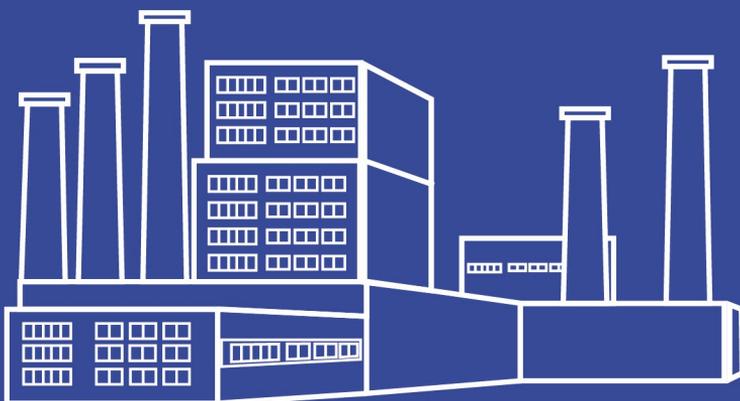




**Бочкарев А. М., Глезман Л. В.,
Федосеева С. С.**

**Отрасли и предприятия
промышленности
в условиях цифровой
трансформации**



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ИНСТИТУТ ЭКОНОМИКИ

А. М. Бочкарев, Л. В. Глезман, С. С. Федосеева

**ОТРАСЛИ И ПРЕДПРИЯТИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ**

Екатеринбург
2024

УДК 338.45
ББК 65.305(2Рос)
Б 86

Десятилетие науки и технологий в Российской Федерации.

Ответственный редактор д. э. н. А. А. Урасова.
Рецензенты: член-корр. РАН, д-р экон. наук В. В. Акбердина,
д-р экон. наук Д. Ю. Захматов.

*Монография подготовлена в соответствии
с Планом НИР Института экономики УрО РАН.*

Бочкарев А. М., Глезман Л. В., Федосеева С. С.

Б 86 Отрасли и предприятия промышленности в условиях цифровой трансформации / Отв. ред. А. А. Урасова. — Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2024. — 269 с.

ISBN 978-5-94646-692-9

В монографии рассмотрены актуальные вопросы промышленного развития в условиях цифровой трансформации, сопряженные с многоаспектными и сложными технологическими условиями. В работе раскрыт теоретико-методологический базис, позволяющий исследовать развитие и трансформацию отраслей и предприятий промышленности с учетом возможности актуальных теоретических подходов и методических инструментов. В первой главе раскрыты теоретические аспекты экологизации промышленного развития отраслей и комплексов в совокупности концепций устойчивого развития промышленности, теорий индустриального развития и размещения производительных сил. Во второй главе на основе глубокого анализа становления и развития экосистемного подхода в экономике обоснована применимость экосистемных идей к изучению и описанию процессов трансформации и развития в промышленности в условиях новой технологической парадигмы. В последующих главах особое внимание уделено обоснованию агрегированного теоретико-методического подхода к анализу развития отраслей и предприятий промышленности, разработке методического инструментария оценки современных цифровых трансформаций, обоснованию механизма, позволяющего разрабатывать стратегии цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности, определять приоритетные направления развития.

Монография предназначена для научных работников, преподавателей, аспирантов и магистрантов экономических факультетов вузов, а также руководителей и специалистов органов государственного управления.

УДК 338.45
ББК 65.305(2Рос)

ISBN 978-5-94646-692-9

© Институт экономики УрО РАН, 2024.
© Бочкарев А. М., 2024.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	6
ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В НОВЫХ УСЛОВИЯХ	8
1.1. Теоретические аспекты концепции устойчивого развития промышленности	8
1.2. Концепция экосистем в исследованиях устойчивого развития промышленности в новых условиях.....	16
1.3. Устойчивое развитие промышленности в контексте теории индустриального развития	24
1.4. Теория размещения производительных сил при исследовании устойчивого развития промышленности.....	29
ГЛАВА 2. ЭКОСИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В РАЗВИТИИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КАК УСЛОВИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СУВЕРЕНИТЕТА	35
2.1. Дискурс об истоках возникновения и становления экосистемного подхода. Идеи системности как основа экосистемного подхода	35
2.2. Развитие концепции экосистем в экономике	43
2.3. Промышленные экосистемы как закономерный этап развития экономики нового технологического уклада ..	50
ГЛАВА 3. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЦЕССА ЦИФРОВИЗАЦИИ ОТРАСЛЕЙ И ПРЕДПРИЯТИЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	60
3.1. Теоретические подходы к исследованию процессов цифровизации отраслей и предприятий промышленности...	60
3.2. Методические аспекты оценки цифрового развития отраслей и предприятий промышленности.....	68
3.3. Ключевые приоритеты цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности.....	89

ГЛАВА 4. ОБОСНОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ АНАЛИЗА И ОЦЕНКИ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОТРАСЛЕЙ И ПРЕДПРИЯТИЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	100
4.1. Ключевые тенденции цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности	100
4.2. Методический подход к анализу процессов цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности	113
4.3. Инструментарий внутрифирменного и стратегического планирования на предприятиях и в отраслях промышленности в условиях цифровой трансформации	121
ГЛАВА 5. СТРАТЕГИРОВАНИЕ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОТРАСЛЕЙ И ПРЕДПРИЯТИЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	131
5.1. Методический инструментарий оценки процессов цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности РФ	131
5.2. Стратегии цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности	145
5.3. Механизм выработки стратегии цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности	179
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	187
Список источников	188
Приложения	224

АВТОРСКИЙ КОЛЛЕКТИВ

Глава 1 — Федосеева Светлана Сергеевна, младший научный сотрудник Пермского филиала ИЭ УрО РАН.

Глава 2 — Глезман Людмила Васильевна, кандидат экономических наук, доцент, старший научный сотрудник Пермского филиала ИЭ УрО РАН.

Введение, заключение, главы 3, 4, 5 — Бочкарев Алексей Михайлович, младший научный сотрудник Пермского филиала ИЭ УрО РАН.

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, связанным 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 теоретического обоснования, разработки и определения универсальных критериев, методических подходов и инструментов измерения цифровых преобразований в промышленности.

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

В рамках данной работы авторы постарались раскрыть ключевые теоретические подходы, актуальные современным условиям и методические возможности для оценки происходящих трансформаций в отраслях и на предприятиях промышленности.

В главе 1 раскрыты ключевые теоретические аспекты концепции устойчивого развития промышленности, концепции экосистем в исследованиях устойчивого развития промышленности в новых условиях, теории индустриального развития, теории размещения производительных сил. В совокупности это позволило предложить систему теоретических взглядов, максимально комплексно раскрывающих современные тенденции развития отраслей и предприятий промышленности, обосновав необходимость формирования экосистем.

В главе 2 рассмотрены истоки возникновения и развития экосистемного подхода в экономике. Обосновано использование экосистемного подхода для изучения и анализа развития промышленности в контексте новой технологической парадигмы, что позволило нивелировать ограничения известных и используемых ранее научных подходов и учесть разнообразные связи и взаимодействия участников промышленных экосистем, охарактеризованных как сложноинтегрированные саморазвивающиеся социально-экономические и технологические системы, с учетом совместной эволюции их способностей и потенциала в создании общей ценности в условиях борьбы за достижение и сохранение технологической суверенности.

В главе 3 представлены актуальные теоретические подходы к исследованию процессов цифровизации отраслей и предприятий промышленности, обоснованы методические аспекты оценки цифрового развития отраслей и предприятий промышленности, а также конкретизированы ключевые приоритеты цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности.

В главе 4 в системном виде изложены ключевые тенденции цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности, разработан методический подход к анализу таких процессов, а также инструментарий анализа и оценки цифровой трансформации на предприятиях и в отраслях промышленности.

В главе 5 произведена апробация методического инструментария оценки процессов цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности Российской Федерации, предложены стратегии цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности, а также механизм выбора и реализации данных стратегий.

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В НОВЫХ УСЛОВИЯХ

1.1. Теоретические аспекты концепции устойчивого развития промышленности

Современный этап мировой экономической трансформации активизировал проблемы устойчивого развития промышленности, увеличения населения, нехватки материальных и сырьевых ресурсов, усиления мировых экологических проблем, обеспечения продовольственной безопасности и другие важные аспекты человеческой деятельности, в свою очередь актуализировавшие возникновение и тиражирование концепции устойчивого развития, направленной на достижение равновесного состояния между обществом и природной средой, а также экономическим прогрессом.

Фундамент концепции устойчивого развития был заложен еще в работах зарубежных авторов Е.Р. Линдаля (Lindahl, 1939) и Дж.Р. Хикса (Hicks, 1939). В российской науке первооткрывателем в этой теме стал В. И. Вернадский, который подчеркивал неизбежность трансформации биосферы в ноосферу, связанную с развитием человечества, оказывающим глубокое воздействие на природные процессы (Вернадский, 2002). Продолжил развивать его научные идеи академик Н. Н. Моисеев, который определил устойчивое развитие как стратегию переходного периода, путь к эпохе ноосферы — состоянию коэволюции биосферы и человека (Моисеев, 1997).

Пристальное внимание к экологическим проблемам, связанным с возможностью глобального кризиса человечества, обратила в 1972 г. международная общественная организация «Римский клуб», в докладе которой «Пределы роста» говорилось о равновесном состоянии экологического и экономического развития в связи с исчерпанием природных ресурсов (Meadows et al., 1974), тем самым началось формирование концепции устойчивого развития. Основой формирования концепции устойчивого развития стали опубликованные Римским клубом концепции динамического роста, органического роста и динамического равновесия (Пестель, 1988), которые основаны на сравнении глобальной экономической системы с живым организмом. То есть можно говорить о биологизаторском подходе к анализу экономических процессов.

На Конференции ООН по охране окружающей среды (Стокгольм, 1972 г.) с особым интересом научным сообществом стали обсуждаться эколого-экономические проблемы, понятие «устойчивое развитие» характеризовалось как «видоизменения биосферы за счет использования различных ресурсов, включая человеческие, материальные и природные (возобновляемые и невозобновляемые) с целью извлечения максимальной пользы, улучшения жизни людей и удовлетворения их потребностей»¹.

Доклад «Наше общее будущее», представленный Международной комиссией по окружающей среде и развитию ООН в 1987 г., стал серьезным шагом при формировании концепции устойчивого развития, в котором впервые были выделены основные принципы и направления устойчивого развития, связанные с достижением равновесного состояния между экономическими, экологическими и социальными аспектами, а также введен термин «устойчивое развитие» (англ. «*sustainable development*») и дано определение данной дефиниции как «развитие, которое обеспечивает нужды современного поколения и не подрывает возможностей будущих поколений, гарантирующих удовлетворение их собственных потребностей» (Евтеев & Перелет, 1989).

Далее, важнейшим направлением в контексте устойчивого развития стала конференция ООН по окружающей среде и развитию «Саммит Земли» (Рио-де-Жанейро, 1992 г.), где было отмечено, что существующая модель развития является неустойчивой и опасной для всего человечества и окружающей среды, и нужен переход к устойчивому развитию, под которым понимается «процесс, позволяющий в течение длительного периода обеспечивать стабильность в области экономического развития, и в то же время, не приводящий к существенному ухудшению экологической обстановки, который даст гарантии удовлетворения различных потребностей современного и будущего поколений»².

В последующие годы на конференции ООН по устойчивому развитию особое внимание было уделено концепции зеленой (экологически ориентированной) экономики (Урсул и др., 2015), под которой

¹ World Conservation Strategy. Living Resource Conservation for Sustainable Development. 1980. P. 4. https://www0.sun.ac.za/awei/sites/default/files/1980_WorldConservationStrategy.pdf (дата обращения: 09.01.2024).

² Национальная оценка прогресса Российской Федерации при переходе к устойчивому развитию. Департамент экономики окружающей среды и природных ресурсов. <http://www.sci.aha.ru/econ/A123.htm?ysclid=lvv3wwz4bn86313374> (дата обращения: 09.01.2024).

ученые понимают «экономику, повышающую благосостояние людей и обеспечивающую социальную справедливость, а также существенно снижающую риски для окружающей среды и ее деградацию» (Бобылев, 2017б, с. 108).

Таким образом, отметим, что достижение эффективного экономического развития невозможно без решения экологических проблем на основе реализации концепции устойчивого развития (Дудин и др., 2023).

Категория устойчивого развития получила широкое распространение, она имеет множество определений и в разное время становилась объектом исследований отечественных и зарубежных ученых (табл. 1.1).

Концепция устойчивого развития является самостоятельным теоретическим фундаментом, признанным мировым научным сообществом, с различными ответвлениями теоретических и эмпирических знаний о происходящих в мире социальных, экономических, экологических, политических и других процессах, ориентированных на развитие жизни на Земле (Кадомцева, 2023).

Концепция устойчивого развития в процессе своей эволюции от модели с преимуществом экономики «Mickey Mouse Model», модели с преимуществом экологической составляющей «Strong Sustainability Model» (Mylyviita, 2013; Mulia et al., 2016) пришла к модели с приоритетом баланса, где гармоничное развитие современного общества возможно при сбалансированном состоянии социального, экономического и экологического аспектов развития (рис. 1.1).

Концепция устойчивого развития является современным эволюционным этапом теории экономического роста и тесно взаимосвязана с волнами инновационного развития (технологических укладов) Н. Д. Кондратьева, возникающими благодаря развитию инноваций и научно-технического прогресса (Сайфуллина, 2017).

В Концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию данная категория определяется как «сбалансированное решение проблем социально-экономического развития и сохранения благоприятной окружающей среды и природно-ресурсного потенциала, удовлетворение потребностей настоящего и будущих поколений людей»¹. Стратегическая цель устойчивого развития РФ — «повышение уровня и качества жизни населения на основе научно-технического прогресса, развития экономики и социальной сферы при сохранении воспроизводственного и технологического потенциала» (Панова, 2022).

¹ О Концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию. Указ Президента РФ от 01.04.1996 № 440. <http://www.kremlin.ru/> (дата обращения: 09.01.2024).

Таблица 1.1

Определения понятия «устойчивое развитие»

№	Автор	Определение
1.	В. А. Коптюг	«...модель развития всего общества, в рамках которой происходит удовлетворение базовых жизненные потребностей как поколения в настоящем, так и поколения в будущем» (Коптюг, 1996)
2.	В. И. Данилов-Данильян	«...такое общественное развитие, при котором не разрушается его природная основа, создаваемые условия жизни не влекут деградации человека и социально-деструктивные процессы не развиваются до масштабов, угрожающих безопасности общества» (Данилов-Данильян, 2019, с. 22)
3.	А. Г. Гранберг	«...стабильное сбалансированное социально-экономическое развитие, не разрушающее окружающую природную среду и обеспечивающее непрерывный прогресс общества» (Гранберг & Данилов-Данильян, 2002, с. 31)
4.	Л. И. Абалкин	«...безопасность, стабильность, способность и возможность постоянного обновления и совершенствования национальной экономической системы» (Абалкин, 1994, с. 12)
5.	С. Н. Бобылев	«...хронологический процесс сохранения неубывающих темпов роста производимой страной полезной мощности при неувеличении темпов потребляемой страной мощности, сокращении потерь мощности за счет воспроизводимых прорывных технологий и повышении качества управления на всех уровнях» (Бобылев, 2008)
6.	А. Д. Урсул, Т. А. Урсул	«...планетарно-управляемое системно-сбалансированное социоприродное развитие, не разрушающее окружающую природную среду и обеспечивающее выживание, и безопасное неопределенно долгое существование цивилизации» (Урсул & Урсул, 2012, с. 28)

Источник: составлено автором.

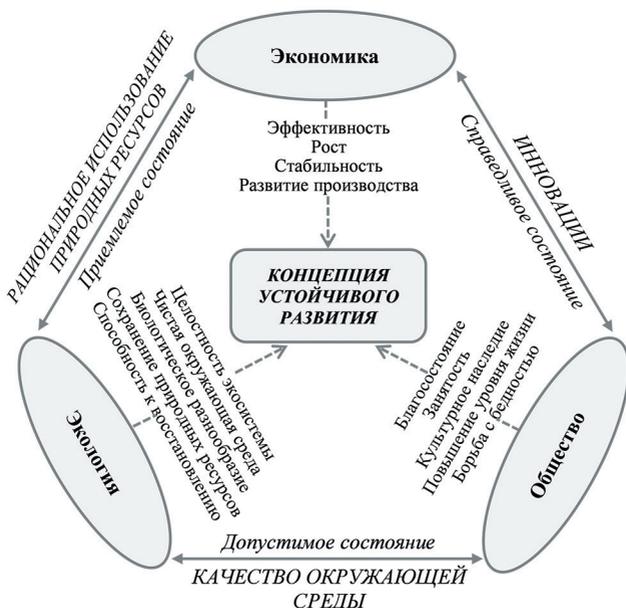


Рис. 1.1. Компоненты триединой концепции устойчивого развития (источник: составлено автором)

На сегодняшний день необходимость достижения устойчивого развития нашло отражение в национальных целях Российской Федерации, где определяющим фактором при разработке государственных стратегий развития зеленой экономики стало стремление создать и внедрить модель экологически устойчивого развития и конкурентные экологичные производства.¹

Для обеспечения безопасности и устойчивого развития Российская Федерация определила пять основных целей развития страны, соответствующих стратегии развития всего человечества (рис. 1.2).

Одной из ключевых задач, стоящих перед Российской Федерацией, является переход к экологически устойчивому развитию. Данный переход включает в себя эффективное использование и охрану природных ресурсов, разработку и внедрение экологически чистых и безотходных производств, способствующих улучшению качества и снижению загрязнения окружающей среды, а также содействие развитию зеленой экономики, включающей следующие направления:

¹ О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года. Указ Президента РФ от 21.07.2020 г. № 474. <http://kremlin.ru/events/president/news/63728> (дата обращения: 09.01.2024).



Рис. 1.2. Национальные цели развития Российской Федерации
(источник: (Леонова, 2022))

- переход к низкоуглеродной экономике;
- эффективное использование и сбережение природных ресурсов;
- экологизация экономики;
- внедрение наилучших доступных технологий;
- сокращение объемов выбросов и сбросов загрязнений промышленными предприятиями и их экологическая ответственность;
- подготовка высококвалифицированных кадров и создание рабочих мест в различных отраслях экономики (Шимова, 2013).

Говоря об устойчивом развитии промышленности, в связи со всеобщей цифровой трансформацией промышленности, а также стремительным ростом темпов разработки и внедрения наукоемких технологий и инноваций некоторые авторы предлагают дополнить модель устойчивого развития технологической (инновационной) составляющей, что будет способствовать повышению конкурентоспособности предприятия и отрасли в долгосрочный период (Кузнецов & Козлова, 2017).

Европейский союз в 2019 г. одобрил стратегию экономического развития «Зеленая сделка», направленную на достижение углеродной нейтральности к 2050 г. и концепцию декаплинга (разрыв связей



Рис. 1.3. Ключевые принципы достижения устойчивого развития промышленности (источник: (Пискулова, 2021))

между экономическим ростом и потреблением ресурсов), в которой представлены ключевые принципы достижения устойчивого развития промышленности (Пискулова, 2021) (рис. 1.3).

Формулировки дефиниции «устойчивое развитие промышленного предприятия» разнообразны. Так ряд авторов при определении данной категории, использует экономический подход (Коряков, 2012; Худякова, 2016).

Другие исследователи в своих определениях используют экологический подход (Урсул, 1993; Сисина, 2012). Также можно выделить работы, в которых при определении данного понятия авторы опираются на комплексный подход, заключающийся в обеспечении триединства экономического, экологического и социального аспектов устойчивого развития (Алферова & Третьякова, 2012; Кучерова, 2007; Перский и др., 2015).

В условиях Индустрии 4.0 на смену концепции устойчивого развития пришла ESG-модель, в которой экономическая составляющая трансформировалась в корпоративное управление (Трифонов и др., 2022; Судас, 2017). ESG-модель включает оптимальное использование природных богатств, разработку и применение передовых цифровых технологий, снижение давления на экологию, безопасность и сохранение здоровья персонала, увеличение благосостояния сотрудников и др. (Сергеев, 2022).

В. А. Дзедик и И. В. Усачева в своей работе предлагают использовать многомерную модель концепции устойчивого развития, состоящую из трех измерений:

- баланс экологических, экономических и социальных аспектов;
- специализированные процессы устойчивого развития;
- цифровизация, охватывающая и другие измерения для повышения их производительности и эффективности (Дзедик & Усачева, 2022).

Концепция устойчивого развития должна быть направлена на рациональное использование природных ресурсов и применение ресурсосберегающих технологий, производство экологически чистых продуктов, минимизацию, переработку и уничтожение отходов (Лепихин & Ужegov, 2014). По мнению А. И. Семячкова, Ж. Гао и Е. А. Атамановой необходимо сбалансированное природопользование, которое заключается в достижении баланса между потреблением природных ресурсов и сохранением качества окружающей среды (Семячков и др., 2021; Полянская и др., 2023). Решение проблем сохранения и рационального использования природных ресурсов будет способствовать экономическому развитию в долгосрочном периоде и улучшению экологической ситуации в целях достижения устойчивого развития (Лаврикова и др., 2021)

Н.Н. Яшалова отмечает, что с увеличением численности населения происходит все более интенсивное вовлечение природных ресурсов в процессы хозяйственной деятельности человека и общества, расширяются масштабы производства, способствующие истощению природных ресурсов и оказывающие негативное влияние на окружающую среду. Поэтому эффективное устойчивое развитие напрямую зависит от экологизации экономики (Яшалова, 2013).

Для достижения более высокого уровня экологической устойчивости промышленности Российской Федерации требуется переход к модели устойчивого развития, направленной на экологизацию производства и улучшение хозяйственной деятельности отраслей и предприятий (Бобылев, 2017а).

Отметим, что на сегодняшний день глобальные мировые вызовы, такие как экологические и демографические проблемы, продовольственный кризис, социальное неравенство, нехватка материальных и сырьевых ресурсов, истощение природных богатств, а также научно-технологический прогресс, обострили проблему обеспечения устойчивого развития промышленности, которая является ведущим звеном в инновационном развитии. Она включает в себя разработку, распространение и внедрение экологически безопасных технологических приемов и методов хозяйствования, как наиболее значимых элементов устойчивого развития.

1.2. Концепция экосистем в исследованиях устойчивого развития промышленности в новых условиях

Одним из ключевых элементов теоретической базы данного исследования является концепция экосистем и экосистемный подход, на которые в последнее время активно обращают внимание как российские исследователи (Сухарев, 2022; Романова & Пономарева, 2022; Акатов & Бутакова, 2022), так и зарубежные ученые (Tunstall, 2019; Jacobides et al., 2018).

Концепцию экосистем первый в своей работе раскрыл А.Г. Тэнсли. Он дал определение «экосистема», под которой он понимал совокупность организмов и среды их существования, взаимосвязанных и взаимодействующих между собой, способную к совместному развитию (Tansley, 1939). Л. фон Берталанфи определяет экосистему как сложную самоорганизующуюся, саморегулирующуюся и саморазвивающуюся открытую систему, обладающую общими закономерностями и функционирующую с помощью механизмов регулирования (Bertalanffy, 1956, pp. 1–10). Также экосистему можно рассматривать как биологическую, природную среду или как искусственную среду, созданную человеком. Н. В. Фадейкина и С. С. Малина в своей статье определяют ключевые характеристики природных экосистем, к ним они относят:

- устойчивость — умение противодействовать или приспосабливаться к изменениям окружающей среды и сохранять равновесие;
- динамику — изменение структуры экосистем под воздействием внешних и внутренних факторов;
- зрелость — развитие конкурентных преимуществ, способствующих равновесию экосистемы (Фадейкина & Малина, 2021).

