд в сутки.

Функция «Amount» – этот компонент отвечает за сумму операции.

Функция «Class» – это переменная ответа, которая принимает класс 1 в случае снижения и класс 0 в противоположном случае.

Как описано в датасете, объекты масштабируются, а названия объектов не отображаются из-за соображений конфиденциальности. Но все еще возможно проанализировать некоторые важные аспекты из датасета.

Загружаем библиотеки и набор данных с помощью Pandas. Считываем csv-файл с гугл-диска и преобразуем данные в сутки для удобства использования (рисунок М.1).

```
data = pd.read_csv('/content/gdrive/My Drive/cr/creditcard.csv')
data["Time"] = data["Time"].apply(lambda x : x / 3600 % 24) #переводим в сутки
data.head()
```

Рисунок М.1 – Преобразование данных

Для разработки использовались библиотеки Pandas, NumPy, Matplotlib, Seaborn, Scikit-learn, Keras, а также фреймворк TensorFlow как средство анализа (рисунок М.2).

```

from keras.layers import Input, Dense
from keras.models import Model, Sequential
from keras import regularizers
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.linear_model import LogisticRegression
from sklearn.metrics import classification_report, accuracy_score
from sklearn.manifold import TSNE
from sklearn import preprocessing
import matplotlib.pyplot as plt
import pandas as pd
import numpy as np
import seaborn as sns

```

Рисунок М.2 – Подключаемые библиотеки

В данном датасете операции сильно не сбалансированы, поскольку только 0,17 % случаев являются негативными (рисунок М.3).

	Target	Count	percent
0	0	284315	99.83
1	1	492	0.17

Рисунок М.3 – Набор данных, %

Но преимущество репрезентативного обучения заключается в том, что оно способно справляться с такой проблемой. Для данного варианта использования возьмем около 1000 строк операций, роста. Визуализируем с помощью T-SNE.

T-SNE – это метод декомпозиции набора данных, который уменьшает размерность и создает только верхние n компонентов с максимальной информацией.

Каждая точка в приведенном примере (рисунок М.4) представляет операцию по цифровой трансформации. Операции отдельных бизнес-процессов, которые связаны с единой системой информационного обеспечения, продемонстрированы зеленым цветом, а негативные операции продемонстрированы красным. Две оси – это компоненты, извлеченные T-SNE.

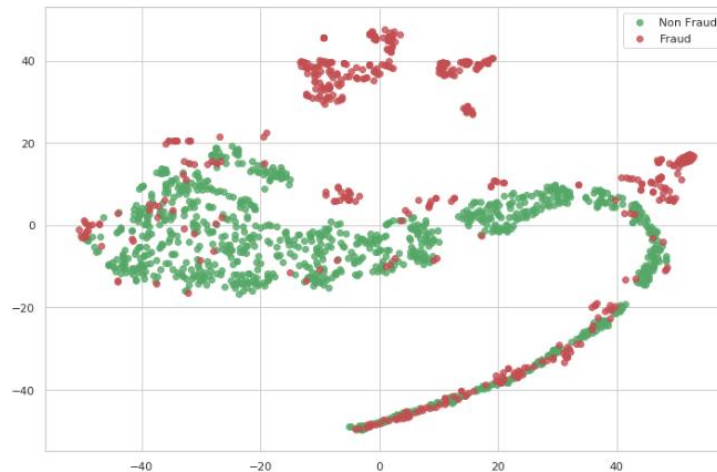


Рисунок М.4 – Уровень системности процессов цифровой трансформации и охват бизнес-процессов

Из приведенного выше графика можно отметить, что существует много операций, которые не включены в процессы цифровой трансформации, поэтому их трудно классифицировать с помощью модели.

Создадим модель автоэнкодера, где показываем случаи, которые можно увязать с бизнес-процессами. Модель изучает наилучшее представление такого включения. Эта же модель будет использоваться для создания представлений случаев, и предполагаем, что они будут отличаться от случаев, которые не связаны с цифровой трансформацией.

Создаем сеть с одним входным слоем и одним выходным слоем, имеющим идентичные размеры, которые не связаны со снижением. Для этого была использована библиотека Keras.

Используемые функции активации: гиперболический тангенс и линейный выпрямитель (ReLU).

Создаем архитектуру модели, скомпилировав входной и выходной слои. Также добавляем оптимизатор и функцию потерь. Был использован «Adadelta» в качестве оптимизатора и «Mse» в качестве функции потерь.

Перед тренировкой выполняем минимальное и максимальное масштабирование. Было использовано 2 000 строк случаев, не связанных с

цифровой трансформацией, для обучения автоэнкодера. Кроме того, нам не нужно запускать эту модель для большого количества эпох, в данном случае 20.

Небольшая выборка из исходного датасета основана на интуиции, что характеристики одного класса (отсутствие взаимосвязи с цифровыми процессами) будут отличаться от характеристик другого (наличие взаимосвязи). Чтобы различить эти характеристики, нам нужно показать автокодерам только один класс данных. Это связано с тем, что автоэнкодер попытается выучить только один класс и автоматически выделит другой класс.