Л. А. Раменская отмечает, что концепция экосистем является продолжением организационно-экологической традиции и выделяет теоретические направления, оказавшие наибольшее влияние на ее

развитие, к ним она относит организационную экологию (организации, занятые одной деятельностью и находящиеся в одной экологической нише), неоинституциональную теорию и теорию динамических способностей фирмы (Раменская, 2020).

На сегодняшний день, в условиях изменения глобального пространства, развитие экосистем требует взаимодействия множества участников с окружающей средой. Для достижения этой цели необходим комплексный подход, основанный на принципах организации сложных систем, сохранении их устойчивости, эффективном взаимодействии и управлении с целью поддержания производительности всей экосистемы (Грицевич, 2022).

Между природными экосистемами и социально-экономическими экосистемами можно провести концептуальные параллели. В последнее десятилетие анализу социально-экономических систем и их роли в экономическом развитии уделяют внимание многие исследователи (Попов & Симонова, 2021; Рыбачук & Карпинская, 2020; Клейнер & Рыбачук, 2017). По мнению Г. Б. Клейнера, социально-экономическая экосистема является обособленным комплексом, в котором сосредоточены предприятия, бизнес-сообщества, инновационные проекты и инфраструктурные решения, функционирующие продолжительный период времени за счет кругооборота ресурсов, конкурентоспособных продуктов и подсистем (Клейнер, 2018б, Клейнер, 2019). К факторам и особенностям развития социально-экономических экосистем в условиях инновационного развития в ряде работ авторы относят: экологические проблемы; развитие цифровых технологий; внедрение новых трендов развития; ценности хозяйственной деятельности и др. (Аликаева и др., 2020; Сазанова, 2019).

Можно выделить несколько уровней классификации экосистемы в экономической среде. К региональному уровню относятся национальные, отраслевые, муниципальные экосистемы. Отраслевой уровень включает промышленные, финансовые, медиаэкосистемы и др. По видам деятельности экосистемы можно разделить на предпринимательские, инновационные, цифровые и др. (Раменская, 2020).

Рассмотрим некоторые виды экосистем, а также представим определения данных дефиниций, изложенные в научной литературе (табл. 1.2).

Многие ученые исследуют экосистемы с точки зрения бизнеса. Так, можно встретить термины «бизнес-экосистема», «экосистема бизнеса» и «предпринимательская экосистема» (Солодилова и др., 2021; Овчинникова & Зимин, 2021). Дж. Ф. Мур первый дал определение предпринимательским экосистемам по аналогии с экосистемами

Таблица 1.2

Классификация экосистем и трактовка дефиниций

Авторы	Определение
С. В. Дорошенко, А. Г. Шеломенцев	<p><i>Предпринимательская экосистема</i></p> <p>«...в структуре... обязательно должны присутствовать так называемые „политические“ элементы — стратегии, программы, концепции развития предпринимательства, которые задают тон дальнейшему взаимодействию остальных элементов предпринимательской экосистемы» (Дорошенко & Шеломенцев, 2017, с. 219)</p>
Н. З. Солодилова, Р. И. Маликов, К. Е. Гришин, А. Г. Шестакович	<p>«...совокупность взаимосвязанных субъектов предпринимательства (как потенциальных, так и осуществляющих хозяйственную деятельность), среды их функционирования и взаимодействий между ними (системы обмена), в комплексе влияющих на создание, открытие и использование предпринимательских возможностей в локальной пространственной среде» (Солодилова и др., 2021, с. 103)</p>
А. В. Овчинникова, С. Д. Зимин	<p>«...сложная адаптивная система, включающая совокупность активных субъектов, кооперационных связей между ними и средовых факторов (в том числе институциональных, инфраструктурных, культурно-социальных), обеспечивающих более эффективное использование трудовых, финансовых и интеллектуальных ресурсов в рамках региона с целью эффективного использования ресурсов экосистемы в процессе производства товаров и услуг и удовлетворения общественных потребностей» (Овчинникова & Зимин, 2021, с. 1507)</p>
Г. Б. Клейнер	<p><i>Инновационные экосистемы</i></p> <p>«...комплексы организаций, бизнес-процессов, инновационных проектов и инфраструктурных систем, способные к длительному самостоятельному функционированию за счет кругооборота ресурсов, продуктов и подсистем» (Клейнер, 2022, с. 47)</p>
Е. Н. Летягина, В. И. Перова	<p>«...способны удовлетворять новые потребности, особенно со стороны научно-технической сферы и отрасли информационных технологий или кластеров, так как способны с помощью инструментов региональной политики катализировать инновации через границы отраслей или кластеров» (Летягина & Перова, 2021, с. 75)</p>
Е. В. Янченко	<p>«...формируется в условиях открытых инноваций и горизонтального взаимодействия участников сначала на локальной территории (инновационная система), затем выходя за ее пределы» (Янченко, 2023, с. 884)</p>

Продление табл. 1.2 на след. стр.

Продолжение табл. 1.2

Авторы	Определение
В. В. Акбердина, Е. В. Василенко	«...является отправной точкой для множества различных подходов, призванных решать конкретные практические задачи в определенных условиях, в том числе в относительно узком сегменте: перенос логики инновационных экосистем на масштаб городов, регионов и стран (инновационная экосистема на уровне города, региональная инновационная экосистема, национальная инновационная экосистема); экосистема науки, технологий и инноваций как основа для реализации японской «Стратегии 5.0»; инновации в циркулярной экосистеме и т. д.» (Акбердина & Василенко, 2021, с. 469)
	<i>Цифровая экосистема</i>
Н. Л. Володина	«...взаимозависимая группа предприятий, людей и объектов, которые совместно используют цифровые платформы для взаимовыгодных целей, таких как коммерческая выгода, инновации или общие интересы» (Володина, 2021, с. 107)
Н. А. Молодчик, Д. С. Брагина	«...совокупность взаимосвязанных и дополняющих друг друга цифровых сервисов, объединенных технологической платформой» (Молодчик & Брагина, 2023, с. 143)
	<i>Промышленная экосистема</i>
Г. Б. Клейнер	«...создаются с целью минимизации затрат на функционирование всех элементов промышленного производства: научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, маркетинга, изготовления оснастки, подготовки производства, создания опытных образцов, массового или серийного производства, сервисного обслуживания» (Клейнер, 2018а, с. 56)
Л. А. Гамидуллаева, Т. О. Толстых, Н. В. Шмелева	«...саморазвивающаяся система, функционирующая на основе трансграничного взаимодействия бизнеса, отраслей промышленности, научного сообщества, государства через обмен энергией, в качестве которой выступают новые знания, технологии, информация или уникальные ресурсы» (Гамидуллаева и др., 2022, с. 58)
А. В. Бабкин, Е. В. Шкарулета, Т. И. Польщиков	«...сложная система экономических акторов, действующих на базе единой цифровой платформы, отличающихся видами деятельности и особенностями функционирования, целью которых является создание на основе принципа эмерджентности промышленной продукции и/или услуг» (Бабкин др., 2023, с. 126)

Источник: составлено автором.

в природе, где отношения и сотрудничество организаций осуществляется как некая сеть взаимодействия. По его мнению, предпринимательские экосистемы — это «динамичные и совместно развивающиеся сообщества, состоящие из разнообразных субъектов, создающих и получающих новое содержание в процессе как взаимодействия, так и конкуренции» (Дорошенко & Шеломенцев, 2017, с. 213).

В отдельных работах анализируются научные подходы к исследованию предпринимательской экосистемы (Морщинина, 2022; Третьякова & Фрейман, 2022). Развивая эту мысль Е.Л. Андреева, П.Л. Глухих и Ю.Г. Мыслякова в своем исследовании выделяют подходы к формированию предпринимательских экосистем, к ним они относят:

— биологический подход (система взаимодействия живых организмов и окружающей их среды);

— структурный подход (развивающаяся система, имеющая различные формы организации, характеризующиеся самоорганизацией и гибкость связей между всеми участниками);

— инновационный подход (создание инноваций в предпринимательстве осуществляется через систему взаимодействия участников) (Андреева и др., 2018).

Концепция предпринимательских экосистем послужила научным фундаментом для развития инновационных экосистем, исследуя которые, на наш взгляд, авторы сосредотачиваются на связях и взаимодействиях всех акторов, результатом которых выступает развитие новых технологий и инноваций. В своих работах ученые рассматривают инновационные экосистемы на основе концепции социального лидерства (Клейнер, 2022), на региональном уровне как один из ключевых институтов устойчивого роста (Голова, 2021; Летягина & Перова, 2021), на основе технологий и возможностей (Постников, 2022; Тамбовцев, 2019), в инфраструктурном развитии (Янченко, 2023; Смородинская, 2014) и др.

Например, в статье В.В. Акбердиной и Е.В. Василенко выделены ключевые факторы, влияющие на эффективное развитие инновационной экосистемы, к ним отнесены:

— инновационный фактор — новые технологии, инновационные продукты и услуги;

— стратегический фактор — инновационная стратегия управления;

— инфраструктурный фактор — инновационные кластеры, технополисы, взаимодействие бизнеса и науки;

— человеческий фактор — новая формация талантливых предпринимателей, исследователей изобретателей (Акбердина & Василенко, 2021).

Авторы, изучая методы оценки развития инновационных экосистем и экосистемный подход к исследованию социально-экономических отношений в условиях цифровизации экономики подчеркивают важность изучения цифровых экосистем (Попов и др., 2020).

Цифровая экосистема представляет собой бизнес-модель, состоящую из нескольких взаимосвязанных предприятий, людей, объектов и дополняющих их цифровых сервисов, объединенных единой технологической платформой для удовлетворения общих потребностей и интересов клиентов, получающих взаимную коммерческую выгоду и инновации (Володина, 2021). Например, Н.А. Молодчик и Д.С. Брагина считают, что совместная деятельность компаний, входящих в состав цифровой экосистемы, будет более эффективной и значимой для экономики страны, и отмечают значительный рост количества цифровых экосистем на российском рынке (Молодчик & Брагина, 2023).

В настоящее время вопросы изучения промышленных экосистем приобретают высокую научно-практическую значимость и актуальность. Четвертая промышленная революция, связанная с применением цифровых технологий, привела к появлению новых отраслей, изменению существующих сфер промышленности и переходу к автоматизированному цифровому производству (Бодрунов, 2019). Кроме того, условия новой реальности предопределили необходимость учитывать экологическую ситуацию, заключающуюся в сохранении и рациональном использовании ресурсов, улучшении состояния окружающей среды, что обусловило потребность применения концепции экосистем в промышленности.

В своем исследовании Н. Ю. Титова отмечает, что промышленные экосистемы ориентированы на достижение целей устойчивого развития. В ее трактовке «промышленная экосистема» — это «...динамичная трансграничная группа промышленных производителей, состоящая в собственной системе коммуникаций компании со своими клиентами, пользователями и прочими участниками цепочки создания добавленной стоимости, ориентированная на достижение единой миссии и адаптированная для устойчивого развития в условиях окружающей среды» (Титова, 2021).

Отметим, что промышленная экосистема, с одной стороны, может включать в себя несколько различных отраслей промышленности, например, химическую, металлургию, машиностроение, электроэнергетику и др., с другой стороны — может создаваться, акцентируя

свое внимание на цифровизацию, включая современные технологии и инновационные продукты в границах одной отраслевой группы (Вишнягова & Соловьева, 2022).

Кроме того, заметим, что внедрение цифровизации ведет к возникновению рисков и угроз экологической и социальной направленности общественного развития. Это, например, дефицит рабочих мест для людей с низким уровнем квалификации, негативное влияние на состояние окружающей среды в связи с использованием ресурсов для обслуживания систем цифровой обработки данных, нейтрализация которых возможна посредством внедрения экосистемного подхода в промышленность, оказывающую наибольшее техногенное воздействие на природные ресурсы и окружающую среду (Титова & Зиглина, 2021).

Необходимость экологизации промышленного производства обязывает предприятия искать новые концептуальные инструменты (экосистемный подход, применительно к промышленным предприятиям — промышленные экосистемы), соответствующие современным социально-экономическим условиям и добиваться конкурентного и устойчивого развития в них (Акбердина & Василенко, 2023).

Ведущая роль в индустриальном развитии отводится промышленным экосистемам, которые являются устойчивыми социально-экономическими системами и обладают признаками инновационных кластеров, холдингов, финансово-промышленных групп, технопарков и бизнес-инкубаторов. Такие промышленные экосистемы включают экономическую, экологическую и природно-биологическую концепции, что позволяет применять междисциплинарный подход (Клейнер, 2018а).

Следует отметить, что заинтересованность в изучении развития промышленных экосистем берет свое начало от возникновения концепции промышленной экологии и заканчивается концепцией устойчивого развития (Гамидуллаева и др., 2022), основанной на принципах экосистемности, циркулярности и зеленой экономики (Дударева & Аракчеев, 2021). Промышленную экосистему можно представить как современный эволюционный этап концепции устойчивого развития, между которыми существует тесная связь (Шкарупета & Дударева, 2021).

В частности, устойчивое развитие коллаборации промышленных и природных экосистем способствует урегулированию экологических проблем и удовлетворению потребностей человека в данный промежуток времени без ущерба для будущих поколений (Doshi et al., 2014).

Другими словами, промышленным предприятиям необходимо участвовать в экосистемных отношениях для достижения

устойчивого развития (Попов и др., 2021), что приведет не только к росту экономических показателей, но и будет способствовать решению экологических проблем, связанных с влиянием производства хозяйствующих субъектов на окружающую среду, улучшению качества жизни и снижению социального неравенства (Richards et al., 1994; Дударева, 2021).

Для повышения устойчивости и безопасности сбалансированно-промышленно-технологического и социального развития необходимо учитывать экологические и социальные аспекты в дополнение к экономическим показателям (Головина & Потанин, 2021).

В последние годы, российские исследователи уделяют большое внимание промышленным экосистемам в контексте ESG-повестки и ее взаимосвязи с целями достижения устойчивого развития в условиях формирования экологически ориентированной экономики, разрабатывая стратегии и программы, способствующие улучшению экологической ситуации, направленные на создание замкнутых циклов производства и максимальное вовлечение в производство вторичного сырья, усовершенствованное рациональное использование природных ресурсов. В своей работе проблемными моментами развития промышленных экосистем исследователи называют стремительный прирост отходов производства и потребления, а также тенденцию «антидекаплинга» (Бабкин и др., 2023), когда тренды потребления природных ресурсов и производства загрязнений опережают экономический рост (Бобылев, 2021).

Можно также отметить работы по оценке состояния экологических экосистем (Лысоченко, 2022), связанных с расчетом экологического вреда, выявлением экологических рисков, нарушающих устойчивость экосистемы (Насонов, 2022).

Таким образом, проведенный анализ концепции экосистем, позволяет выделить основные тезисы с позиции исследования устойчивого развития промышленности в новых условиях (рис. 1.4).

Подводя итоги, отметим, что обострение геополитических отношений и санкционное давление ряда недружественных стран, а также условия высокой турбулентности внешней среды, связанные с деградацией природных ресурсов, значительными экологическими проблемами, необходимостью восстановления экономики и промышленности после кризисных явлений, обусловили необходимость использования концепции экосистем для обеспечения устойчивого развития промышленности в условиях формирования экологически ориентированной экономики.



Рис. 1.4. Обобщение основных положений концепции экосистем в исследованиях устойчивого развития отраслей промышленности
(источник: составлено автором)

1.3. Устойчивое развитие промышленности в контексте теории индустриального развития

Индустриальная экономика отличается наличием многоотраслевой промышленности, для которой характерны урбанизация и индустриализация. В XX в. начался интенсивный переход от традиционного (аграрного) этапа развития к индустриальному (промышленному) (Батракова, 2021).

Важным этапом для экономического развития РФ в настоящее время выступает индустриализация, основанная на разработке передовых инновационных технологий, увеличении доли промышленного производства, формировании глобальных производственных цепочек (Чернышева, 2018).

Индустриализация находится в тесной взаимосвязи со сменой технологических укладов, которые отражают плавный переход от индустриальной экономики к постиндустриальной, и далее к новой индустриализации, связанной с изменением способов управления народным хозяйством, внедрением новых технологий в производственные процессы и с модернизацией существующих. Например, можно отметить наращивание конвергенции технологий в отраслях промышленности, распределение диффузии инноваций в среднетехнологичные отрасли, активизацию междисциплинарных исследований, в том числе при реализации модели «зеленой» экономики (Татаркин, 2015а; Татаркин, 2015б).

А.И. Татаркин, О.А. Романова и Н.Ю. Бухвалов новую индустриализацию трактовали как «синхронный процесс создания новых высокотехнологичных секторов экономики, эффективного инновационного обновления ее традиционных секторов при согласованных качественных и последовательных изменениях между технико-экономической и социально-институциональной сферами, осуществляемых посредством интерактивных технологических, социальных, экологических, политических и управленческих изменений» (Татаркин и др., 2014).

В свою очередь, В.В. Акбердина и О.А. Романова отмечают, что новая индустриализация является процессом трансформации третьей промышленной революции, основанной на простой цифровизации, в четвертую промышленную революцию, основанную на инновационном развитии посредством гибридных и конвергентных промышленных технологий, с помощью которого будет достигнуто автоматизированное цифровое производство с перспективой образования промышленной экосистемы (Акбердина, 2018; Акбердина & Романова, 2021).

Таким образом, новая индустриализация как хозяйственная система, основанная на развитии инновационных технологий и форм организации промышленного производства, базируется не только на формировании новых высокотехнологичных отраслей в соответствии с тенденциями третьей и четвертой промышленных революций, пятого и шестого технологических укладов, но и на модернизации, совершенствовании и развитии традиционных отраслей

(горнодобывающей, металлургической, нефтегазовой, угольной промышленности) (Лаврикова, 2017; Шишацкий, 2022). Другими словами, существующим отраслям промышленности необходимо технологическое усовершенствование в части управленческих и автоматизированных процессов, а также в части улучшения базовых технологий или возможности их замены на инновационные (Сухарев, 2023).

Индустриализация является первопричиной возникновения реиндустриализации, основанной на взаимосвязи науки, технологии и производства и связанной с технологическим развитием отраслей промышленности. Пятая индустриальная революция за счет объединения информационно-коммуникационных и цифровых технологий в отраслях реального сектора экономики будет способствовать увеличению добавленной стоимости (Долидзе, 2022).

Реиндустриализация направлена на повышение роли промышленности в структуре экономики, также имеются предпосылки перехода к устойчивому развитию российской промышленности на основе инноваций (Гладышева, 2018).

Изменение мировой социально-экономической системы под воздействием различных факторов, таких как технологические инновации, геополитические изменения, экономические условия и социальные тенденции, обуславливает новые вызовы для экономики России и направлено на достижение технологической независимости. В свою очередь, реиндустриализация экономики на основе шестого технологического уклада рассматривается как стратегическая цель, направленная на достижение устойчивого развития и переход к новому этапу в индустриальном развитии (Бодрунов, 2023а)

По мнению С. Д. Бодрунова, одним из стратегических направлений теории нового этапа индустриального развития является экологически ориентированное развитие и создание каркаса экономики природосбережения. В частности, необходим переход к низкоуглеродной и ресурсосберегающей экономике, основанной на эффективном использовании природных ресурсов, сохранении и увеличении природного капитала, сокращении «углеродного следа», решении проблем промышленных и бытовых отходов, внедрении экологически чистых технологий, а также наукоемких и высокотехнологичных производств, снижающих негативное воздействие на природную среду (Бодрунов, 2021).

Но не только проблемы индустриализации и реиндустриализации, связанные с технологическим процессом и изменением производственных отношений, требуется решить для сохранения

состояния равновесия между человеком, обществом и природой, но и необходимость формирования нового этапа общественного развития (Привалов, 2021), к которому можно отнести теорию нового индустриального общества (НИО.2) — общества, в котором определяющую роль играют знания (Бодрунов, 2023б).

В частности, новый этап индустриального развития предполагает трансформацию и совершенствование промышленного производства, а также направлен на формирование и развитие высокотехнологичных отраслей (Коровин, 2018), необходимых для восстановления промышленности в условиях нарастания внешних шоков и угроз с целью достижения устойчивого развития российской экономики (Жиронкин и др., 2022).

Многие исследователи в своих научных работах применяют понятие «новая промышленная революция», которое является схожим с четвертой промышленной революцией, являющейся глобальным трендом индустриального развития (Акбердина & Романова, 2021). Суть этой концепции заключается в перераспределении функций разделения труда между человеком и машиной, массовым внедрением информационных технологий, киберфизических систем в производство. То есть, главной особенностью Индустрии 4.0. является современное программное обеспечение с возможностями искусственного интеллекта, который выступает основой седьмого технологического уклада (Урасова, 2022).

В свою очередь, технологическая индустриализация — это результат воздействия Индустрии 4.0 на технологическую модернизацию отраслей промышленности, поэтому можно говорить о «технологическом дуализме», когда внедрение конкретной цифровой технологии в определенном отраслевом сегменте не приводит к положительному росту производства высокотехнологичной продукции (Сухарев, 2020а; Сухарев, 2021).

По мнению О.А. Романовой и Д.В. Сиротина достижение целей в области устойчивого развития обусловило развитие концепции «Индустрия 5.0», которая учитывает рост эффективности и производительности базовых отраслей промышленности для общественного развития, при этом одним из важных факторов является экологический фактор. Промышленные предприятия при разработке своих стратегий развития должны руководствоваться не только принципами устойчивого развития, но и учитывать ESG-факторы для снижения экологических рисков (Романова & Сиротин, 2022).

Смещение индустриального развития в сторону нового технологического уклада выделено исследователями главным направлением

экологически ориентированной экономики в рамках достижения устойчивого развития, важными задачами которого являются: минимизация накопленного экологического вреда, экологизация производства, эффективное развитие энерго- и ресурсосберегающих технологий (Лаврикова и др., 2023).

Ученые-экономисты в своих научных исследованиях подчеркивают важность экологизации индустриального развития с использованием принципов и инструментов циркулярной экономики. Это способствует достижению целей устойчивого развития промышленности, например, повышению энергоэффективности, минимизации вреда для окружающей среды, а также оптимизации эффективных методов производства и потребления (Вегнер-Козлова & Гуман, 2020; Лаврикова и др., 2022).

Таким образом исследование устойчивого развития промышленности в контексте теории индустриального развития позволяет акцентировать внимание на следующих ключевых аспектах:

- индустриализация находится в тесной взаимосвязи со сменой технологических укладов и связана с наращиванием конвергенции технологий в промышленности, распределением диффузии инноваций в среднетехнологичные отрасли, активизацией исследований при реализации модели зеленой экономики;

- реиндустриализация экономики на базе шестого технологического уклада названа стратегическим ориентиром на пути к устойчивому развитию и новому этапу индустриального развития;

- важным стратегическим направлением теории нового этапа индустриального развития является экологически ориентированное развитие и создание экономики природосбережения. Это означает переход к низкоуглеродной и ресурсосберегающей экономике; решение проблем промышленных и бытовых отходов; разработку экологически чистых технологий; внедрение наукоемких и высокотехнологичных производств, снижающих негативное воздействие на природную среду;

- новый этап индустриального развития предполагает трансформацию и совершенствование промышленного производства, направлен на формирование и развитие высокотехнологичных отраслей, влияющих на восстановление промышленности в условиях нарастания внешних шоков и угроз с целью достижения устойчивого развития российской экономики;

- смещение индустриального развития в сторону нового технологического уклада является главным направлением экологически ориентированной экономики в рамках достижения устойчивого

развития, важными задачами которого являются минимизация накопленного экологического вреда, экологизация производства, эффективное развитие энерго – и ресурсосберегающих технологий и др.

1.4. Теория размещения производительных сил при исследовании устойчивого развития промышленности

Вопрос зависимости размещения производства от наличия тех или иных ресурсов является актуальным в меняющихся экономических условиях, порождающих новые рынки товаров и услуг. В этом плане теория размещения производительных сил в своем развитии прошла целый ряд этапов, на каждом из которых исследователи предлагали в качестве определяющих те или иные ресурсы – природные, инфраструктурные, трудовые и пр.

Основоположник теории размещения производительных сил И. Тюнен считал ключевым условием размещения производства наличие в месте производства рынков сбыта продукции как источника обеспечения промышленными товарами (Тюнен, 1926). Развитие данного теоретического направления продолжил В. Лаунхардт, который отнес к определяющему фактору размещения наличие источников сырья (Launhardt, 1869; Launhardt, 1872). В свою очередь, А. Вебер обосновывал необходимость минимизации суммарных издержек производства и сбыта при оптимизации размещения производительных сил, подчеркивая значимость транспортных, трудовых ресурсов (Вебер, 1926; Блауг, 1994).

Существует и другая точка зрения, которая рассматривает равномерное размещение экономической деятельности в рыночном поле. Например, В. Кристаллер предполагал размещение вокруг крупного города, где наиболее развито промышленное производство, рынки сбыта для меньших населенных пунктов (Christaller, 1933). Так, города формируют сеть «центральных мест» в виде ортогональной (шестигранной) модели, покрывающей все пространство (Проскурнова, 2021).

Дальнейшее развитие теоретических направлений продолжил А. Лёш (теория экономического равновесия), он обобщил все известные теории размещения производства, расширил состав ресурсов, наличие которых влияет на размещение производств (Лёш, 2007). Так, от микроуровня он перешел к выделению экономических районов, сформированных на основе самоорганизации в целях, обеспечивающих рыночное равновесие и максимизацию прибыли.

Эволюция теории размещения производительных сил представлена на рисунке 1.5.

А. Маршалл, трансформировав теорию штандортов, описывавшую размещение отдельных производств, предложил теорию промышленных районов, которая подразумевает сосредоточение

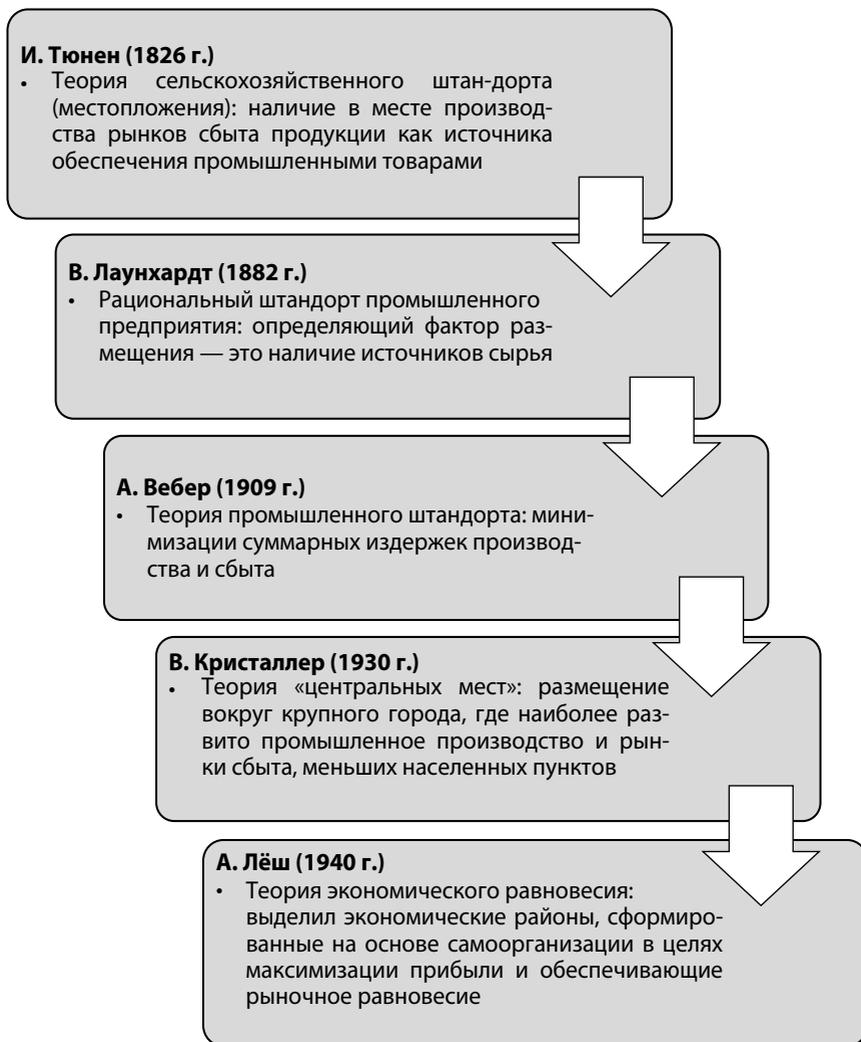


Рис. 1.5. Основные теории размещения производительных сил
(источник: составлено автором)

промышленных предприятий (локализация производства), специализирующихся на определенном этапе производства в конкретном территориальном пространстве страны (Маршалл, 1993). Он также отметил, что локализованные производства обладают инновационным потенциалом, заключающемся в появлении мультипликационного и сетевого эффектов за счет внедрения инноваций (Жаркова, 2011).

Модель территориального развития и размещения производительных сил на основе распределения потребительского спроса в зависимости от транспортной составляющей и наличия производственных ресурсов, а также взаимосвязи размещения предприятий и отраслей с помощью межотраслевых балансов разработал У. Изард (Изард, 1966).

Другого видения придерживался Ф. Перру, который разработал теорию полюсов роста. Он предложил классифицировать отрасли промышленности в зависимости от темпов развития, выделяя отрасли, являющиеся ядром индустриального развития и способствующие формированию полюсов экономического роста (Perroux, 1953).

Развивающиеся отрасли, взаимодействуя между собой, образуют территориально-производственный комплекс с горизонтальными взаимосвязями (диверсификация отрасли) и вертикальными взаимосвязями (применение инновационных технологий и способов производства).

Применительно к размещению производительных сил можно отметить наработки Ж. Будвиля, который определил региональный полюс роста как конгломерат развивающихся отраслей промышленности с ускоренным развитием производств, влияющих на устойчивый экономический рост конкретной территории или страны в целом (Boudeville, 1961).

Х.Р. Ласуэн под полюсом роста понимал узел промышленных предприятий, расположенный на конкретной территории и связанный с экспортным сектором экономики. По его мнению, экономическое развитие не требует учета пространственной поляризации (Ласуэн, 2010; Lasuen, 1969; Гранберг, 2003).

Также можно выделить наработки Н.Н. Баранского, который предложил для ускорения развития экономики страны использовать районирование территории, а также обосновал создание территориально-производственных комплексов (Баранский, 1926). Отметим работы Н.Н. Колосовского, который разрабатывал теорию экономического районирования и создал теорию энергопроизводственных циклов, представляющих совокупность производств, формирующихся в экономическом районе при сочетании определенного вида сырья и энергии, включающих в себя полную производственную

цепочку (Колосовский, 1969; Колосовский, 2009). Он определил дефиницию «территориально-производственный комплекс» как совокупность производств, от размещения которых в одной локации достигается дополнительный экономический эффект. В свою очередь М.К. Бандман разработал теорию формирования территориально-производственных комплексов как совокупности устойчиво-взаимосвязанных развивающихся объектов различных отраслей промышленности (Бандман, 1978).

Целый ряд авторов в своих работах рассматривают процессы размещения при развитии индустриальных территорий. Среди них можно выделить Д. Сулье (Soulie, 1989), И. Толедано (Toledano, 1978), Э. Фезера и Э. Бергмана (Feser & Bergman, 2000), М. Энрайта (Enright, 2000). Исследователи отмечают необходимость объединения предприятий в кластеры по различным признакам, к которым можно отнести исторические предпосылки, уровень локализации производства, технологические отраслевые и секторальные связи, степень развития институциональной инфраструктуры и др.

В свою очередь, М. Портер разработал теорию промышленных кластеров, изучая сконцентрированные по географическому признаку взаимосвязанные предприятия и научные институты, функционирующие в смежных отраслях промышленности и взаимодополняющие друг друга (Porter, 2008). Он сделал вывод, что кластеры влияют на конкурентоспособность за счет роста производительности входящих в них предприятий и отраслей, а также повышения инновационности. Можно отметить, что теория промышленных кластеров М. Портера является итоговой теорией размещения производительных сил, отвечающей современным вызовам глобальной экономики и уровню пятого технологического уклада (Унгаев, 2021).

Ключевым направлением экономического развития страны и эффективности деятельности хозяйствующих субъектов является их размещение на определенной территории, которое должно учитывать факторы, позволяющие предприятиям минимизировать издержки и максимизировать прибыль (Власова, 2017). К факторам размещения производства можно отнести такие, как географическое положение, расположение относительно других предприятий, наличие природных ресурсов и условий, человеческий капитал, транспортную инфраструктуру и пр. (Лапаева & Лапаев, 2016).

В эпоху индустриального развития одним из главных факторов, влияющих на развитие и размещение производства, является зависимость от имеющихся природных ресурсов и условий.

Размещение и распределение предприятий традиционно происходило исходя из имеющихся на определенной территории месторождений полезных ископаемых и природных ресурсов (естественных производительных сил) (Гайнанов и др., 2019; Проскурнова, 2019). Природные ресурсы определяются как конкурентные преимущества, их количество характеризует природно-ресурсный потенциал территории. В результате в ресурсодобывающих регионах, богатых значительными запасами природных ресурсов (топливно-энергетические, минерально-сырьевые, земельные, лесные, водные и др.), были созданы многочисленные крупные промышленные центры, хозяйственные комплексы и экономические зоны (Петрова, 2006).

Важно учитывать природно-ресурсный потенциал, который представляет собой «не простую арифметическую сумму всех имеющихся на территории ресурсов, а особый интегральный показатель, отражающий всю совокупность „полезностей”, которую можно получить при использовании ресурсов» (Анимица и др., 2017).

Современный этап экономического развития predetermined появление новой парадигмы размещения производительных сил, фундамент которой базируется на характеристиках постиндустриальной эпохи, четвертого, пятого и шестого технологических укладов, где основным производственным ресурсом выступает высококвалифицированный труд и инновационные технологии, а не запасы природных ресурсов (Татаркин & Анимица, 2013; Анимица и др., 2014). Снижение роли природно-ресурсного фактора связано с применением новых видов сырья и материалов, использованием вторичного сырья, внедрением ресурсосберегающих технологий.

В условиях научно-технического прогресса и повышения эффективности и качества производства рациональное размещение производительных сил является решающим условием для развития промышленности и позволяет максимизировать прибыль при рациональном использовании природно-ресурсного потенциала, сохранении и улучшении экологических условий жизни населения и комплексном освоении и воспроизводстве природных ресурсов, включая внедрение безотходных технологий в производственные процессы (Андреева & Егоров, 2015). Достижение данных условий возможно на основе принципов устойчивого развития, главными из которых являются энергоэкономическая эффективность, социальная справедливость и экологическая безопасность (Лаженцев, 2011).

В современных реалиях существует необходимость соблюдения требований экологической безопасности при размещении производительных сил на конкретных территориях, которые обладают

различными природными ресурсами и характеризуются различным состоянием окружающей среды (Смирнова, 2006).

Таким образом, можно отметить, что в современных условиях важную роль играет также экологический фактор размещения промышленности, который учитывает влияние производства на окружающую среду и направлен на рациональное бережное использование природных ресурсов, обеспечение экологической безопасности развития отраслей экономики и создание благоприятных условия для жизни населения (Позднякова, 2019; Игнатьева & Мариев, 2014). Обоснованный учет экологических факторов должен быть одним из основных и определяющих факторов при размещении производительных сил в целях достижения устойчивого развития и снижения нагрузки на окружающую среду.

Анализ устойчивого развития промышленности при изучении теории размещения производительных сил позволяет сделать несколько выводов:

— важнейшим фактором, влияющим на размещение и развитие производительных сил, является природно-ресурсный фактор;

— современный этап технологического развития теории размещения производительных сил показал, что основным производственным ресурсом является высококвалифицированный труд и инновационные технологии;

— рациональное размещение производительных сил является решающим условием для развития промышленности и позволяет сохранять и улучшать экологические условия жизни населения на основе принципов устойчивого развития, главными из которых являются энергоэкономическая эффективность, социальная справедливость и экологическая безопасность.

Таким образом, изученные нами концепция устойчивого развития, концепция экосистем, теория индустриального развития и теория размещения производительных сил позволяют рассматривать современный этап индустриального развития в условиях четвертой промышленной революции как закономерный с позиции формирования экологически ориентированной экономики, которая является фундаментом и основным средством достижения устойчивого развития. Выделенные теоретические положения подчеркивают важность экологизации экономического развития как процесса внедрения принципов устойчивого экологически сбалансированного развития в хозяйственную деятельность, а также использования инструментов циркулярной экономики для достижения целей устойчивого развития промышленности.

ГЛАВА 2. ЭКОСИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В РАЗВИТИИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КАК УСЛОВИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СУВЕРЕНИТЕТА

2.1. Дискурс об истоках возникновения и становления экосистемного подхода. Идеи системности как основа экосистемного подхода

В современных условиях становления экономики знаний, сформированных под влиянием процессов информатизации, цифровизации и технологизации, повышающих связность элементов всех социально-экономических систем, экосистемный подход получает все большее распространение в экономических исследованиях, являясь при этом относительно новым научным направлением экономических учений. Данное обстоятельство требует научного осмысления и конкретизации теоретических истоков становления и развития экосистемного подхода в современных экономических учениях.

Взгляды научного сообщества на истоки возникновения и становления экосистемного подхода в экономике можно разделить на два направления:

- возникновение экосистемного подхода в научном познании социально-экономических процессов современного общества является закономерным этапом эволюционного развития системного подхода (Литвинова, 2023; Козлова & Антонова, 2023; Клейнер, 2018в);
- другие исследователи объясняют проникновение экосистемного подхода в экономику трансдисциплинарным характером экосистемной концепции, заимствованной из биологии (Moore, 1993; Раменская, 2020; Каленов, 2021; Грицевич, 2022).

Изучая историю возникновения экосистемного подхода и сущность понятия «экосистема» ряд ученых исходят из этимологической структуры данного термина, выделяя префикс «эко-» и корень «система» (Филимонов и др., 2021). Раскрывая сущность префикса «эко-» исследователи упоминают «древнегреческого философа и поэта Гесиода (Ἡσίοδος) (рубеж 8–7 вв. до н. э.), который в своих поэмах описывал „ойкос“ (от др.-греч. οἶκος — жилище) — автономное домашнее хозяйство, основную единицу организации социальной, политической и экономической жизни в древнегреческом государстве и охватывающее виды деятельности, продукцию и людей» (цит. по:

Раменская, 2020; см. также: Левинская, 2007; Audretsch et al., 2019; Colombo et al., 2017). Ойкос создавался для распределения ресурсов в целях получения максимальной экономической, общественной и технологической выгоды. Именно термин «ойкос» лежит в основе префикса «эко-» и в такой трактовке является основополагающим не только для термина «экология», но и «экономика». Основа термина «экосистема» слово «система» (от др.-греч. — σύστημα), которое определяется словарем как «целое, составленное из частей; соединение; сочетание; объединение»¹. С такой точки зрения логично заключить, что система является основополагающей структурой, а системный подход — предшественником экосистемного.

Ответом на возникающие в середине XX в. сложные задачи в различных областях знаний стало оформление системного подхода в общенаучный метод познания (Грицевич, 2022). С позиций системного подхода любой объект рассматривается как совокупность взаимосвязанных элементов, действующих как единое целое. Формирование и развитие системных идей явилось закономерным результатом познания мира с углублением в различные взаимосвязи между объектами. Становление и развитие системных идей прошло несколько этапов (рис. 2.1), в ходе которых происходило формирование системного отношения к реальной картине мира.

Исследуя историю возникновения и становления системного подхода, Ю. П. Сурмин указывает на то, что наиболее полным и всеобъемлющим понятием, охватывающим все характеристики и проявления систем, по его мнению, является понятие «системность», раскрытое им в триединстве структурных элементов (рис. 2.2) (Сурмин, 2003).

Подобные идеи «системности» впервые осветил еще в 1912 г. А.А. Богданов в своей утопии (Богданов, 1929), а позднее развиты и оформлены в тектологии (Богданов, 1925–1929) — всеобщей организационной науке, в которой ученый предлагает все мировые процессы и явления исследовать с организационной точки зрения, утверждая, что они описываются едиными законами (Локтионов, 2016), а мир является совокупностью различных форм и типов организаций опыта. Главная мысль тектологии заключается в том, что организация систем на различных уровнях идентична (Сурмин, 2003). Оригинальное предложение А.А. Богданова заключалось в отходе от статической картины мира для представления целого

¹ Этимологический онлайн-словарь русского языка Макса Фасмера (2024). <https://lexicography.online/etymology/vasmer/c/система>

Античный период (VI в. до н. э. — V в. н. э.)	Возникновение первых идей о системности, связанных с изучением объектов природы и общества. Разработка принципов целостности и структурности, лежащих в основе системного подхода
Средневековый период (V–XIV вв.)	Развитие идей об устройстве мира и общества. Возникновение концепции о системном устройстве природы, государства и церкви. Важнейшее достижение периода — теория систем Аристотеля, который предложил идею иерархической организации систем
Эпоха Возрождения и Новое время (XV–XVIII вв.)	Активное развитие науки и техники приводит к возникновению новых системных идей. Создание концепции механицизма, согласно которой мир рассматривается как гигантский механизм, состоящий из отдельных элементов
Период индустриализации и промышленной революции (XIX — нач. XX вв.)	Возникновение и развитие идей об организации и управлении сложными системами. Возникновение теории экономики, социологии, психологии, которые рассматривают общество и человека как сложные системы
Современный период (XX–XXI вв.)	Бурное развитие системного подхода и системных идей в различных областях науки, техники и практики. Возникновение общей теории систем, которая изучает общие принципы организации и функционирования систем различной природы. Разработка специализированных теорий систем (кибернетика, синергетика, теория управления и др.)

Рис. 2.1. Основные этапы становления и развития системных идей
(источник: составлено автором)

как единства составных элементов, которые не только взаимосвязаны между собой, но и воздействуют друг на друга, чем влекут последующие изменения и обуславливают динамическую картину мира.

Ученый первым отметил, что состояние системы определяется взаимодействием ее элементов, на основании чего им была предложена классификация систем на организованные, неорганизованные и нейтральные, а условия и закономерности, определяющие состояние системы разделены на закономерности развития или изменения системы (формирующие) и закономерности функционирования или стабилизации системы (регулирующие).

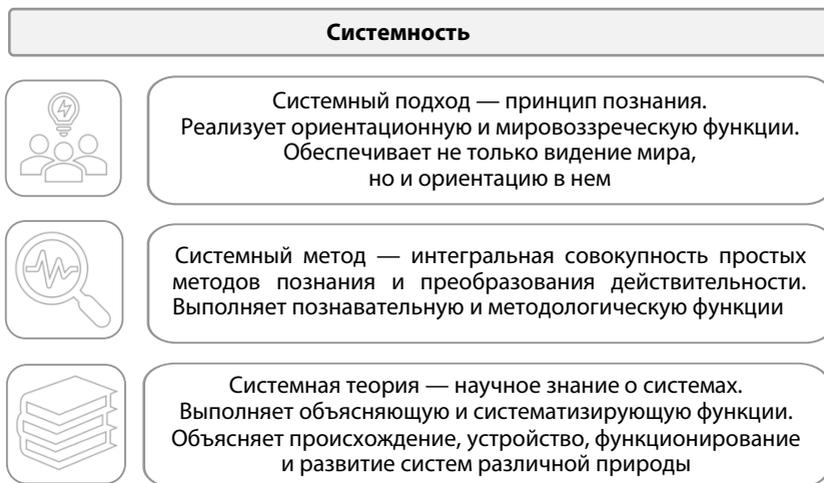


Рис. 2.2. Структурные элементы системности (источник: (Сурмин, 2003))

Представив тектологию научной общественности, А.А. Богданов подвергся жесткой критике современниками и его идеи не получили широкого распространения и поддержки. Однако, позднее многие отечественные и зарубежные ученые (Г. Горелик (Gorelik, 1974), Р. Матессич (Matessich, 1978), В. Дорофеев (Дорофеев, 1988), А.Г. Лигостаев (Лигостаев, 2018), А.Л. Тахтаджян (Тахтаджян, 1972), И.В. Блауберг, Э.Г. Юдин (Блауберг & Юдин, 1973), В.Н. Садовский (Блауберг и др., 1969), И. Яхот (Яхот, 1981) и др.) отмечали предвосхищение А.А. Богдановым общей теории систем, называя тектологию в сопоставлении с кибернетикой и общей теорией систем исторически первой развернутой и наиболее широкой фундаментальной разработкой общенаучного круга проблем организации, управления и развития систем (Gorelik, 1975). Р. Матессич, подчеркивая сходство идей тектологии и общей теории систем, называет А.А. Богданова «создателем действительно обобщенной теории систем» (Локтионов, 2016).

Г. Горелик отмечает, что, хотя «тектология содержит все исходные идеи, позднее развитые и популяризируемые общей теорией систем и кибернетикой, она гораздо шире в своей всеобъемлемости и охватывает все формы организации в природе и человеческой деятельности, тектология представляет собой предельное расширение любой теории систем» (Gorelik, 1987).

Несмотря на это в мировой науке роль разработчика и популяризатора системного подхода отводится австрийцу Карлу Людвигу

фон Берталанфи, предложившему методологическую концепцию «Общая теория систем» (Bertalanffy, 1962). В своей концепции, получившей широчайшее применение в различных областях знаний, ученый раскрыл законы создания, поведения, функционирования и развития систем. Впервые свои системные воззрения Л. фон Берталанфи представил в виде доклада в 1937 г. в Чикагском университете. Опубликованные в последующей работе (Берталанфи, 1969) идеи Л. фон Берталанфи были посвящены описанию и объяснению ряда биологических и генетических исследовательских задач, однако, позднее они были использованы для описания целостности объектов окружающего мира и обоснования взаимосвязи между ними в различных научных дисциплинах — психологии, лингвистике, социологии, физике, химии, математике, кибернетике и в экономике и экономических системах (Литвинова, 2023).

Концепция Л. фон Берталанфи базируется на понятии системы, которое являет собой комплекс отдельных взаимодействующих элементов, образующих целостное единство (Соколов, 2022). Важным вкладом ученого в общую теорию систем является классификация всего многообразия систем на открытые (динамические, находящиеся в непрерывном взаимодействии с внешней средой) и закрытые (механистического типа, функционирующие независимо от внешней среды). При этом открытые системы ученый наделил свойством эквифинальности, т. е. способностью достигать устойчивого равновесия вне зависимости от воздействия и изменения внешней среды. Применив идею открытых систем в биологии, Л. фон Берталанфи заключил, что методология системного подхода значительно обширнее и ее применение возможно в различных областях науки. Фундаментальность и универсальность принципов системности побудили ученого к созданию отдельного научного направления — общую теорию систем. Таким образом, Л. фон Берталанфи впервые обозначил и обосновал необходимость создания общей теории систем, для чего требуется:

- 1) выявить и сформулировать универсальные принципы и закономерности функционирования систем без соотнесения с видовыми и структурными характеристиками;

- 2) сформировать основы для синтеза научного знания с учетом общего принципа изоморфизма законов в различных сферах деятельности.