Теперь необходимо получить скрытые представления. К этому можно получить доступ с помощью весов обученной модели. Создаем еще одну сеть, содержащую последовательные слои, и добавляем обученные веса только до третьего слоя, где существует скрытое представление.

Генерируем скрытые представления двух классов: без снижения и со снижением, прогнозируя исходные данные.

Теперь создаем обучающий набор данных, используя полученные скрытые представления и визуализируем операции с помощью T-SNE.

Можно заметить, что теперь связанные и не связанные с цифровой трансформацией операции довольно заметны и линейно разделимы (рисунок М.5). Теперь даже более простые модели могут быть использованы для прогнозирования.

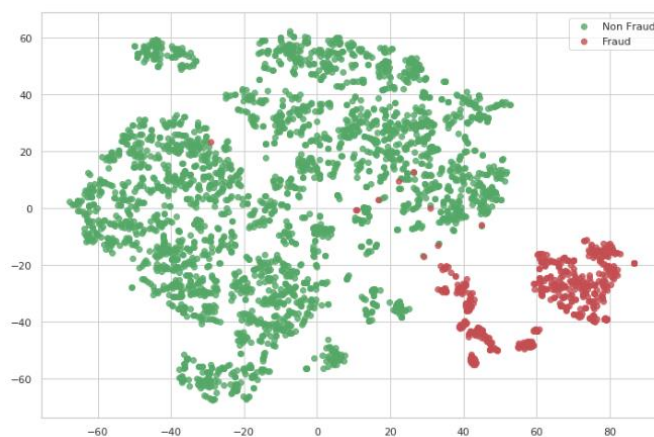


Рисунок М.5 – Уровень системности процессов цифровой трансформации и охват бизнес-процессов на основе применения нейросетевой модели

Обучаем простой линейный классификатор на основе набора данных. Таким образом, точность предсказания составляет 0,986% (рисунок М.6).

Accuracy Score: 0.9862542955326461

Рисунок М,6 – Точность нейронной сети

Целью данной работы является анализ применимости искусственных нейронных сетей для прогнозирования временных рядов параметров ключевых бизнес-процессов промышленного предприятия, на примере количественного ряда (по каждому из параметров), а также разработка универсальной нейросетевой модели применительно к количественным рядам, не ограниченной ни по количеству входов, ни по количеству нейронов. Такая модель позволяет исследовать количественные ряды в широком диапазоне и выявить наиболее приемлемую конфигурацию сети для таких рядов.

Подход к прогнозированию количественных рядов с использованием искусственных нейронных сетей обладает рядом неоспоримых достоинств.

Во-первых, нейросетевой анализ, в отличие от технического, не предполагает никаких ограничений на характер входной информации. Это могут быть как индикаторы данного ряда, так и сведения о поведении других инструментов информационной системы предприятия.

Во-вторых, в отличие от технического анализа, основанного на общих рекомендациях, нейросети способны находить оптимальные для данного инструмента индикаторы и строить по ним оптимальную, опять же для данного ряда, стратегию предсказания изменений критериев. Более того, эти стратегии могут быть адаптивны, меняясь вместе с рынком, что особенно важно для молодых, активно развивающихся предприятий.

Нейросетевое моделирование в чистом виде базируется лишь на данных, не привлекая никаких априорных соображений. В этом его достоинство и одновременно его недостаток. Имеющихся данных может не хватить для обучения, размерность потенциальных входов может оказаться слишком велика.

Поэтому для качественного прогноза необходимо пользоваться, во-первых, качественно подготовленными данными, а во-вторых, нейросетями с повышенной сложностью, способными адекватно моделировать целевые зависимости в реальных задачах.

Используемый набор данных содержит количественные показатели по критериям НДСДпВ (наличие, достаточность, доступность, востребованность). Эти критерии оцениваются как по данным, полученным от сотрудников предприятия методом экспертных оценок и анкетирования (доступность), так и по данным из экономического и планового отделов (наличие, достаточность, востребованность).

Нам необходимо в режиме реального времени вести мониторинг данных для обнаружения отклонений от единого процесса цифровой трансформации предприятия.

В процессе обучения нейросеть сравнивает ряды данных, полученные от экспертов с рядами, полученными в результате нормативных расчетов, и демонстрирует критически важные отклонения от нормы. Полученные результаты позволяют определить:

- временной период, на котором произошла «просадка»;
- виды ресурсов, по которым прошло изменение;
- какая необходима корректировка.

Модель направлена на повышение системности процессов цифровой трансформации, расширение охвата бизнес-процессов на промышленном предприятии, аккумуляцию имеющегося цифрового потенциала.

Исходя из вышеперечисленных факторов, можем сказать, что проблема прогнозирования развития процесса цифровой трансформации предприятий является актуальной.

Были продемонстрированы визуализируемые данные с датасета. После обучения модели автоэнкодера, где были получены скрытые представления, был обучен простой линейный классификатор и ведена точность предсказания нейронной сети.