В 1950-х гг. теория систем получила новый импульс развития в работах Н. Винера (Винер, 1968; Винер, 2002) по кибернетике и У. Эшби (Эшби, 1959; Эшби, 1964) по проектированию

автоматизированных систем управления, заложив тем самым основы современных методов информационного моделирования систем.

Дальнейшее развитие системный подход получил в работах В.Н. Садовского (Садовский, 1962; Садовский, 1965; Садовский, 1972а; Садовский, 1972б; Садовский, 1974б), И.В. Блауберга и Э.Г. Юдина (Блауберг & Юдин, 1973), М. Месаровича (Месарович, 1966; Месарович, 1969; Месарович, 1971; Mesarovic, 1970), У. Росс Эшби (Эшби, 1969а; Эшби, 1969б), А.И. Уёмова (Уёмов, 1970а; Уёмов, 1970б), Ю.А. Урманцева (Урманцев, 1968; Урманцев, 1972), Дж. Клира (Клир, 1969; Klir, 1969), В.С. Тюхтина (Тюхтин, 1968; Тюхтин, 1972), которые содержат глубокие исследования различных аспектов проблематики системного подхода и привнесли значительный вклад в развитие его теории и методологии.

Наиболее дискуссионной остается задача определения самого понятия «система». В современной науке имеют место различные подходы к определению категории «система», которые наиболее полно и детально рассмотрены в работах В.Н. Садовского (Садовский, 1974), И.В. Блауберга и Э.Г. Юдина (Блауберг & Юдин, 1973), В.Н. Волковой (Волкова, 2001а; Волкова, 2001б), Ю.П. Сурмина (Сурмин, 2003).

Один из наиболее комплексных обзоров существующих определений понятия «система» проведен В.Н. Садовским (Садовский, 1974а), обобщая которые ученый определяет «систему как совокупность элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которая образует определенную целостность, единство» (Садовский, 2001), подчеркивая при этом, что помимо внутренних элементных взаимосвязей система встроена и неразрывно связана со средой своего функционирования, проявляя свою целостность. Отмечая широчайшую область применения понятия «система», В.Н. Садовский утверждает, что практически каждый объект может быть рассмотрен как система.

Ю.П. Сурмин трактует систему как «отграниченное, взаимно связанное множество, отражающее объективное существование конкретных отдельных взаимосвязанных совокупностей тел и не содержащее специфических ограничений, присущих частным системам. Данное определение характеризует систему самодвижущейся совокупностью, взаимосвязью, взаимодействием» (Сурмин, 2003).

В.Н. Волковой предложена классификация существующих определений понятия «система» исходя из принципа их содержательной трансформации путем расширения новыми компонентами в процессе эволюционного развития представлений о «системе» (рис. 2.3).

Понятие «система» явилось терминологической основой построения теории систем, а системный подход стал «фундаментальным



Рис. 2.3. Структурные элементы системности (источник: (Волкова, 2001а, б))

средством изучения сложных объектов действительности» (Еремеева, 2022).

М.А. Соколов приводит следующий перечень принципов общей теории систем: «наличие связей между отдельными системными элементами, которые впоследствии вступают во взаимоотношения; система как одно целое оказывает влияние на свойства отдельных элементов, изменяя их направление; качественное изменение свойств системных элементов может привести к изменению всей системы, в результате чего возникает система более высокого уровня, либо происходит упрощение внутренней структуры системы» (Соколов, 2022).

Суть системного подхода заключается в применении совокупности методов и инструментов изучения к объекту как к единому целому, включающему набор связанных между собой и взаимодействующих друг с другом элементов.

С позиций системного подхода любой сложный объект может быть рассмотрен в виде некоторой относительно независимой системы характеризующейся определенным набором составляющих ее элементов; структурой как формой взаимосвязей составляющих

элементов; набором функций как отдельных элементов, так и их объединения в целое; определенными закономерностями функционирования и развития составляющих элементов и системы в целом; единством внутренней и внешней среды системы. Применение системного подхода обеспечивает целостный взгляд на мир и позволяет более эффективно решать проблемы, так как учитывает взаимосвязи между элементами системы и их влияние на общее состояние и процессы функционирования и развития системы.

М.А. Соколов справедливо отмечает, что «резко выросшее системное движение в науке ставит перед собой цель — обеспечить целостный взгляд на мир, отстранить узконаправленный дисциплинарный подход к его познанию и помочь в раскрытии потенциала программ, направленных на междисциплинарное исследование комплексных проблем» (Соколов, 2022).

По мнению В.Н. Сагатовского, исходя из опыта современного познания «наиболее емкое и экономичное описание объекта получается в том случае, когда он представляется как система» (Сагатовский, 1976).

В.Н. Садовский отмечает, что интенсивное развитие системных исследований во второй половине XX в. «убедительно продемонстрировало их междисциплинарную природу» (Садовский, 1974а). Именно системный подход, имея междисциплинарный характер, обеспечивает решение сложных задач современности и является одной из основных особенностей науки и техники второй половины XX в.

Первоначально системный подход получил свое распространение в биологии и технической сфере, в экономику он проник в середине прошлого века. Особое внимание экономистов системный подход привлек после публикации работ Я. Корнаи, который утверждал, что экономические субъекты и процессы должны рассматриваться и исследоваться как целостные экономические системы, в которых изменения одного элемента могут повлечь изменения других и всей системы в целом (Корнаи, 2002; Kornai, 1998).

В России продвижение системного подхода в экономике как инновационного направления экономической теории связывают с именем академика Г.Б. Клейнера (Клейнер, 2001б; Клейнер, 2004; Клейнер, 2013). К своим единомышленникам, развивающим системный подход в экономических исследованиях, ученый причислял таких известных экономистов как К. Маркса, Й.А. Шумпетера, Л. фон Мизеса, В. Ойкена, К. Поланьи, Ф. фон Хайека, работы которых содействовали развитию и признанию научной общественностью системного подхода и его широкому применению в научных исследованиях.

Рост сложности экономических систем любого уровня, возникновение сетевых эффектов, обусловленных развитием многообразия взаимосвязей между элементами внутри системы и взаимодействий системы с внешней средой функционирования, а также усложнением и кратным ускорением всех социально-экономических процессов, выявили ограничения в возможностях известных научных подходов и концепций, изолированно используемых в научных изысканиях учеными-экономистами, отвечать исследовательским запросам, что предопределило необходимость создания нового теоретико-методологического базиса, интегрирующего известные научные подходы и концепции и обеспечивающего возможность полноаспектного исследования стремительно усложняющихся экономических систем (Третьякова & Фрейман, 2022). Ответом на этот вызов усложняющегося мира экономической теории явились концепция экосистем и экосистемный подход.

Данное утверждение находит подтверждение в выводах С.А. Грицевича о том, что «для объяснения создания и взаимодействия сложных экономических систем в современных условиях системного и/или сетевого подхода уже недостаточно, поэтому динамично развивающаяся сеть экономических элементов требует использования нового комплексного подхода, основанного на принципах организации сложных систем, сохранения их устойчивости, эффективности взаимного влияния и управляющего воздействия» (Грицевич, 2022), который следуя логике был определен как экосистемный, а базовым понятием выступает «экосистема».

2.2. Развитие концепции экосистем в экономике

В научной среде автором термина «экосистема» принято считать британского эколога, геоботаника А. Тенсли, который в работе «Правильное и неправильное использование ботанических понятий и терминов» впервые ввел понятие «экосистема» (Tansley, 1935), определив его как «основные единицы природы на поверхности Земли, состоящие из совокупности организмов и неорганических компонентов» (Раменская, 2020), образующих единую систему, способную к согласованному развитию. Однако А. Дж. Уиллис, изучая эволюцию концепции экосистем в историческом контексте, в своем исследовании утверждает, что авторство в формулировке термина принадлежит другому британскому ученому А.Р. Клэпхэму, который работал с А. Г. Тенсли и по его просьбе в начале 30-х гг. XX в. для обозначения единства физических и биологических компонентов окружающей среды в их системном взаимодействии придумал термин «ecosystem» (Willis, 1997).

Термин «экосистема» зародился в биологии, затем получил распространение в гуманитарных (психологии, лингвистике), инженерных (информатика) науках и только потом в экономике и управлении. Для обоснования этой междисциплинарности и преемственности данного термина (Spieth, 2013) логично исследовать историю его возникновения и проникновения в экономическую науку.

Раскрывая сущность и свойства экосистемы А. Тенсли утверждал, что в основе данной структуры лежит взаимодействие и взаимовлияние составляющих ее компонентов, обеспечивающие существование как всей экосистемы, так и каждого отдельного компонента, согласованное развитие и эволюционирование на основе имеющихся ресурсов.

Интерес с позиции междисциплинарного применения данного термина представляют принципиальные положения концепции экосистем, сформулированные А. Тенсли (рис. 2.4).

Заложив принципиальные основы концепции экосистем в биологии, А. Тенсли, однако, не обозначил состав экосистемы и не раскрыл сущность протекающих в ней процессов и не привел примеры экосистем. Соображения А. Тенсли получили дальнейшее развитие в научных изысканиях Ю. Одума (Одум, 1975), который структурировал элементный состав экосистемы, обосновал структурное единство и обозначил экосистему как центральное ядро экологии. К. Вилли (Вилли, 1964) на конкретных примерах обосновал разнообразность экосистем. Эколог Р. Уиттекер (Whittaker, 1962), проведя анализ публикаций по экосистемам, приводит следующее определение: «сообщество и его среда, рассматриваемые совместно как функциональная система, образующая единое целое и характеризующаяся присущими ей потоками энергии и круговоротом вещества, называется экосистемой» (Уиттекер, 1980).

В фундаментальном труде о биосфере П. Дювиньо и М. Танг (Duvigneaud & Tanghe, 1962) максимально лаконично и ёмко определяют экосистему как «функциональную систему, включающую сообщество живых существ и окружающую их среду» (цит. по: Дювиньо & Танг, 1968). При этом ученые выделяют три уровня экосистем: микро-, мезо- и макроэкосистемы, которые интегрированы в гигантскую экосистему земного шара — биосферу.

В нашей стране, параллельно А. Тенсли и независимо от него разработкой концепции экосистем занимался В.Н. Сукачёв. В 1940-х гг. он ввел термин «биогеоценоз» (Сукачёв, 1972–1975), определив через него экосистему как любую совокупность организмов



Рис. 2.4. Принципы концепции экосистем в биологии
(источник: составлено автором по: (Рафес, 2012))

и неорганических компонентов, в которой может осуществляться круговорот веществ. Автор акцентировал внимание на важности

абиотических (физико-химического состава) компонентов в экосистеме.

Экологическая энциклопедия в толковании термина биосфера соотносит экосистему и биогеоценоз: «биосфера — это совокупность всех экосистем (биогеоценозов), распространенных в пределах геосфер, с которыми взаимодействует живая оболочка Земли»¹.

Тем не менее, отдельные ученые принципиально разделяют понятия «экосистема» и «биогеоценоз», обосновывая это тем, что «термин „экосистема” можно использовать лишь для обозначения систем с произвольным набором компонентов, обеспечивающих круговорот веществ на любом уровне организации живых организмов, а термин „биогеоценоз”, как более предпочтительный, отражает понятие о функциональной и территориальной единице биосферы, занятой естественными или искусственными растительными сообществами (фитоценозами)» (Григорьева & Григорьев, 2012).

Обобщая изложенное, можно отметить, что термин «экосистема» имеет довольно дискуссионное толкование в биологических науках, при этом принципиальные положения экосистемного подхода довольно универсальны, что позволяет адаптировать и применить их к системам различной природы. Кроме того, префикс «эко-» и его этимологическая основа «ойкос» является основополагающим для термина «экономика». Исходя из этого, представляется вполне обоснованным рассматривать экосистемный подход, зародившийся в биологических науках, трансдисциплинарным.

Совокупность социально-экономических и технологических факторов глобального масштаба, включая переход к новому технологическому укладу, технологическую и цифровую трансформационную перестройку моделей ведения бизнеса и целых отраслей, интенсификацию процессов интеграции (Карпинская, 2018) сформировали тренд сетевизации (Дятлов, 2014), партнерства и совместной деятельности компаний и предприятий в новом экономическом пространстве. Ученые подчеркивают, что конкурентные преимущества современных компаний кроются в участии и/или создании различных динамичных коллабораций и сетей на основе общности ресурсной и знаниевой баз, институциональных условий и возникающих эффектов сетевизации и пр. (Раменская, 2019). Обозначенные обстоятельства привели к использованию в экономических исследованиях термина «экосистема», с помощью которого описываются и изучаются сложные

¹ Биосфера. (2008). Экологическая энциклопедия (Т. 1, с. 186-189). Москва: Энциклопедия.

системы взаимодействующих субъектов экономики, процессы их саморегуляции, адаптации к динамичным условиям внешней среды.

Впервые проекцию биологических систем на экономические осуществил в 1990 г. американский экономист М. Ротшильд в своей революционной работе «Биоэкономика: экономика как экосистема», в которой он, проведя биоэкономические параллели (рис. 2.5), пришел к выводу, что «экономика — это есть подобие самоорганизующейся экосистемы» (Rothschild, 1990).

Затем термин «экосистема» применительно к экономическим структурам использовал Дж. Ф. Мур (Moore, 1993), который, исследуя фирмы как сложные экономические системы и обосновывая их развитие и конкурентность, использовал «ряд экологических метафор» (Каленов, 2021), причисляя к характеристикам экономических систем такие свойства как самоорганизация, коэволюция, адаптация, обучение и др., характерные для биологических экосистем (Грицевич, 2022).

К таким концептуальным параллелям ученого вдохновили идеи теории коэволюции Г. Бейтсона (Бейтсон, 2016), в соответствии с которой каждый вид развивается и эволюционирует в тесном взаимодействии с другими видами и окружающей средой. Развивая взгляды Г. Бейтсона применительно к управлению и предпринимательской деятельности в динамично изменяющихся условиях новой экономики, Дж. Ф. Мур рассматривает компанию не как отдельного представителя какой-либо отрасли, а как элемент предпринимательской экосистемы, находящийся во взаимодействии

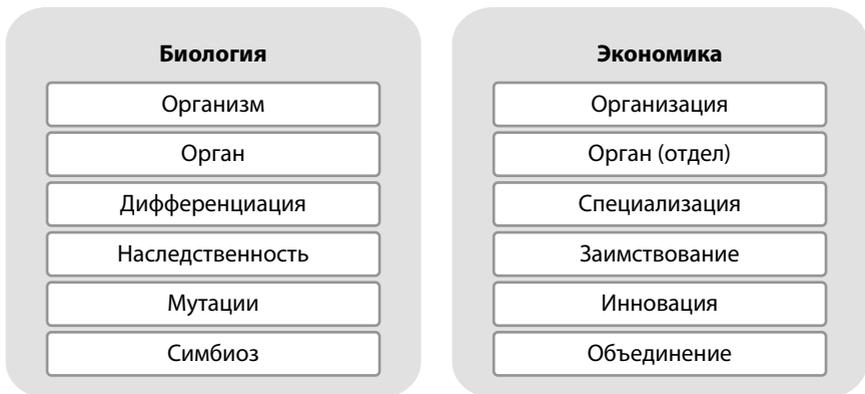


Рис. 2.5. Концептуальные параллели биоэкономики
(источник: составлено по: (Попов, 2012))

с множеством отраслей и компаний и под воздействием комплекса факторов (технологий, коммуникаций и пр.) формирующий сложные сетевые взаимодействия, объединяясь с партнерами и конкурентами в производстве инноваций. По аналогии с биологической экосистемой, «экосистема» бизнеса представляет собой «...хозяйственное сообщество, опирающееся на фундамент, который составляют взаимодействующие организации и индивиды, организмы мира предпринимательства...» (Дорошенко & Шеломенцев, 2017). Дальнейшая коэволюция участников экосистемы, по Дж. Ф. Муру, инициирует процесс инновационного развития и его переход на новую стадию, которых он выделил четыре: «основание экосистемы, развитие, правление в созданной экосистеме, трансформация или разрушение» (Ткаченко, 2017). Ученый не только определил стадии развития экосистем в бизнесе, но и обосновал необходимость управления процессом стадийного развития экосистем для обеспечения роста и совершенствования.

Таким образом, Дж. Ф. Мур, проведя аналогии между экономическими и биологическими системами на основе трансфера принципиальных положений концепции экосистем из биологии, заложил фундамент экосистемного подхода к исследованию и управлению сложными экономическими системами в предпринимательстве, в основе которых — сетевое взаимодействие и интеграция ресурсов заинтересованных участников для совместного создания ценности и новых моделей бизнеса.

Дальнейшее развитие концепции экосистем в экономике происходило в контексте междисциплинарной интеграции путем приращения первоначального теоретического базиса новым практическим опытом развития сетевого взаимодействия и «трансформации традиционных моделей бизнеса и управления в динамичный формат нового поколения — экосистемы» (Ушвицкий и др., 2021).

В.А. Карпинской по результатам изучения различных научных источников выявлена и описана совокупность основных предпосылок, обосновывающих проникновение и использование понятия «экосистема» в экономической сфере (табл. 2.1).

Обобщая представленные предпосылки, можно отметить, что экосистемы явились адаптивным ответом экономических субъектов на трансформационные процессы в социально-экономическом пространстве, выступив агрегаторами сетевых эффектов, обеспечивающих конкурентное преимущество в условиях цифровой экономики и технологической революции.

Таблица 2.1

Ключевые предпосылки становления концепции экосистем в экономике

Автор	Предпосылки
К. Келли	«...сети – это фундаментальный материал, из которого новые организации строятся и будут строиться. Динамическая сеть — это символ науки будущего» (Kelly, 1995)
М. Кастельс	«...технологическая революция обеспечила трансформацию информации и коммуникационных технологий, тем самым высвободив потенциал сетей» (Кастельс, 2016)
С. А. Дятлов	«...вертикально-горизонтально-сетевая интеграция компаний в условиях глобальной информационно-инновационной экономики позволяет интегрировать инновационные идеи, разрабатывать технологии и ресурсы для создания и реализации инновационных товаров и услуг и, как следствие, получать различные рыночные и сетевые выгоды и эффекты, которые не могут быть получены каждым участником самостоятельно, если они будут функционировать в одиночку» (Дятлов, 2014)
М. А. Бек, Н. Н. Бек, Е. В. Бузулукова и др.	«...расширение круга партнерских отношений, ...ускорение экономической интеграции в масштабах глобального характера, ... трансформация структуры экономики жесткого разграничения отраслей в структуру в виде их сложного переплетения, ...необходимость объединения ресурсов и компетенций нескольких компаний для изготовления инновационного продукта (предоставления услуги), отвечающего требованиям пользователей» (Шерешева и др., 2014)
М. Якобидис, К. Сеннамо, А. Гавер	«...рост числа и видов форм совместной деятельности организаций» (Jacobides et al., 2015)
Г. Б. Клейнер	«...изменение организационных конструкций в экономике, ...трансформация конкуренции предприятий в конкуренцию социально-политических и социально-экономических систем» (Клейнер, 2017)
В. Е. Дементьев, С. Г. Евсюков, Е. В. Устюжанина	«...развитие тенденции сочетания как жестких (в рамках системы владельческого контроля — системы контроля со стороны собственников активов), так и мягких форм интеграции (базирующихся на преимуществах сотрудничества)» (Дементьев и др., 2017)
А. Аптекман, В. Калабин, Е. Кузнецова и др.	«...развитие партнерства и смежных направлений деятельности трансформирует набор дополнительных направлений деятельности компаний в основные» (Аптекман и др., 2017)
М. Петров, В. Буров, М. Шклярук и др.	«...наращивание скорости технологических инноваций, ...изменение бизнес- и управленческих моделей, ...перестройка сферы производства, логистики и потребления» (Петров и др., 2018)

Источник: составлено автором по (Карпинская, 2018).

2.3. Промышленные экосистемы как закономерный этап развития экономики нового технологического уклада

Исследование и формирование концепции экосистем в экономике осуществлялось учеными с разных точек зрения, исходя из круга научных интересов, целей и задач исследований, что объясняет существование диаметрально противоположных определений понятия «экосистема». Отсутствие строгих рамок в использовании любого понятия затрудняет его изучение, в том числе определение элементного состава экономической экосистемы, структуры, классификации и т. п. В связи с чем для раскрытия сущности, содержания и области применения понятия «экосистема» проведен анализ современных научных публикаций экономической проблематики, которые представляют наибольший интерес при формировании авторского представления понятия «экосистема» (табл. 2.2).

Анализируя представленные определения понятия экосистемы, можно отметить, что в современных экономических исследованиях в зависимости от уровня (национальные, региональные и пр.), отрасли (предпринимательские, промышленные, финансовые и пр.) и вида деятельности (инновационные, цифровые и пр.) учеными определяются разные виды экосистем, наибольший дискуссионный интерес среди исследователей вызывают предпринимательская экосистема, инновационная, бизнес-экосистема, промышленная, технологическая, цифровая, платформенная и др. Все эти направления исследования и описания экономических реалий с позиций концепции экосистем обусловлены глубокими цифровыми и технологическими трансформациями бизнес-моделей, бизнес-систем и возникновением новых отраслей бизнеса.

Видовое многообразие экономических экосистем и дискуссионный характер их толкования позволяют тем не менее выделить общие принципы концепции экосистем в экономике как сложных самоорганизующихся систем (Pathak, 2016), которые представлены на рисунке 2.6.

Повышенное внимание научного сообщества и значительное количество публикаций, посвященных исследованию экосистем, привели к активному развитию концепции экосистем и формированию экосистемного подхода в экономической науке.

Экосистемный подход, интегрируя в себе особенности системного, сетевого и кластерного подходов, концепцию устойчивого развития и методологию эволюционной и институциональной экономической теории, описывает сложные взаимодействия экономических систем на горизонтальном и вертикальном уровнях интеграции в контексте

Таблица 2.2

Терминологический аппарат концепции экосистем, виды, классификация

Термин	Авторы	Определение
Экономическая экосистема	А. Гавер, М. А. Кузумано	«...совокупность отраслевых технологий и их дополнений, производимых различными предприятиями» (Sawer & Susumano, 2008)
	Г. Б. Клейнер	«...пространственно локализованный комплекс организаций, бизнес-процессов, инновационных проектов и инфраструктурных образований, способный к длительному самостоятельному функционированию за счет кругооборота ресурсов, продуктов и систем» (Клейнер, 2019)
	О. В. Дударева	«...фасилитатор синергетического взаимодействия объектных (кластер, парк, зона), структурных (платформа), процессных (сеть) и инновационных (инкубатор, центр) составляющих» (Дударева, 2022)
Предпринимательская экосистема	Дж. Ф. Мур	«...хозяйственное сообщество, опирающееся на фундамент, который составляют взаимодействующие организации и индивиды, организмы мира предпринимательства» (Moore, 1996)
	Б. Коэн	«...разнообразный набор взаимозависимых субъектов в пределах географического региона, которые влияют на формирование и возможную траекторию всей группы субъектов и, возможно, экономики в целом» (Cohen, 2005)
	Д. Дж. Айзенберг	«...набор отдельных элементов, таких как лидерство, культура, рынки капитала и клиентов, которые сложным образом сочетаются друг с другом» (Isenberg, 2010)
	Дж. Вест, Д. Вуд	«...совокупность взаимосвязанных участников, организаций, институтов и процессов предпринимательской деятельности, которые объединяются формально и неформально для того, чтобы обеспечить связанное и опосредованное управление в локальной предпринимательской среде» (West & Wood, 2013)
	С. В. Дорошенко, А. Г. Шеломенцев	«...структуре любой бизнес-экосистемы, будь то университет, регион, город и т. д., обязательны должны присутствовать так называемые „политические“ элементы — стратегии, программы, концепции развития предпринимательства, которые задают тон дальнейшему взаимодействию отдельных элементов предпринимательской экосистемы» (Дорошенко & Шеломенцев, 2017)

Продолжение табл. 2.2. на след. стр.

Продолжение табл. 2.2.

Термин	Авторы	Определение
Предпринимательская экосистема	А.В. Овчинникова, С. Д. Зимин	«... сложная адаптивная система, включающая совокупность активных субъектов, кооперационных связей между ними и средовых факторов (в том числе институциональных, инфраструктурных, культурно-социальных), обеспечивающих более эффективное использование трудовых, финансовых и интеллектуальных ресурсов в рамках региона с целью эффективного использования ресурсов экосистемы в процессе производства товаров и услуг и удовлетворения общественных потребностей» (Овчинникова & Зимин, 2021)
	А. П. Шихвердиев, А. А. Вишняков, А. Ю. Чемашкин, и др.	«... совокупность взаимосвязанных и взаимозависимых компонентов, без которых невозможно создание и развитие предпринимательства. Эти компоненты создают институциональную среду предпринимательства и влияют на возможность создания бизнеса» (Шихвердиев и др., 2022)
	Р. Аднер	«... механизмы сотрудничества, посредством которых фирмы объединяют свои индивидуальные предложения в некоторое единое целое решение, ориентированное на клиента» (Adner, 2006)
Инновационная экосистема	Ю. Г. Мыслякова, Е. А. Шамова, В. В. Захарова	«... система коллаборации вуз — бизнес — вуз, способная привлечь в университеты дополнительные финансы для своей деятельности за счет новаторского содержания данного взаимодействия, разработки инновационных решений и их коммерциализации в условиях рационального использования ресурсов» (Мыслякова, Шамова & Захарова, 2018)
	Е. В. Попов, В. Л. Симонова, И. П. Челак	«... самоорганизующийся, высокоадаптивный, территориально ограниченный в рамках природной, институциональной, социальной и политической среды сетевой комплекс свободно кооперирующихся, взаимодействующих и взаимовлияющих друг на друга элементов — организаций, процессов, проектов, сервисов» (Попов, Симонова & Челак, 2020б)
	Т. О. Толстых, А. М. Агаева	«... открытая и саморазвивающаяся система сетевого равенства экономических акторов, которые самоорганизуются на основе особой среды, формируемой в результате обмена (переливов) энергии. В качестве такой энергии выступают новые знания, технологии, информация или уникальные ресурсы» (Толстых & Агаева, 2020)

Термин	Авторы	Определение
Бизнес-экосистема	М. Ротшильд	«...экономика как подобие живых систем или экосистем, где важно взаимодействие между ее участниками, организация определяется по месту в сети клиентов, конкурентов, партнеров, поставщиков и по уровню технологий и инновационности, от которых зависит успех ее действий в этой среде» (Rothschild, 1990)
	Дж. Ф. Мур	«...взаимосвязанную сеть участников (компаний и других организаций), чей потенциал в области инноваций, технологий, компетенций, ресурсов, кооперации и конкуренции эволюционирует совместно (коэволюционирует)» (Moore, 1993)
	М. Иансити, Р. Левиен	«...свободные сети поставщиков, дистрибьюторов, аутсорсинговых фирм, производителей сопутствующих товаров или услуг, технологий, провайдеров и множества других организаций, которые влияют на компанию и находятся под ее влиянием путем создания и доставки собственных предложений» (Iansiti & Levien, 2004)
	Д. Дж. Тис	«...сообщество организаций, учреждений и лиц, оказывающих влияние на предприятие, его клиентов и поставщиков» (Teese, 2007)
	А. Тивана, Б. Консински, А. Буш	«...хозяйственное сообщество, опирающееся на фундамент, который составляют взаимодействующие организации и индивиды, организмы мира предпринимательства» (Tiwana, Konsynski & Bush, 2010)
	С. Зара, С. Намбисан	«...группа компаний (и других объектов, в том числе, возможно, индивидов), которые взаимодействуют и вступают в отношения взаимозависимости, поскольку такая группа помогает производить товары, технологии и услуги, в которых нуждаются клиенты» (Zahra & Nambisan, 2012)
	Р. Капур, Дж. М. Ли	«...взаимозависимые действия, совершаемые фирмой, клиентами, компаниями, создающими дополнительные продукты, и поставщиками» (Caroo & Lee, 2013)
	Е. А. Вишнягова, И. А. Соловьева	«...совокупность независимых компаний, функционирующих под единым брендом, взаимодействующих друг с другом, а также с потребителями услуг и внешней средой, в результате чего производится кругооборот ресурсов и клиенту дается предложение, состоящее из частей, созданных компаниями экосистемы» (Вишнягова & Соловьева, 2021)

Продолжение табл. 2.2 на след. стр.

Продолжение табл. 2.2

Термин	Авторы	Определение
	Г. Б. Клейнер	«...устойчивые социально-экономические образования, органически сочетающие черты кластеров, холдингов, финансово-промышленных групп, технопарков и бизнес-инкубаторов» (Клейнер, 2018а)
	Е. В. Шкарулета	«...совокупность экономических институтов развития, материальных и нематериальных активов (человеческого капитала и компетенций, ценностей, физической и сервисной инфраструктуры, платформ и технологий, финансовых ресурсов) во взаимодействии со множеством акторов, действующих на рынках и в отраслях, обеспечивающая результирующее взаимодействие между организациями и людьми» (Шкарулета, 2019)
	Н. Ю. Титова	«...динамичная транснациональная группа промышленных производителей, состоящая в собственной системе коммуникаций компании со своими клиентами, пользователями и прочими участниками цепочки создания добавленной стоимости, ориентированная на достижение единой миссии и адаптированная для устойчивого развития в условиях окружающей среды» (Титова, 2021)
	Л. А. Гамидуллаева, Т. О. Толстых, Н. В. Шмелева	«...саморазвивающаяся система, функционирующая на основе трансграничного взаимодействия бизнеса, отраслей промышленности, научного сообщества, государства через обмен энергией, в качестве которой выступают новые знания, технологии, информация или уникальные ресурсы» (Гамидуллаева и др., 2022)
Промышленная экосистема	О. В. Дударева	«...эмерджентная модель промышленной деятельности, на основе которой функционирует локализованная сложная эволюционирующая когерентная сеть множественных акторов, не управляемых иерархически, действующих одновременно в логике автономности и взаимосвязанности, самоорганизации и гомеостаза, отличающихся своими убеждениями и принципами принятия решений, целью которых является достижение устойчивого развития и создание дополнительных ценностей для каждого актора текущего и будущего поколений на основе принятиев промышленного симбиоза (мутуализации) и рециркуляции» (Дударева, 2022)

Термин	Авторы	Определение
Промышленная экосистема	М. В. Самсонова, О. В. Федорищева	«...в условиях цифровизации, базирующаяся на цифровой платформе, трансформируется из промышленной экосистемы в цифровую промышленную экосистему, преимуществами которой являются: 1. скорость взаимодействия между акторами системы; 2. кастомизация выпущенной продукции; 3. разнообразие сфер деятельности; 4. формирование цифровых цепочек создания ценности; 5. оптимизация затрат на реализацию бизнес-процессов; 6. отсутствие барьеров для входа; 7. стремление к саморазвитию; 8. синергетический эффект за счет взаимодействия и взаимовлияния; 9. усиление внешней конкурентоспособности акторов экосистемы» (Самсонова & Федорищева, 2023)
Технологическая экосистема	Ж. Адомавичюс, Дж. Бокштедт, А. Гулга, Р. Ж. Кауфман	«...система взаимосвязанных технологий и взаимозависимых технологических достижений, влияющих на эволюцию» (Adomavicius, Bockstedt, Gupta & Kauffman, 2007)
Цифровая экосистема	Е. В. Шкарулета	«...сообщество, которое появляется из комбинации повседневных использований цифровой платформы и ее приложений, цифровых инструментов и технологий различными акторами (клиентами, разработчиками, агентами) с навыками и компетенциями, приобретенными посредством этого использования» (Шкарулета, 2019)
	Е. В. Неборский	«...средство цифровой трансформации, реконструирующее среду и идентичность университета» (Неборский, 2021)
	Е. В. Василенко	«...система устойчивых взаимоотношений между участниками, способствующими реализации их совместных инновационных проектов... это специально созданное, чаще всего открытое, пространство для взаимодействия различных заинтересованных сторон» (Василенко, 2022)
	ЕСМ-Journal	«...цифровое пространство, в котором бесшовно функционирует множество сервисов одной компании или нескольких участников-партнёров. Интеграция между ними позволяет управлять пользовательским поведением, добиваться максимальной скорости и прозрачности процессов, обнаруживать проблемы и точки улучшения в разных бизнес-направлениях деятельности»*

Окончание табл. 2.2 на след. стр.

Окончание табл. 2.2

Термин	Авторы	Определение
Цифровая экосистема	Н. А. Молодчик, Д. С. Брагина	«...совокупность взаимосвязанных и дополняющих друг друга цифровых сервисов, объединенных технологической платформой. Все сервисы, входящие в состав цифровой экосистемы, создают дополнительную ценность для клиентов компании» (Молодчик & Брагина, 2023)
	А. Тивана, Б. Консински, А. Буш	«...группа платформ и модулей, специфичных для данной платформы» (Tiwana и др., 2010)
Цифровая экосистема	М. Чеканьоли, С. Форман, П. Хуан и др.	«...сеть инноваций для производства дополнений, повышающих ценность платформы» (Sessagnoli и др., 2012)
	К. Ченнамо, Дж. Сантало	«многосторонние рынки», позволяющие совершать сделки среди различных групп пользователей» (Sennamo & Santalo, 2015)
Платформенная экосистема	Дж. Уорхем, П. Б. Фокс, Дж. Л. Кано Гинер	«...платформа продуктов, определенная основными компонентами, созданными владельцем платформы, и дополнениями, созданными автономными компаниями на периферии» (Wareham и др., 2013)
	Т. А. Головина, А. В. Полянин, И. Л. Авдеева	«...модель обеспечения посредством технологической площадки прямого взаимодействия и осуществления транзакций между субъектами с использованием новых способов и форм взаимодействия, создания ценности и ценообразования» (Головина и др., 2019)
	С. А. Неганов, В. П. Неганова	«...согласованная структура комплементарного набора партнеров, которым необходимо взаимодействовать на платформе для реализации ключевого ценностного предложения» (Неганов & Неганова, 2022)

Источник: составлено автором (перевод англоязычных источников выполнен автором).

* Цит по: ЕСМ-Journal (2022). Цифровая экосистема: модный термин или новая реальность? https://esm-journal.ru/material/cifrovaya_ekosistema_modnyj_termin_ili_novaja_realnost.



Рис. 2.6. Принципы концепции экосистем в экономике (источник: составлено автором по (Росинская, 2018))

ускоренного развития и усложнения их структур в современных условиях повышенной социо-экономической турбулентности.

При этом ученые активно дискутируют об иерархии и взаимовключенности исследуемого многообразия экосистем. Так, С.В. Дорошенко и А.Г. Шеломенцев утверждают,

что «предпринимательская экосистема включает инновационную экосистему, поскольку подразумевает развитие не только инновационного предпринимательства, но и традиционного» (Дорошенко & Шеломенцев, 2017). Е.А. Третьякова и Е.Н. Фрейман считают одним из видов предпринимательских экосистем промышленные экосистемы (Третьякова & Фрейман, 2022).

В.В. Акбердина и Е.В. Василенко относят промышленные экосистемы к элементам инновационной экосистемы региона, обосновывая тем, что «возникновение таких категорий, как „инновационная экосистема на уровне города“, „региональная инновационная экосистема“ и „национальная инновационная экосистема“, — определенный этап в развитии концепции инновационной экосистемы, который означает расширение сферы применения данной концепции и ее масштабирование: фокус смещается с отдельных фирм и отраслей на инновационное развитие целых территорий» (Акбердина & Василенко, 2023).

Коллектив ученых под руководством А.Е. Плахиной акцентируют внимание на том, что «промышленные экосистемы, при условии их развития в цифровой среде, можно рассматривать как инструмент диффузии инноваций» (Плахин и др., 2020), а следовательно — как элемент инновационной экосистемы.

В противовес обозначенным научным позициям М.В. Самсонова и О.В. Федорищева указывают на высокую сложность промышленных предприятий как экономических систем, в связи с чем в них «могут быть сконцентрированы элементы всех вышеперечисленных разновидностей экосистем» (Самсонова & Федорищева, 2023). В дополнение к этой точке зрения Н.Ю. Титова и В.Е. Зиглина полагают, что промышленные экосистемы включают цифровые и технологические экосистемы, поскольку основываются на создании цифровых платформ и роботизации производства (Титова & Зиглина, 2021), а Ю.И. Ряжева считает, что инновационная экосистема создает внутреннюю среду развития промышленного комплекса, представляя собой «самоорганизующуюся, саморегулирующуюся и саморазвивающуюся, открытую систему, характеризующуюся входными потоками идей, стоимости, людей, информации, ресурсов» (Ряжева, 2020).

Несмотря на разнящиеся точки зрения, ученые едины во мнении, что экосистемы в промышленности имеют место быть, успешно функционируют и развиваются. Любое промышленное предприятие с позиций экосистемного подхода можно рассматривать как экосистему, в состав которой входят разнообразные природные и техногенные элементы, взаимодействующие между собой, оказывающие воздействие на окружающую природную и социально-экономическую среду

и функционирующие для достижения единой цели. Экосистемами более высокого уровня являются промышленный кластер, промышленное производство территории, региональный промышленных комплексов.

В настоящее время некоторые исследователи отмечают недостаточное распространение в промышленности экосистемной модели ведения бизнеса (Вишнягова & Соловьева, 2022). Одновременно другие настаивают, что применение экосистемного подхода в развитии промышленности позволит сформировать «мощное конкурентное преимущество с потенциалом захвата целевых рынков» (Кулапов и др., 2022).

В современных условиях перехода на новый технологический уклад целью создания и развития промышленных экосистем выступает ускоренная технологизация и технологическое развитие на основе формирования отечественной базы цифровых и прорывных технологий, использование которых позволит достичь технологической суверенитет промышленного производства в РФ.

В контексте национальной повестки скорейшего формирования и укрепления на долгосрочную перспективу технологического суверенитета в целях ускоренного научно-технологического развития страны и политики импортозамещения развитие промышленности принципиально важно осуществлять в рамках именно экосистемного подхода с фокусом на формирование экосистем, что представляется адекватным откликом на трансформацию потребностей рыночных акторов, технологические инновации, повышение сложности организационных форм и условий ведения бизнеса, возникновение новых способов бизнес-взаимодействий и размывание организационных границ. Данный факт обусловлен тем, что, по нашему мнению, технологическая суверенность страны зарождается именно в промышленности как в колыбели технологий при тесном взаимодействии с научно-исследовательскими организациями.

Таким образом, представляется, что использование экосистемного подхода к исследованию и описанию процессов развития промышленности в современных условиях позволит преодолеть ограничения существовавших ранее научных подходов и принять во внимание все многообразие связей и взаимодействий участников промышленных экосистем как высокоинтегрированных сложноорганизованных саморазвивающихся социально-экономических и технологических образований с учетом коэволюции их возможностей и способностей в совместном создании ценности.

ГЛАВА 3. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЦЕССА ЦИФРОВИЗАЦИИ ОТРАСЛЕЙ И ПРЕДПРИЯТИЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

3.1. Теоретические подходы к исследованию процессов цифровизации отраслей и предприятий 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. (Акбердина, 2018; Бочкарев, 2021в).

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. (Белл, 2010; Тоффлер, 2010; Clark, 1940; Fourastie, 1949). Данные идеи были активно поддержаны российскими экономистами (Валентей, 2015; Иноземцев, 1998; Иноземцев, 2000; Иноземцев, 2014).

Вместе с тем активное сокращение доли материального производства в конце XX в., снижение производительности труда, сокращение доли отраслей промышленности в валовой добавленной стоимости и пр. привели к возникновению, обоснованию и развитию концепции деиндустриализации (Бодрунов, 2014а; Бодрунов, 2014б; Бодрунов и др., 2013).

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 производства (Анимица, 2013).

В частности, отдельные авторы отмечают тенденции дезорганизации, деградации, деквалификации, декомплицирования (Бодрунов, 2015). В результате в научном сообществе сформировалась фундаментальная идея, что экономическое производство невозможно без материального сегмента (Белл & Иноземцев, 2007). В таком контексте получили научное обоснование идеи реиндустриализации как процесса восстановления доли промышленности в структуре

вального внутреннего продукта (Бодрунов, 2014б). 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 образом, высокотехнологичные отрасли экономики, синтезирующие технологии и задействующие в этом процессе традиционные отрасли промышленности (Силин и др., 2019).

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 (Татаркин и др., 2016).

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 производства (Коровин, 2020; Бочкарев, 2022) и распределенной энергетики.

Таким образом, наблюдается переход от цифровизации, происшедшей 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.

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 развития (Романова и др., 2016).

При этом атрибутами новой парадигмы выступают:

- модульность;
- распределенность производства;
- беспроводные коммуникации между сенсорами, исполнительными механизмами и сборочными единицами (Акбердина, 2018).

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 устройств (Акбердина, 2018). 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 процессов (Львов & Глазьев, 1986). При этом процесс цифровизации происходит крайне неравномерно не только в разных странах, но и в отраслевом разрезе (Авдеева и др., 2017).

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

Теория 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 является установка формирования блока технологий, выступающих ядром производственных преобразований.

Современный этап исследований сопряжен с активным изучением экономической динамики, обоснованием новых приоритетов промышленного развития в условиях переходных процессов (Gustafsson et al., 2016; Ren et al., 2016). В рамках теории технологической эволюции было раскрыто содержание категорий переходных состояний в развитии промышленности (Литовский, 2022).

Значимое место в теории технологической эволюции отводится длительности переходных этапов и стадий (Richtha et al., 1966). Так, проанализированы стадии индустриальной зрелости промышленных предприятий, архитектуры бизнес-моделей, что выступает основой для разработки стратегии деятельности в процессе цифровизации на национальном уровне (Гудкова, 2022).

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 переходов (Урасова, 2022).

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 условиями (Глазьев, 2013). 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 эволюции (Глазьев, 2017). 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 новые технологии и пр. (Глазьев & Харитонов, 2009) 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 динамики (Красильников, 2001). Некоторые исследователи характеризуют современный этап

как переход к третьей и четвертой промышленным революциям в процессе перераспределения функций между человеком и машиной (Ленчук, 2018). 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 рост (Яковлева, 2014). Это подтверждается позициями целого ряда ученых, посвятивших свои труды процессам технологического развития (Илюхин & Пономарева, 2016; Ребус & Спивакова, 2019). Так, отдельные авторы указывают на процесс перехода к новому укладу как на эволюционный (Нешитой, 2012; Зоидов и др., 2012). В отдельных работах доказана роль цифровизации как основного процесса экономического развития на современном этапе. Несмотря на отсутствие общепринятых определений в таком контексте, можно обратить внимание на наличие обязательных для процессов цифровизации элементов (Плотников, 2020). Так, С.Г. Кирдина-Чэндлер указывает на то, что цифровизация выступает лишь определенным этапом в процессе возрастающей сложности экономических процессов (Кирдина-Чэндлер, 2017).

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, аддитивное производство, большие данные и аналитику, кибербезопасность (Трачук & Линдер, 2020). При этом в процессе внедрения данных технологий могут наблюдаться эффекты в виде новых инновационных паттернов, роста производительности труда на предприятиях (Бочкарев & Фрейман, 2022а; Бочкарев & Фрейман, 2022б). 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 разработок (Виноградова & Галимова, 2019). В свою очередь, в компаниях низкотехнологичных отраслей можно проследить отрицательную эластичность вложений в инновации и производительность (Трачук & Линдер, 2020).

В качестве ключевых последствий Индустрии 4.0 многие исследователи указывают формирование новых бизнес-моделей, реализующих цифровые цепочки создания ценности, кастомизации продукта и сервисации производства (Хоменко и др., 2022). В результате очередной промышленной революции, таким образом, лидерами станут те промышленные предприятия, которым удалось аккумулировать вокруг себя передовые технологии, активных рыночных игроков, цифровые ресурсы (Бочкарев, 2018д).

Анализ процесса цифровизации отраслей промышленности в контексте теорий промышленных революций, занимающих значимые позиции в научном дискурсе (Вертакова и др., 2021; Акбердина и др., 2017), 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 интеллект (Ленчук, 2018; Романова & Сиротин, 2021);

— 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, кибербезопасность (Бочкарев, 2019в).

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, цифровых технологий в отрасли реального сектора экономики, на основе чего предполагается рост создаваемой добавленной стоимости (Долидзе, 2022).

В свою очередь, новая индустриализация, предполагая интенсификацию и расширенное воспроизводство, призвана сформировать высокотехнологичные отрасли промышленности на очередном этапе развития экономики страны (Коровин, 2018).

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-моделей (Шишацкий, 2022).

Такая «технологическая индустриализация» (Сухарев, 2021, с. 26) 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 продукции (Сухарев, 2021).

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;
- 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 (рис. 3.1).

Обобщение положений теории технологической эволюции, концепции промышленных революций и теории индустриального

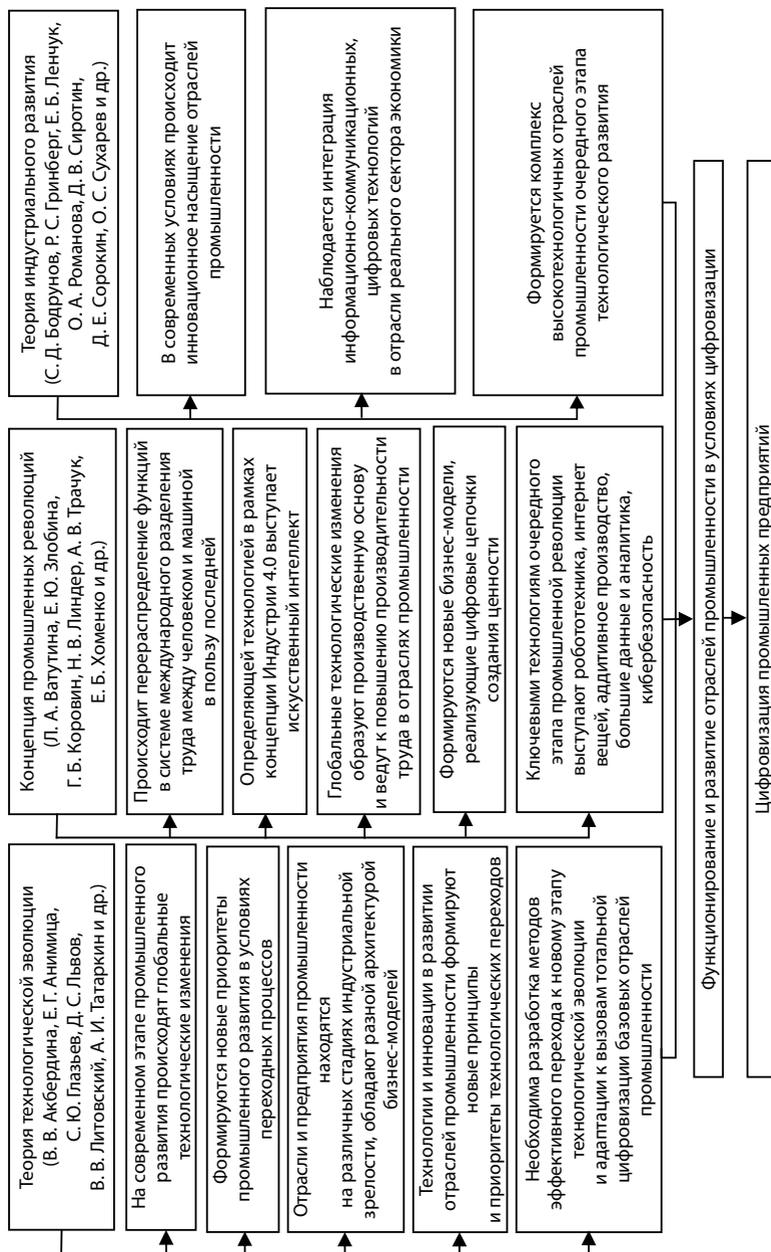


Рис. 3.1. Обобщение положений теории технологической эволюции, концепции промышленных революций и теории индустриального развития (Источник: составлено автором)

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, такой теоретический подход 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.

3.2. Методические аспекты оценки цифрового развития отраслей и предприятий промышленности

Цифровизацию отраслей промышленности можно охарактеризовать как процесс постоянных преобразований, следствием которого выступают структурные изменения. Как любой процесс экономического развития, цифровизация имеет несколько этапов (Бочкарев, 2019г; Бочкарев, 2020). При этом в научном дискурсе не сложилось

Таблица 3.1

Отдельные показатели измерения цифровизации, получившие определенное признание от мирового научного сообщества

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

Источник: систематизировано автором.

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, действующей возможности новых технологических условий (Романова, 2018).

Одним из показателей, позволяющих производить подобные оценки, можно назвать международный индекс цифровой экономики и общества (IDESI)¹, который измеряет и иллюстрирует эволюцию цифровой конкурентоспособности. Также исследовательский интерес представляют «Набор инструментов для измерения цифровой экономики» (ОЭСР), «Методика оценки готовности страны к цифровой трансформации» Всемирного банка (Положенцева, 2021). Подобные индикаторы являются общепринятыми в мировом научном сообществе (табл. 3.1).

¹ The Digital Economy and Society Index (DESI). <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi> (дата обращения: 01.05.2023).

Большинство стран применяют комплексные методики, позволяющие системно оценить цифровые процессы¹ (Вертакова и др., 2021; Кокуйцева & Овчинникова, 2021). Так, в США (Бауэр и др., 2018; Положенцева и др., 2021) в оценке процессов внедрения «умного» производства участвуют Консорциум промышленного интернета, 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 услуг (Ezell, 2018).

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 Федерации (Бажанова & Кувшинов, 2019). Можно отметить, что практически по всем показателям наша страна находится

¹ The ICT Development Index (IDI): conceptual framework and methodology. <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/publications/mis/methodology.aspx> (дата обращения: 18.12.2022).

² Digital transformation of European industry — a policy perspective. <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. <http://spkurdyumov.ru/uploads.pdf> (дата обращения: 28.12.2022).

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

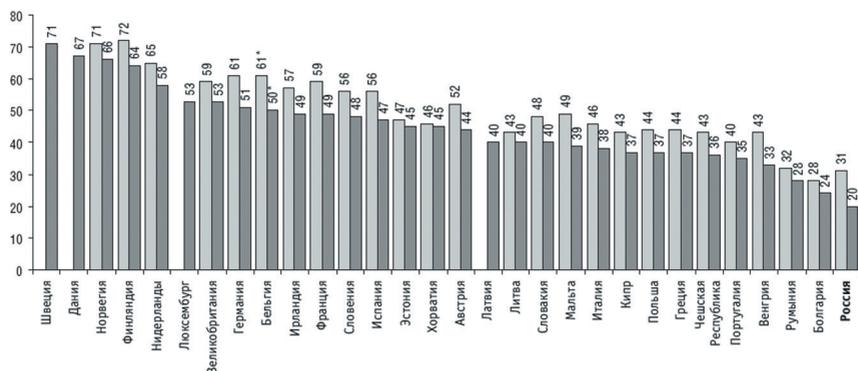


Рис. 3.2. Работники, использующие персональный компьютеры и интернет, % от общей численности работников организаций (источник: Абдрахманова и др., 2015)

в числе аутсайдеров, о чем, в частности, могут свидетельствовать данные, отображенные на рисунке 3.2.

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

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 IT-рынка и IT-инфраструктуры констатируются ведущие лидирующие позиции США и Японии среди стран мирового сообщества.

Так, рейтинг Harvard Business Review¹ основывается на общедоступных и коммерческих данных 90 стран мира и 160 индикаторах (рис. 3.3).

Среди лидеров 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 Сингапuru. К перспективному типу отнесены Китай, Индонезия, Индия, РФ, которые характеризуются активным развитием цифровой

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

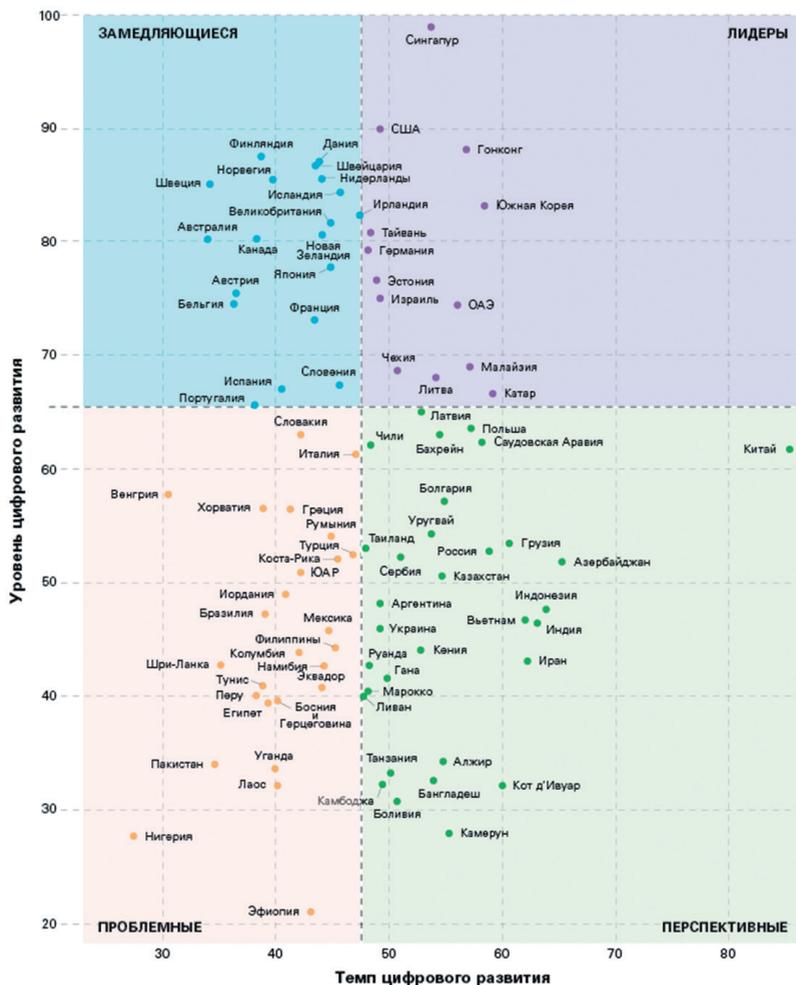


Рис. 3.3. Цифровая эволюция стран мира за 2020 г. (по: Самые цифровые страны мира: рейтинг 2020 г. Harvard Business Review. <https://big-i.ru/innovatsii/trendy/853688> (дата обращения: 18.02.2023))

инфраструктуры, что указывает на потенциал цифровизации, которая может благотворно повлиять на развитие экономики.

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

Исследовательский интерес ряда зарубежных авторов сконцентрирован на построении оптимальных логистических, сетевых

цепочек развития отдельных предприятий и отраслей промышленности (Юсим, 2020).

В российском научном дискурсе также сложился целый ряд методик, оценивающих цифровые преобразования в отраслях промышленности. Так, можно отметить труды А.Ю. Федотовой (Федотова, 2012; Федотова, 2016), в которых раскрываются вопросы реализации основных производственных фондов и технологических преобразований в отраслях промышленности. В этих работах А.Ю. Федотова констатирует, 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 связей (Лихачева и др., 2017).

Способы оценки технологической модернизации отдельных отраслей промышленности предложены О.С. Сухаревым и Е.Н. Ворончихиной (Сухарев & Ворончихина, 2019; Сухарев & Ворончихина, 2020), К.В. Самоновой и И.К. Шевченко (Самонова & Шевченко, 2015), З.А. Васильевой, О.В. Рыжковой и Ю.В. Улас (Васильева и др., 2017). В качестве общей характеристики данных исследований выступает диагностика эффектов, зачастую относящихся к смежным отраслям и сферам развития общества (социальной, экологической и пр.). Так, в работах О.С. Сухарева (Сухарев, 2020б; Сухарев, 2020в) раскрыта структура и этапы технологической динамики экономического роста.

Кроме того, технологическое развитие отдельных отраслей раскрыто в трудах С.А. Белякова и А.С. Шпака (Беляков & Шпак), Б.Г. Шелегеды, О.Н. Шарнопольской, С.А. Руссияна, Н.В. Погоржельской и Н.В. Шелегеды (Шелегеда и др., 2007). 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 отрасли (Бочкарев, 2017б; Бочкарев, 2019б).

Основываясь на методах оптимизации и теории графов, отдельные авторы выстраивают оценки инновационного развития отраслей (Goykher et al., 2019).

Можно отдельно обозначить методические подходы, реализующиеся в крупных корпорациях и в отраслевых ведомствах РФ. Центральное место в этом контексте отводится индексу зрелости Индустрии 4.0¹. Содержательно данный подход включает целый ком-

¹ Индекс зрелости Индустрии 4.0 — Управление цифровым преобразованием компаний. München: Herbert Utz Verlag. <https://www.acatech.de/wp-content/>

плекс тематических исследований, каждое из которых подразумевает анализ отдельных цифровых условий и тенденций, которые в 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 (рис. 3.4).

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:

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

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

uploads/2018/03/acatech_STUDIE_rus_Maturity_Index_WEB.pdf (дата обращения: 02.09.2022).

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

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.



Рис. 3.4. Показатели цифровизации отраслей в соответствии с группировкой Росстата (составлено по: Система показателей Росстата для статистической оценки уровня технологического развития отраслей экономики. https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/syst_pok.doc (дата обращения 16.02.2023))

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

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

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-лидеров¹. Ее методическую основу составляют ранжированные списки компаний, собранные на основе анализа зарубежных информационно-аналитических изданий. Отметим, что относительно российских предприятий авторы методики используют стоимостные показатели, отражающие годовой уровень дохода и расходов. Хотя и не очевидна взаимосвязь между уровнем доходности и уровнем применения технологий на предприятии, это в русле данного 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 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 трансформации (Абдрахманова и др., 2022), содержащее комплексный анализ развития сектора ИКТ в РФ в 2021 г. На основе данных Росстата в докладе показаны тенденции изменения спроса 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 РФ⁴. В ходе исследования было опрошено 673 должностных

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

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

³ Промышленное производство в России. 2021. https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Prom_proiz-vo_2021.pdf (дата обращения: 11.12.2022).

⁴ Перспективы и проблемы использования технологий искусственного интеллекта

лица государственных органов и органов местного самоуправления в 46 субъектах РФ. Обработка анкет отразила процесс распространности технологий искусственного интеллекта, а также влияние факторов, ограничивающих их развитие.

Развитие высокотехнологичного бизнеса в регионах России раскрыто в докладе РАНХиГС¹. 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 работа Центра стратегических разработок, посвященная исследованию региональных рынков труда в меняющихся цифровых условиях в 2022 г.² Авторы раскрывают региональную специфику рынков труда, выделяя технологические факторы.

Среди работ российских авторов, посвященных процессам цифровизации отраслей промышленности, также отметим систему оценки В. В. Акбердиной, которая предусматривает пять этапов (Акбердина, 2018).

На первом этапе цифровизации происходит компьютеризация отраслей промышленности как процесс технической модернизации, автоматизирующих информационные процессы промышленных предприятий (Пыткин и др., 2015; Бочкарев & Хисамова, 2015; Бочкарев, 2015; Бочкарев, 2017а).

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.

в регионах Российской Федерации. Ассоциация содействия ИИ в промышленном секторе. <https://www.csr.ru/upload/iblock/82f/tse64fmdsetwhhpde57a3wjtsud6mdx.pdf> (дата обращения: 01.09.2022).

¹ Высокотехнологичный бизнес в регионах России: национальный доклад, выпуск 3 (2020). М.: Ассоциация инновационных регионов России, 100.

² Региональные рынки труда в новых экономических условиях. Центр стратегических разработок. <https://www.csr.ru/ru/research/regionalnye-rynki-truda-v-novykh-ekonomicheskikh-usloviyakh/> (дата обращения: 05.03.2023).

Четвертый этап цифровизации связан с производством информационно-коммуникационных технологий и оборудования, что развивает внутренний рынок электронных компонентов (Бочкарев, 2018б).

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.

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

С 2010-х гг. 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 условиям (Батов & Бушмелева, 2008; Главатских и др., 2008).

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-процессов (Вальгух, 2009). 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 раздельно друг от друга, способствуя удешевлению производства. Второй этап — связанность: взаимосвязанные элементы приходят на смену раздельному 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 (рис. 3.5).

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 4.0 (Соболев и др., 2017).

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 прибыли (Трушков, 2011). Среди подобных систем, достаточно широко раскрытых в научной литературе, можно назвать Material requirements / Resource planning, Distribution requirement planning и др. (Levy, 2000; Orlicky, 1975; Wallace & Kremzar, 2001). Данные системы разрабатывались в целях снижения затрат и повышения производительности труда, наращивания задействования

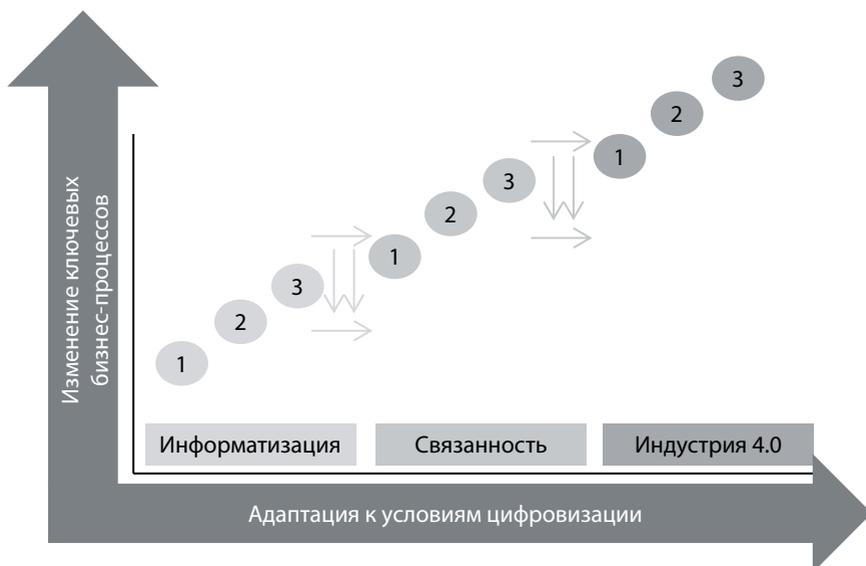


Рис.3.5. Процесс изменения бизнес-процессов на промышленном предприятии в условиях цифровизации (источник: составлено автором)

Таблица 3.2

Потенциальные эффекты цифровизации на промышленном предприятии

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

Источник: (Абдрахманова и др., 2015).

производственных мощностей, сокращения потерь рабочего времени и времени на внутривзаводское перемещение узлов, деталей и комплектующих и т. д. (Семенов & Бифов, 2011; Сидорова, 2008).

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 решений (Радайкин, 2020; Поляков, 2019) (рис. 3.6).

Это актуально, поскольку у промышленного предприятия появляется возможность рационально использовать ограниченные ресурсы путем их оптимизации с помощью цифровых технологий в приоритетных направлениях развития хозяйственной деятельности (Подшивалова & Алмршед, 2020).

Анализируя статистические данные, можем сказать, что процессы цифровизации на промышленном предприятии могут привести к целому ряду потенциальных эффектов¹ (табл. 3.2).

Приведенные данные доказывают взаимосвязь процессов цифровизации с управленческой и хозяйственной деятельностью промышленного предприятия. Проведенный анализ тенденций в развитии

¹ Данные Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. <https://digital.gov.ru/ru/activity/statistic/> (дата обращения: 18.01.2023).

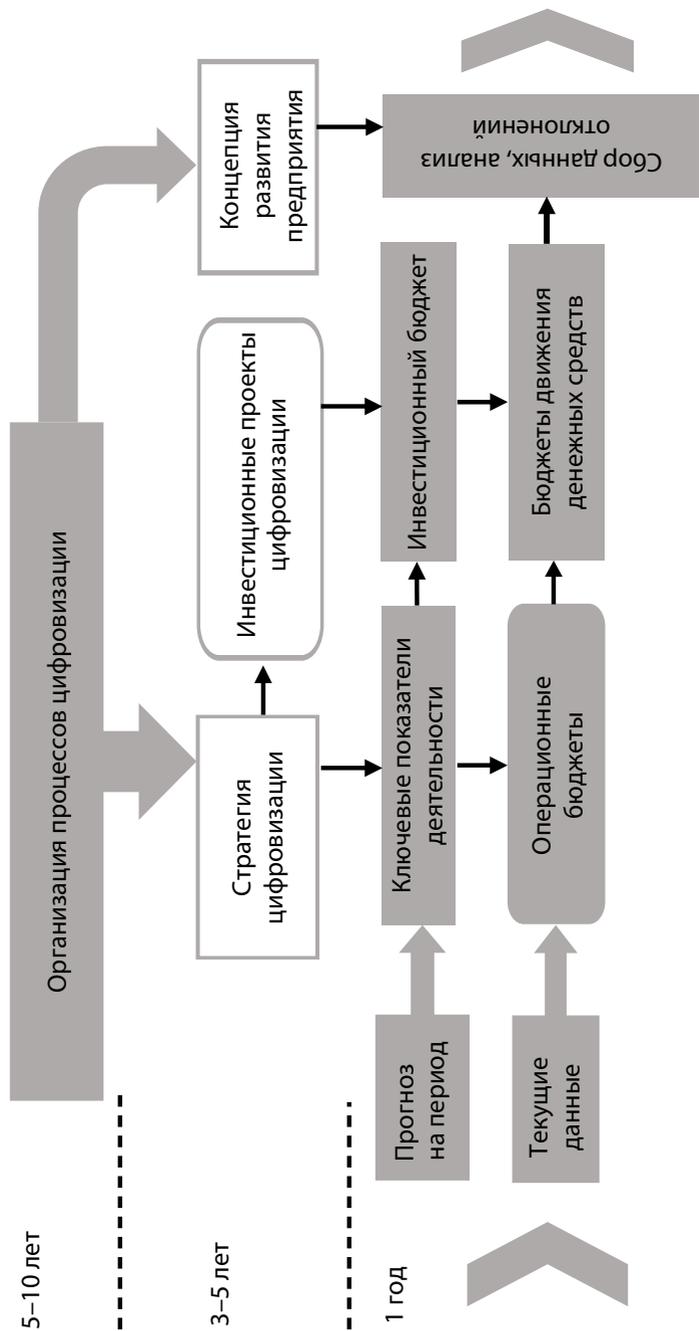


Рис. 3.6. Задачи цифровизации ключевых бизнес-процессов промышленного предприятия (источник: (Пыткин & Блаженкова, 2008; Пыткин & Блаженкова, 2009))

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.

В результате для анализа изменений 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 системе (Вагин, 2010; Вагин и др., 2018).

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 предприятий (Кашин & Куршнева, 2022). Определенный успех преобразований в отраслях промышленного производства во многом обусловлен теми изменениями, которые происходят в государственной промышленной 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 деятельности (Романова & Сиротин, 2022), 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 цифровизации (Гершанок & Петров, 2017).

Это означает, что 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 нашей логикой методические основы организации процесса цифровизации отраслей промышленности и предприятий представлены на рисунке 3.7.

Задача цифровизации промышленного предприятия решается частично за счет осуществления модернизации отдельных бизнес-процессов (Бочкарев, 2019а). 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 условиям (Бочкарев, 2018а; Бочкарев, 2018в; Бочкарев, 2018г).

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 разработок (Harland, 1996). В результате интеграции имеющихся ресурсов происходит объединение деятельности предприятия в области инженерной подготовки и управления производством.

При использовании такого подхода можно выделить ключевые бизнес-процессы (анализ, проектирование, реализация, использование, оценка и регулирование), которые формируют замкнутый логический цикл направлений модернизации (Bochkarev et al., 2021). Представленные бизнес-процессы реализуются по отношению к основным составляющим процесса цифровизации (рис. 3.8).

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 предприятия (Виноградова и др., 2022);

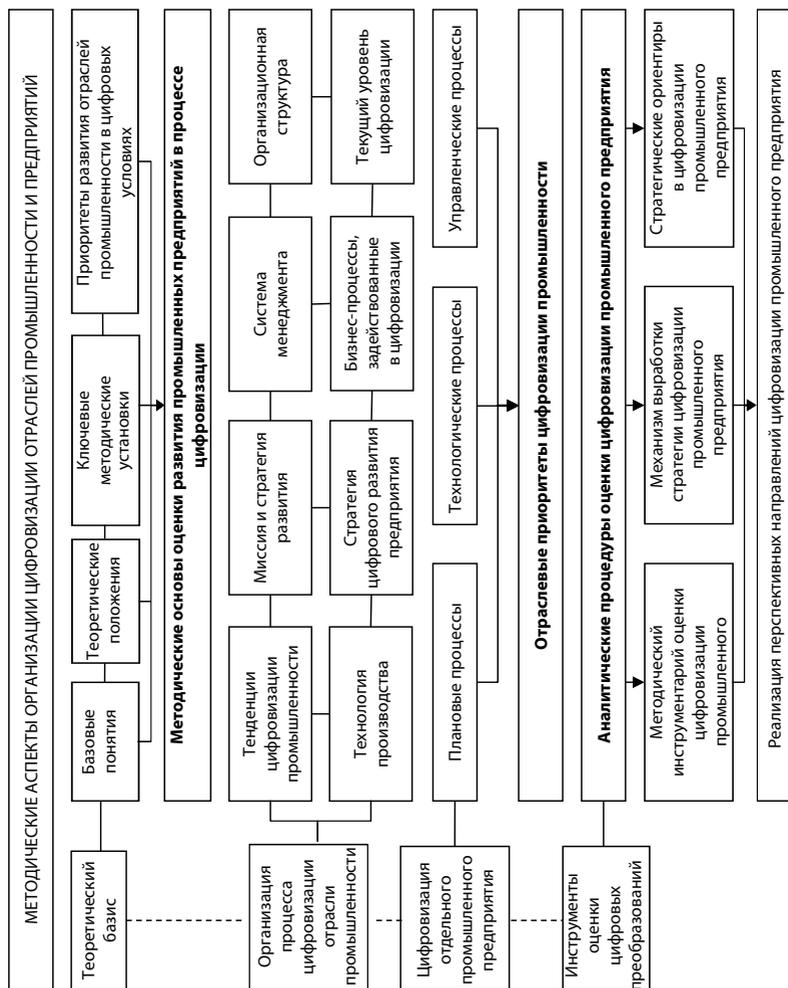


Рис. 3.7. Методические основы организации цифровизации отраслей и предприятий промышленности (источник: составлено автором)

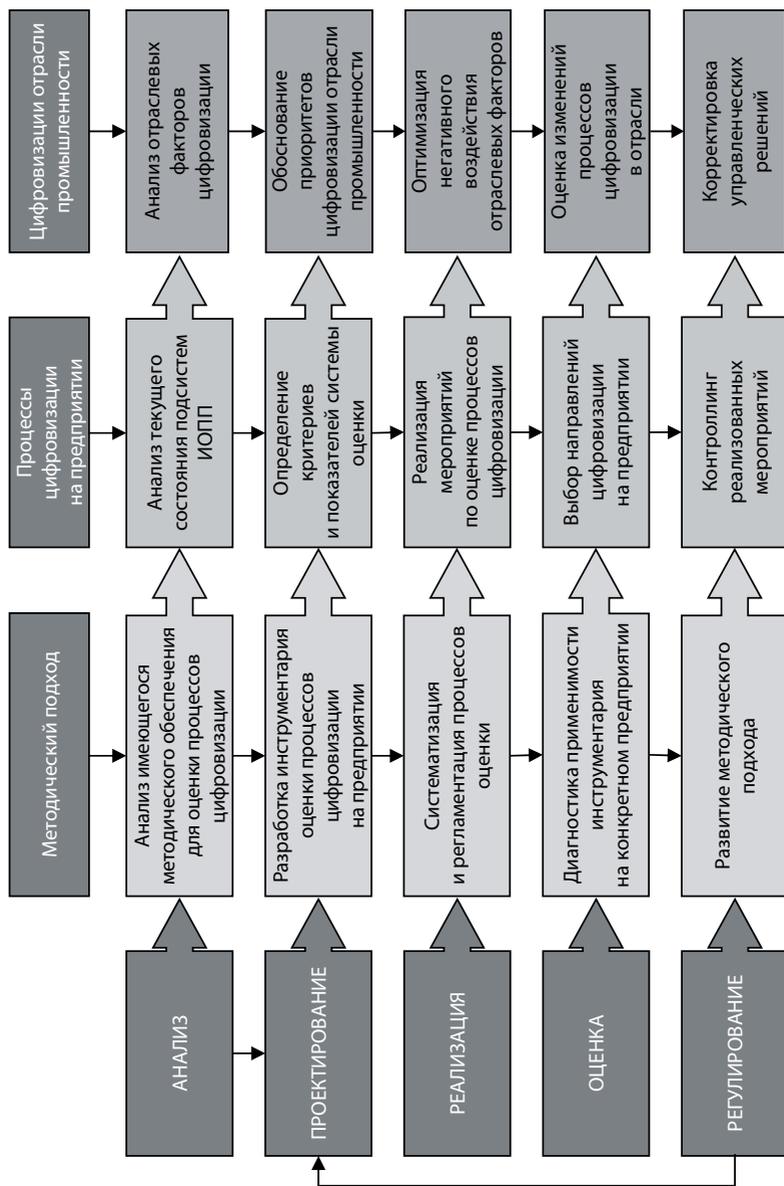


Рис. 3.8. Методические аспекты оценки процессов цифровизации промышленности (автором) систематизация и регламентация процессов оценки цифровизации (Виноградова и др., 2019);

— диагностика применимости методического подхода к оценке процессов цифровизации на предприятии (Виноградова и др., 2020);
— оценка на соответствие текущим условиям цифровизации в отрасли, корректировка в случае необходимости (Bochkarev et al., 2019; Plotnikov et al., 2020).

Схематическое представление направлений оценки процессов цифровизации промышленного предприятия отражает бизнес-процессы анализа, проектирования, реализации, оценки и регулирования (Бочкарев, 2021б).

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 (табл. 3.3).

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.

По результатам анализа методических аспектов оценки цифрового развития отраслей промышленности можно сделать несколько выводов (Бочкарев, 2021а).

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

Таблица 3.3

Классификация процессов цифровой трансформации промышленности

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

Окончание табл. 3.3

Уровень	Укрупненные процессы	Критерии цифровой трансформации процесса
Уровень промышленного предприятия	Внутренние бизнес-процессы (процессы анализа, разработки и принятия управленческих решений)	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

Источник: составлено автором.

3.3. 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.) (Оганьян, 2018).

Отдельные авторы рассматривают трансформацию как период неопределенности в процессе распределения ресурсов (Алчиан, 2000; Макаров, 1997).

Представители теорий эволюционной экономики рассматривают трансформацию как неравновесный процесс в совокупности адаптационных к внешней среде изменений (Ulam, 1958; Коротаев, 2009; Müller & Bostrom, 2016; Воронцов, 1980; Зоидов, 2003; Клейнер, 2001а; Князева & Курдюмов, 1994; Лукинов, 2002).

Позиция, развитая в исследованиях А. И. Татаркина, Е. Г. Анимиды, Е. Б. Дворядкиной, Я. П. Силина, Н. В. Новиковой и др. (Татаркин и др., 2009; Анимиды и др., 2008; Силин и др., 2016), определяет трансформацию как одну из фаз индустриализации.

Р. Нельсон и С. Уинтер (Нельсон & Уинтер, 2002) 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 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 отраслях (Красильников, 2001). Отраслевые показатели при этом меняются в процессе межотраслевых взаимодействий. В частности, Ю. В. Яковец подчеркивает циклический характер экономических трансформаций (Яковец, 1999).

При структурном подходе трансформация отражает динамику показателей (Перстенева, 2012) в разрезе уровней развития экономики (стран, регионов, иных локаций) (Казинец, 1981). В результате происходит внедрение научно-технологических новаций, замещение промышленных технологий (Аверьянов, 1985; Красильников, 2001).

Отметим, что тенденции таких изменений могут носить разнонаправленный характер, что также отражает трансформация (Глазьев, 2012).

В современных условиях можно говорить о понятии «цифровая трансформация», которое включает процессы производства, основанные на цифровых технологиях (Улезько & Жукова, 2019), определяющих характер трансформационных процессов (Юдина & Тушканов, 2017) как на уровне предприятия, так и на уровне отрасли (Сильвестров и др., 2020).

Отметим позицию авторов, связывающих цифровую трансформацию с активизацией ИТ-сектора (Лихачев, 2018), динамикой отдельных показателей хозяйственной деятельности предприятия (Дружинин, 2017; Кутергина и др., 2020), социально-экономических индикаторов (Самарина, 2007; Брижак, 2017; Дегтярев & Дегтярева, 2007), институциональных изменений (Гречко, 2014).

Проведенный анализ авторских позиций позволяет заключить, что цифровая трансформация как феномен современного этапа технологического развития экономики прошла несколько этапов (табл. 3.4).

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 развития.

Ключевыми приоритетами на самом общем уровне должны стать отраслевые характеристики цифровой трансформации. Соответственно, можно говорить как о теоретических характеристиках, отражающих свойства исследуемых цифровых процессов и явлений в промышленности, так и 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 развития (Урасова, 2021). 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

Таблица 3.4

**Эволюция содержания понятия «цифровая трансформация»
в научном дискурсе**

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 взаимосвязанностей; изменение отраслевых пропорций; неравномерная динамика отраслевых показателей
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

Источник: систематизировано автором.

и региональной специализации, характера воздействия внешних факторов.

На рисунке 3.9 представлены приоритеты современного этапа цифровизации отраслей промышленности, сопровождающегося переходом к Индустрии 4.0, реиндустриализацией и технологической модернизацией.

Рассмотрим более подробно содержание каждого из обозначенных приоритетов.

Иноватизация и модернизация промышленности. Глобальные тренды цифровизации определяют структурные изменения в отраслях промышленности, непосредственно связанные с иноватизацией и модернизацией процессов, при которых цифровые



Рис. 3.9. *Ключевые приоритеты цифровизации отраслей промышленности (источник: составлено автором)*

процессы начинают превалировать в социально-экономическом развитии. Такой тренд можно проследить в контексте изменения национальных приоритетов РФ в области цифровизации и технологического развития. Так, по состоянию на 2016 г., РФ занимает 41-е место по готовности к цифровой экономике со 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 стран. Это можно связать с неблагоприятной средой для ведения и развития бизнес-процессов и инновационных процессов в отраслях.

Систематизируя сведения, представленные в научной литературе, обозначим следующие этапы цифровизации. Первый этап формирования технологических приоритетов можно связать с принятием Комплексной программы научно-технического прогресса СССР на 1986–2005 гг. 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». В соответствии с планом реализации данного приоритета был разработан Перечень критических технологий федерального уровня. К приоритетным технологиям были отнесены информационные технологии и электроника, производственные технологии, новые материалы и химические продукты, технологии живых систем и пр.

Третий этап (2002 г.) связан с формированием перечня из 52 критических технологий. В перечень включены восемь групп технологий, которые можно отнести к процессам цифровизации. В 2006 г. данный перечень был видоизменен, 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 технологий. В соответствии с этим с 2014 г. реализуется проект «Национальная технологическая инициатива» (НТИ), который закрепляет «ключевые рынки будущего». Одним из таких рынков назван рынок «Технет» как кросс-рыночное и кросс-отраслевое направление.

На сегодняшний день можно обозначить шестой этап формирования технологических приоритетов, который начался в 2016 г. с принятия Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации. Перечень приведенных в Стратегии приоритетов отражает ответы РФ на глобальные вызовы. Обозначенные семь приоритетов представляют собой комплекс взаимосвязанных сквозных цифровых технологий (Акбердина & Смирнова, 2021).

Таким образом, в соответствии с логикой формирования национальных технологических приоритетов, отражающих процессы цифровизации, можно 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 целом (Акбердина & Смирнова, 2021).

В отдельных работах встречается анализ кросс-индустриальных эффектов от реализации технологий в отдельных отраслях (Huang & Ji, 2019; Mahnken & Moehrle, 2018; Lyng & Brun, 2018). 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 авторские позиции, оценивающие готовность к внедрению кросс-индустриальных технологий (Гурьянов и др., 2018; Паскова, 2018; Баурина, 2020; Акбердина и др., 2020; Романова & Пономарева, 2020; Смышляева и др., 2020).

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 затрат (Schumacher et al., 2016; Fatorachian & Kazemi, 2018).

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 играет платформизация как процесс формирования вертикально и горизонтально взаимосвязанных промышленных сетей создания стоимости (Li et al., 2020).

При этом создание цифровых платформ как процесс приводит к качественным изменениям на отраслевых рынках, в структурах

цепочек создания добавленной стоимости (Kiel et al., 2017). 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 процессы (Gawer & Cusumano, 2014; Genz et al., 2019; Hagiу & Wright, 2015; Heilbronner, 1980; Kenney & Zysman, 2016). 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.), которая позволяет сократить транзакционные издержки (Акбердина & Пьянкова, 2021).

Тенденции усиливающейся специализации промышленных предприятий, разделения труда в отрасли, увеличения скорости внедрения инноваций, освоения новых рынков, повышения производительности труда, сокращения транзакционных издержек и пр. предопределили высокий потенциал платформизации российских промышленных предприятий (Кондратьев, 2002).

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 платформ (Акбердина & Пьянкова, 2021).

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 специализации (Ховалова, 2022).

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 платформ (Сердюков, 2021).

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

Формирование промышленных экосистем. Процесс формирования цифровой экосистемы в промышленности происходит на основе промышленной кооперации и платформизации, что в совокупности расширяет цифровую индустрию (Пудовкина, 2020).

К основным свойствам промышленных экосистем исследователи относят динамичность, системообразование, развитие и рост, устойчивость, приоритетность, которые в совокупности определяют стадию жизненного цикла экосистемы (Молчан и др., 2020). Промышленная цифровая экосистема основывается на положениях теории нового индустриального общества и акцентирует внимание на процессе реиндустриализации (Пудовкина, 2020).

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 ресурсов (Александров и др., 2015; Буркальцева, 2017; Радзиевская & Мишина, 2016; Зацаринный и др., 2017). 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 которых можно отметить цифровые экосистемы, экосистемы стартапов, экосистемы Индустрии 4.0 (Головина & Потанин, 2021). Подчеркнем, что за счет расширения индустрии промышленная экосистема охватывает социоэколого-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 процессом (Пролыгина, 2004; Орлова & Ильина, 2010).

Трансформация как интеграционный процесс в отраслях АПК, как это раскрывается в отдельных научных работах, выражается в развитии интегрированных корпоративных структур, слиянии и разделении предприятий (Гязова, 2006). Интеграционные тенденции

наблюдают и другие исследователи (Шукуров, 2009). Отдельные черты и тенденции интеграции регионов в направлении развития трансформаций рассмотрены в широком круге исследований (Саралидзе, 2015; Самойлов, 2012). Так, подчеркивается формирование связей и зависимостей в отраслях, которое выступает основой трансформации (Бакланов, 2002).

Резюмируем. 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.

Данное определение отличается:

— дуальным рассмотрением промышленности: 1) 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; 2) 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;

— 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.

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

Предложенный теоретический подход, методические установки оценки цифрового развития отраслей промышленности, а также выявленные в настоящем параграфе приоритеты цифровой

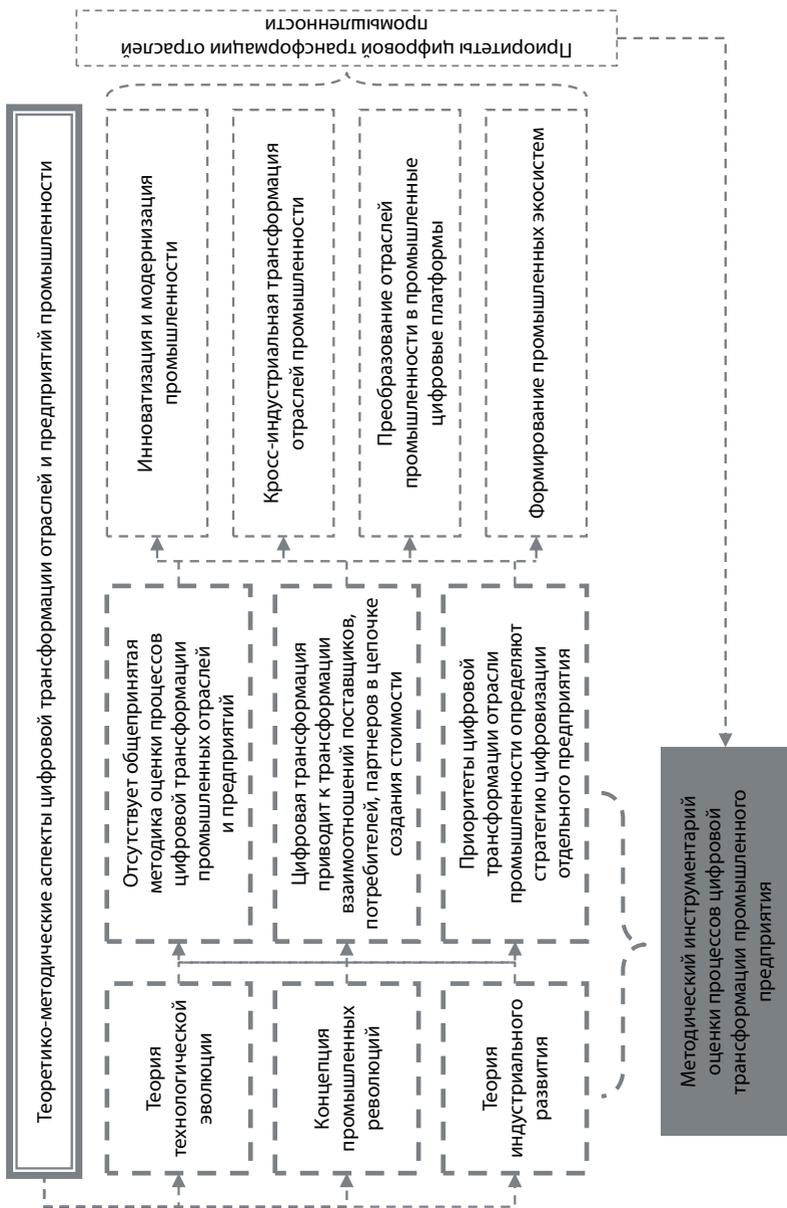


Рис. 3.10. Видение теоретико-методических основ цифровой трансформации промышленности
(источник: составлено автором)

трансформации отраслей промышленности позволяют сформировать наше видение теоретико-методических аспектов настоящего исследования (рис. 3.10).

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.

Также в работе раскрыт теоретический подход, представляющий собой синтез положений теории технологической эволюции, концепции промышленных революций и теории индустриального развития.

Предложена 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 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 методический инструментарий исследования процессов цифровой трансформации промышленных отраслей и предприятий.

ГЛАВА 4. ОБОСНОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ АНАЛИЗА И ОЦЕНКИ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОТРАСЛЕЙ И ПРЕДПРИЯТИЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

4.1. 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 (рис. 4.1).

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 не отметить колоссальный спад в темпах роста производительности труда в РФ (рис. 4.2).

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

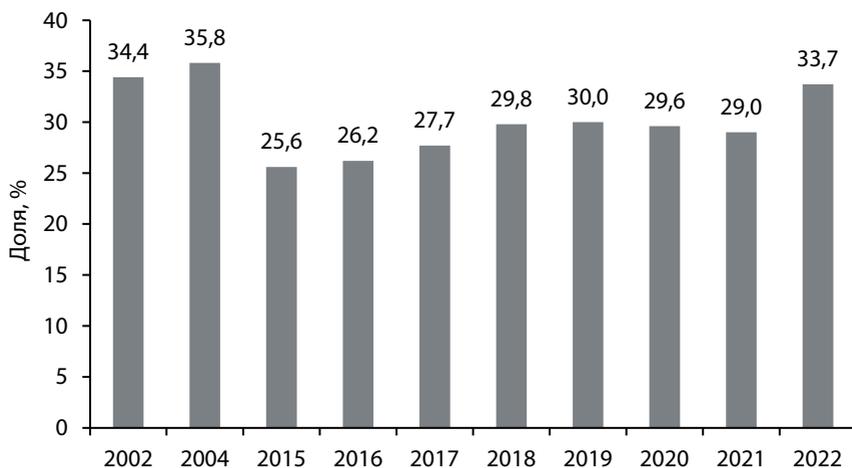


Рис. 4.1. Доля промышленности в ВВП РФ (источник: <https://rosstat.gov.ru>)

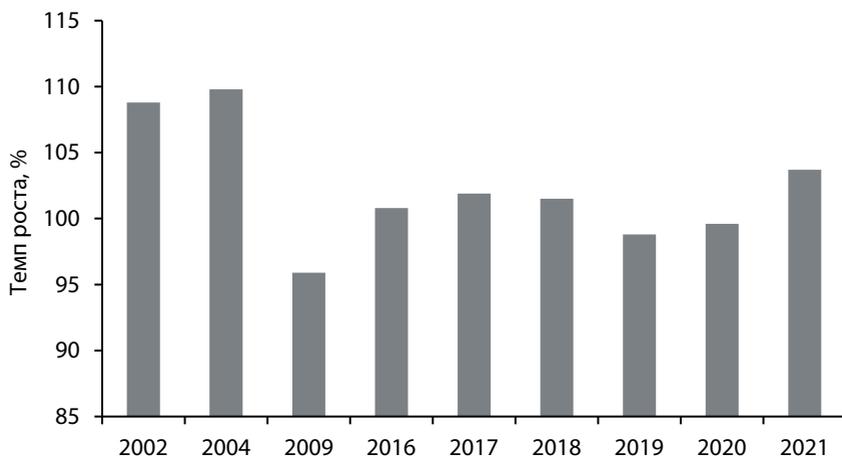


Рис. 4.2. Темп роста производительности труда в РФ
(источник: <https://rosstat.gov.ru>)

сформировались на фоне низкой готовности промышленных предприятий к процессам цифровизации (Акбердина, 2018).

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 цифровых технологий за 2018–2021 гг. (Фоменко и др., 2022). 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 точнее происходит снижение затрат и повышение производительности труда на предприятиях, возрастает качество продукции, снижение срока вывода продуктов на рынок (Идрисов, 2022). Цифровая трансформация как сквозной процесс направлена на наращивание конкурентоспособности предприятий и выход на новые рыночные позиции (Кокуйцева, 2022). 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. (Галочкин, 2022).

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 (рис. 4.3).

На рисунке 4.3 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.

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.

Наблюдения, основанные на данных, составивших корреляционные плеяды, представлены в таблице 4.1.

В рассматриваемом процессе промышленного развития 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 цифровизации отраслей промышленности

Экономика России в целом и промышленность в частности имеют достаточно высокий уровень первичной компьютеризации (табл. 4.2).

Таблица 4.1

Значимые взаимосвязи между показателями ИКТ и производственными показателями

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

Источник: составлено автором на основе рис. 4.3.

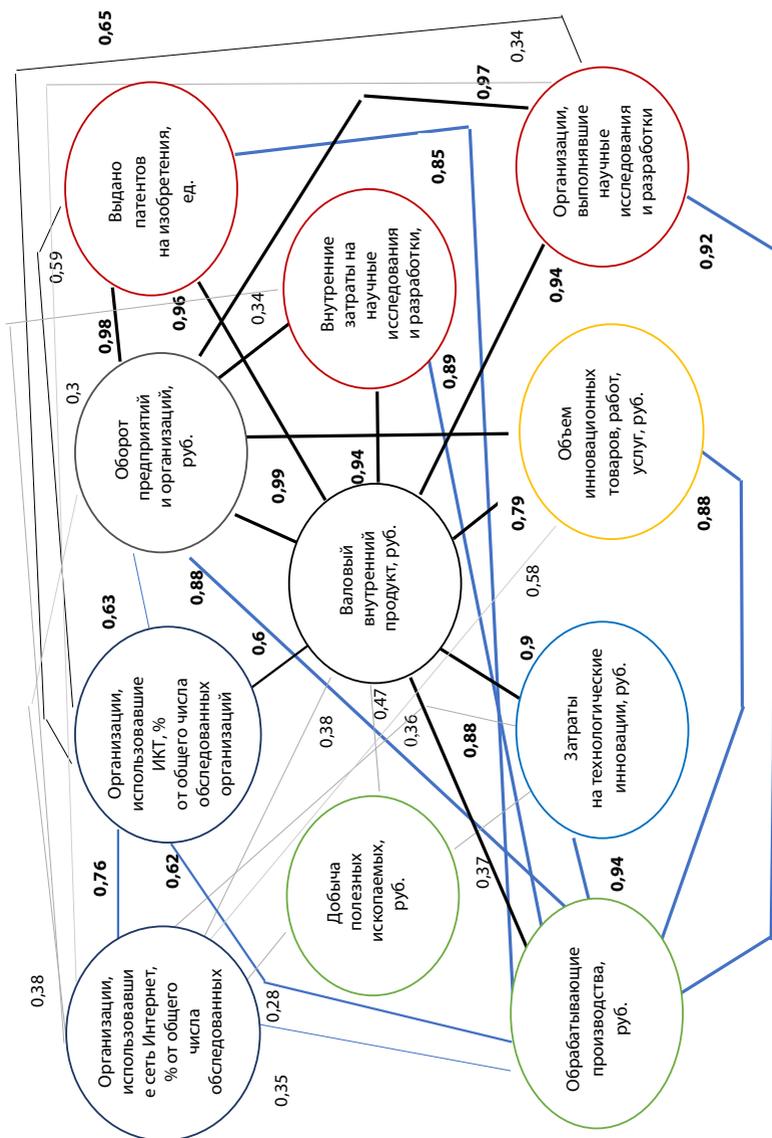


Рис. 4.3. Корреляционные плеяды зависимости показателей ИКТ и показателей развития промышленности (источник: составлено автором)

Таблица 4.2
Уровень первичной информационно-коммуникационной цифровизации отраслей промышленности РФ

Показатель	Доля организаций по отраслям, %																	
	Добыча полезных ископаемых						Обрабатывающие производства						Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха					
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Организации, использующие:																		
персональные компьютеры	90,7	88,5	87,5	73,0	73,4	73,4	95,5	94,1	94,1	82,6	85,1	85,1	94,2	93,4	94,7	85,1	86,7	86,7
серверы	69,1	65,1	64,8	51,0	45,3	45,3	74,5	72,2	73,7	62,9	61,4	61,4	60,6	59,2	60,3	54,9	51,5	51,5
локальные вычислительные сети	73,3	69,5	69,2	56,3	55,7	55,7	76,2	72,8	74,2	64,3	66,3	66,3	73,3	73,5	71,5	64,1	66,1	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	68,1	...	...	...	79,9	82,3	82,3	...	...	...	80,9	82,0	82,0
мобильный интернет	...	...	...	50,6	50,5	50,5	...	...	...	51,2	53,4	53,4	...	...	...	49,1	49,4	49,4
Организации, имевшие веб-сайт	39,7	37,4	40,4	32,0	33,2	33,2	63,8	61,6	63,2	52,5	56,1	56,1	47,5	47,7	51,1	44,3	46,4	46,4

Источник: Наука, инновации и технологии. Росстат. <https://rosstat.gov.ru/statistics/science> (дата обращения: 31.03.2023).

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 %.

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. (рис. 4.4)

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 (рис. 4.5).

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

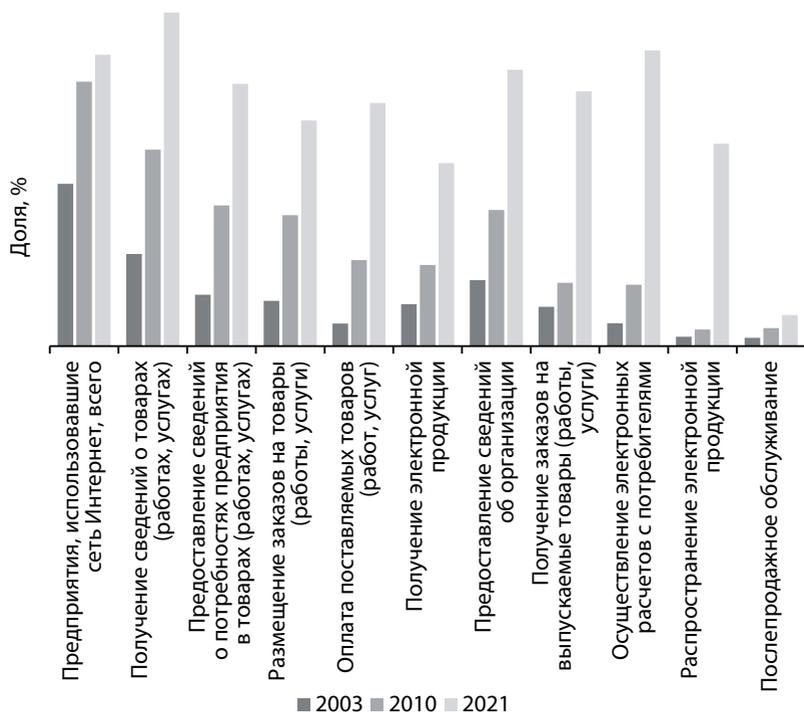


Рис. 4.4. Использование программных средств в процессе создания конечной продукции и ее реализации потребителям (источник: Наука, инновации и технологии. Россия. <https://rosstat.gov.ru/statistics/science> (дата обращения: 31.03.2023))

внедрять интегрированные модели, предусматривающие процесс сбора и обработки данных во всех направлениях деятельности предприятия, сочетающиеся с ERP-системой, CRM-системой предприятия.

Обратим внимание на отдельные реализованные проекты, связанные с применением специальных программных средств и продуктов (табл. 4.3).

Рассматривая промышленность РФ в таком контексте, необходимо констатировать, что отрасли промышленности идут по пути постепенной цифровизации, поскольку ERP-, SCM- и CRM-системы используют 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

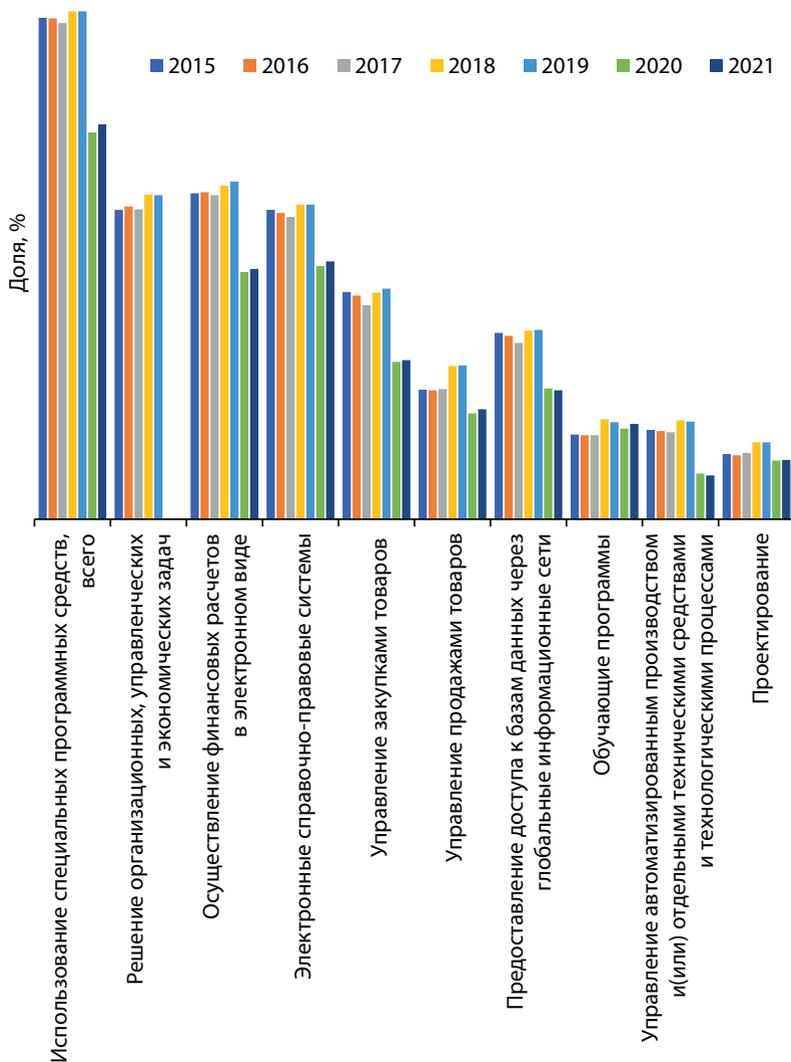


Рис. 4.5. Использование специальных программных средств при взаимодействии с внешними сетевыми партнерами (источник: Наука, инновации и технологии. Росстат. <https://rosstat.gov.ru/statistics/science> (дата обращения: 31.03.2023))

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,

Таблица 4.3

Реализация отраслевых программных комплексов и цифровых платформ на российских промышленных предприятиях

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

Источник: (Урасова, 2021).

в отрасли электро- и электронного оборудования достигает 60 %, в металлургической отрасли — 55 %. Машиностроение отличается высокой долей применения специального программного обеспечения. Наиболее низкие показатели по указанным критериям достигнуты в легкой, пищевой и деревообрабатывающей отраслях (Акбердина, 2018).

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 (рис. 4.6).

Снижение можно наблюдать в направлении автоматизированной транспортировки материалов и деталей, а также в применении технологий автоматизированного наблюдения и контроля (табл. 4.4). Наибольший рост продемонстрировали направления, связанные с производством, обработкой, сборкой, связью и управлением.

Вместе с тем тенденции внедряемых производственных технологий не отличаются таким стабильным приростом (рис. 4.7).

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

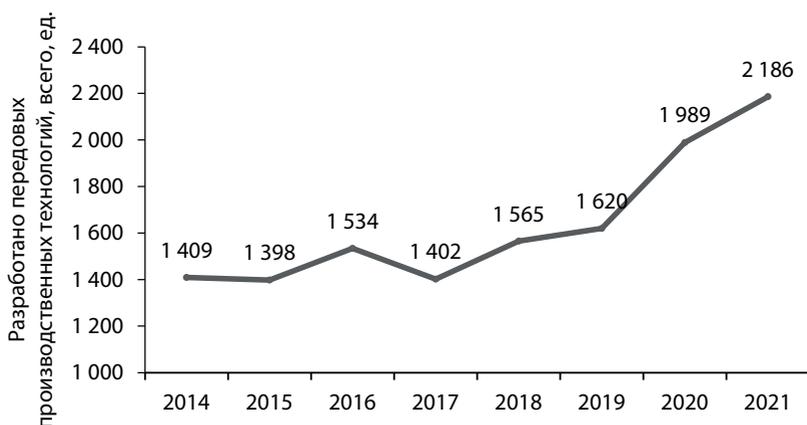


Рис. 4.6. Динамика количества разработанных производственных технологий и программных продуктов в промышленности в 2014–2021 гг. (источник: Наука, инновации и технологии. Росстат. <https://rosstat.gov.ru/statistics/science> (дата обращения: 31.03.2023))

Таблица 4.4
Количество разработанных производственных технологий и программных продуктов в промышленности

Вид технологий	Число технологий, ед.									
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021		
Проектирование и инжиниринг	445	359	402	417	458	456	349	438		
Производство, обработка и сборка	506	548	509	485	492	510	638	658		
Автоматизированная транспортировка материалов и деталей, а также осуществление автоматизированных погрузочно-разгрузочных операций	22	12	34	34	40	29	119			142
Аппаратура автоматизированного наблюдения и (или) контроля	110	117	160	134	165	159	142	131		
Связь и управление	202	232	285	218	292	316	273	189		
Производственная информационная система	65	84	83	44	72	81	190	256		
Интегрированное управление и контроль	59	46	61	70	46	69	187	241		

Источник: составлено автором по данным Росстат. <https://rosstat.gov.ru/statistics/science> (дата обращения: 31.05.2023).

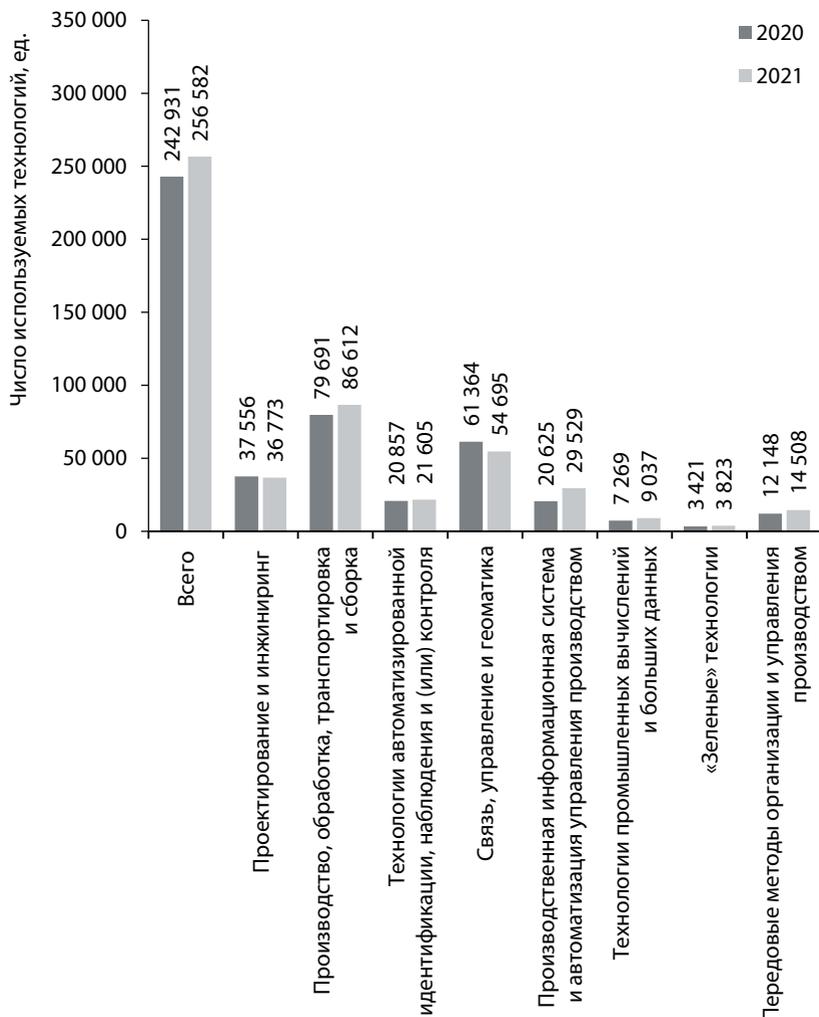


Рис. 4.7. Число используемых передовых производственных технологий и программных продуктов в промышленности (источник: Наука, инновации и технологии. Росстат. <https://rosstat.gov.ru/statistics/science> (дата обращения: 31.03.2023))

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

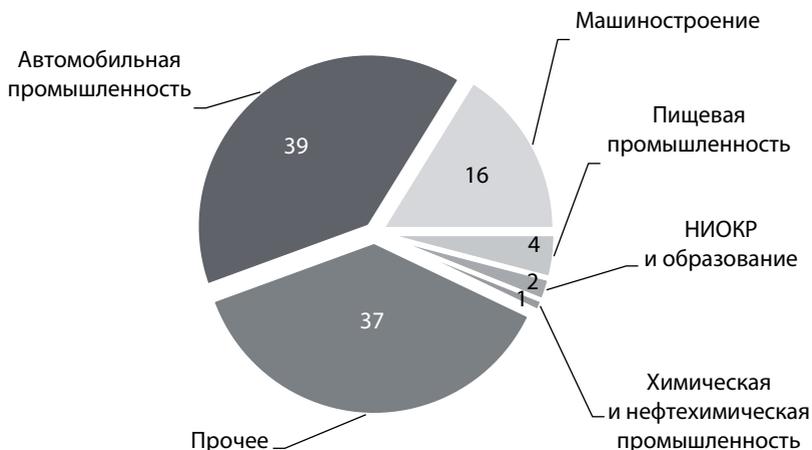


Рис. 4.8. Структура продаж робототехники в РФ в разрезе отраслей промышленности, % (источник: <https://www.tadviser.ru>)

продажи промышленных роботов в России составляют 500–600 ед., или около 0,25 % мирового рынка¹.

Статистика использования роботов выглядит следующим образом:

- 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 (рис. 4.8).

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

¹ Национальная ассоциация участников рынка робототехники. <https://robotunion.ru/> (дата обращения: 18.01.2023).

всех элементов на пути к созданию конечной продукции и ее реализации.

Для характеристики современной цифровой среды рассмотрим характер применения сквозных технологий на промышленных предприятиях (табл. 4.5).

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.

4.2. Методический подход к анализу процессов цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности

На основе предложенного в предыдущем разделе 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

Таблица 4.5

Применение ключевых сквозных технологий в отраслях промышленности регионов РФ

Примеры применения в регионах РФ	
Наименование технологий	Нефтегазовая отрасль: «Газпром нефть», «Лукойл», «Роснефть», «Башнефть», «Сибур», «НПП «Нефтехимия» и др.
Большие данные	—
Нейротехнологии 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	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 космические); 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). «ОДК-Сатурн», производитель газотурбинных 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

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 — АВВ), которая предполагает выдачу сотрудникам терминалов, подсказывающих оптимальные маршруты обхода и позволяющих в режиме реального времени передавать информацию о наблюдениях в центральную информационную систему. Завод радиоэлектронной продукции «Технинжиниринг» внедрил беспроводной контроль (разработчик — «СТРИЖ»), установив более 550 датчиков и устройств (электросчетчиков, датчиков протечи, температуры, теплосчетчиков и пр.).</p> <p>На КАМАЗе уже внедрены средства автоматизированного проектирования (САД) и система имитационного моделирования технологических процессов.</p> <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>
Компоненты робототехники и сенсорика	Обработка полезные ископаемых
Технологии беспроводной связи	<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>

Источник: составлено автором на основе анализа данных АНО «Цифровая экономика». <https://data-esompu.ru> (дата обращения: 30.04.2025).

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.

Данный методический подход является важным системообразующим элементом научной парадигмы исследования цифровой трансформации отраслей промышленности и отдельных предприятий (рис. 4.9).

В соответствии с представленными на рисунке 4.9 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 методических разработок.

Экосистемный методический подход к исследованию промышленных отраслей и предприятий основывается на тезисе о доминирующей роли цифровых платформ, представляющих собой особые системы (Симченко, 2022). 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 эффекты (Симченко & Цехла, 2021).

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

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 целостности (Шкарупета и др., 2020).

Экосистемный подход — это система экономических взглядов на содержание, тенденции, факторы и траектории цифровой

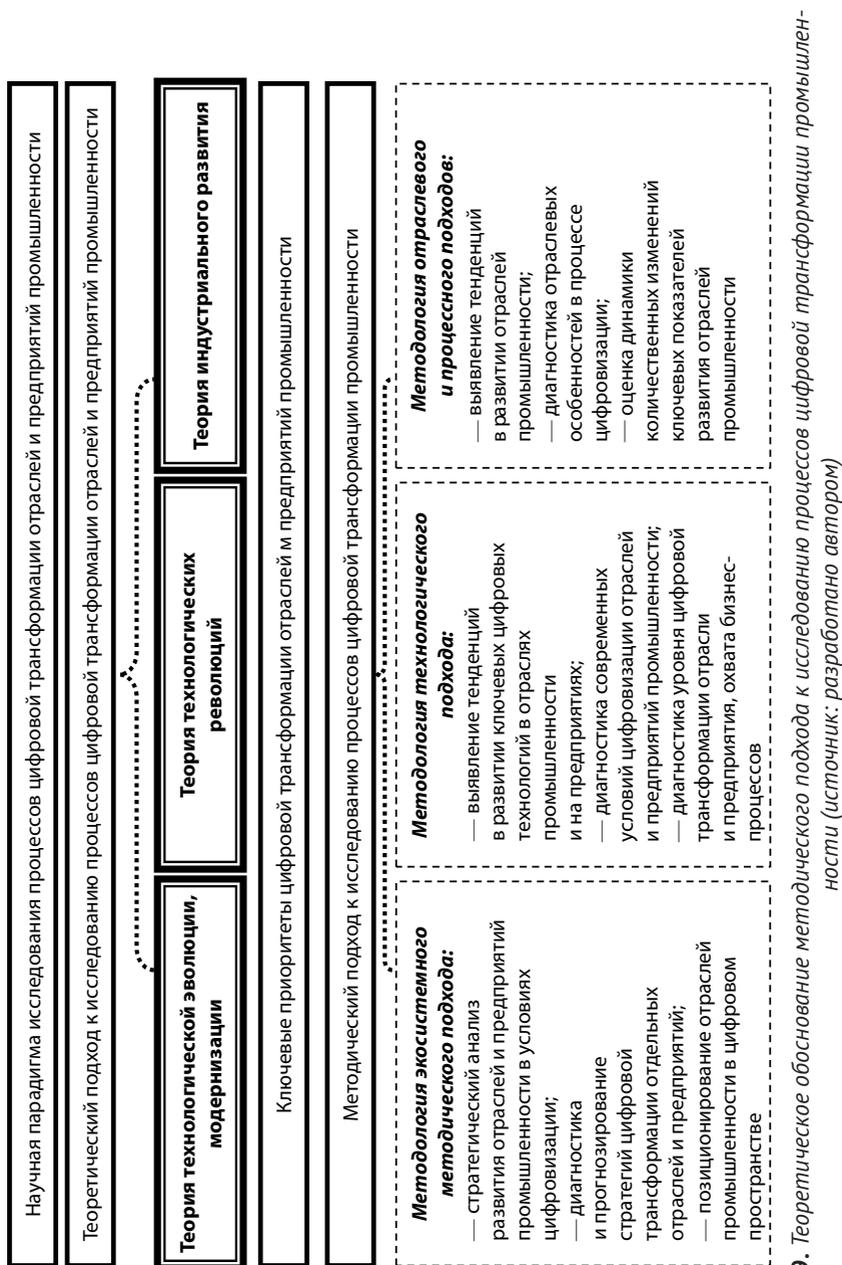


Рис. 4.9. Теоретическое обоснование методического подхода к исследованию процессов цифровой трансформации промышленности (источник: разработано автором)

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 достигнутого 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 зависимости 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 понимания сущности современных технологических приоритетов, протекающих в отраслях промышленности. Данный подход предполагает исследование цифровых технологий, обеспечивающих цифровую трансформацию отраслей промышленности (Kiel et al., 2017; Kumar, 1996; Genz, 2019). Именно от интенсивности и результативности реализации цифровых технологий зависит конкурентоспособность и перспективность развития как отрасли, так и отдельного промышленного предприятия (Sorbe et al., 2019; Wiesböck & Hess, 2020).

Цифровые изменения в отраслях промышленности во многом определяются последствиями глобальных экономических трендов, в результате которых происходит формирование новых моделей промышленного развития, механизмов наращивания конкурентных преимуществ и возможностей технологического роста для промышленных отраслей (Глазьев и др., 1992). 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 промышленности (Чарочкина, 2021).

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

— 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 трансформации (Alexandrova & Poddubnaya, 2021; Akatkin et al., 2017). Цифровые изменения в отдельной отрасли промышленности тесно взаимосвязаны с условиями внедрения, обработки больших данных, а также создания новых бизнес-моделей на основе цифровых технологий (Paunov & Planes-Satorra, 2019). Это делает необходимой оценку не только тенденций и устойчивости развития отдельных предприятий, но и возможностей повышения эффективности промышленных отраслей (Хрусталеv & Хрусталеv, 2014), поскольку в современных условиях можно наблюдать целый ряд провалов на промышленных рынках, что требует значительной корректировки отраслевой политики государства, выработки мер по ликвидации/созданию барьеров входа на те или иные отраслевые рынки (Спицина, 2020).

Таким образом, оценка откликов отраслей промышленности на реализацию механизмов промышленной политики требует выработки системы критериев, показателей измерения (Романова и др., 2015). Такая оценка формируется на основе интеграции оценок по отдельным отраслям и предприятиям (Лаврикова, 2006).

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;

— 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.

4.3. 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 управления (Сухарева, 2014). В частности, можно отметить системы планирования ресурсов предприятия ERP, автоматизации деятельности инженерных подразделений PLM и пр., которые базируются на единых хранилищах данных (Саид, 2017).

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 трансформации (Трусов, 2012; Трусов и др., 2014).

Отметим, что вся эволюция развития инструментов внутрифирменного и стратегического планирования сопровождалась возникновением новых подходов и концепций, отвечающих требованиям основных подсистем хозяйственной деятельности промышленного предприятия (Урасова, 2020). С развитием тенденций цифровой 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 сервиса (Белоусова, 2012; Мотовилов & Глезман, 2012; Harland, 1996). Современная стадия развития внутрифирменного планирования отличается такими характеристиками, как инновационность и стремление к самоорганизации, регламентации ответственности, внедрению облачных технологий (Гайнанов и др., 2022). Большинство инструментов внутрифирменного планирования включают комплекс производственных и управленческих процедур (Орехова, 2020).

В условиях цифровой трансформации в экономике, когда промышленные предприятия ориентируются на потребности конечного потребителя, повышается значение интенсификации производства, основанной на реализации интеллектуального потенциала, и развития «цифрового» производства (Орехова & Мисюра, 2020; Орехова & Евсева, 2020).

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 промышленного предприятия появляется возможность рационально использовать ограниченные ресурсы путем их оптимизации с помощью данного инструментария в приоритетных направлениях развития хозяйственной деятельности (Подшивалова & Алмршед, 2020).

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 (рис. 4.10).

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.

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

Рассмотрим особенности применения традиционных для российских промышленных предприятий инструментов внутрифирменного планирования. Так, можно отметить использование PLM-системы (*Product Lifecycle Management*) на ПАО «Протон-ПМ» при совершенствовании системы управления (рис. 4.11).

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

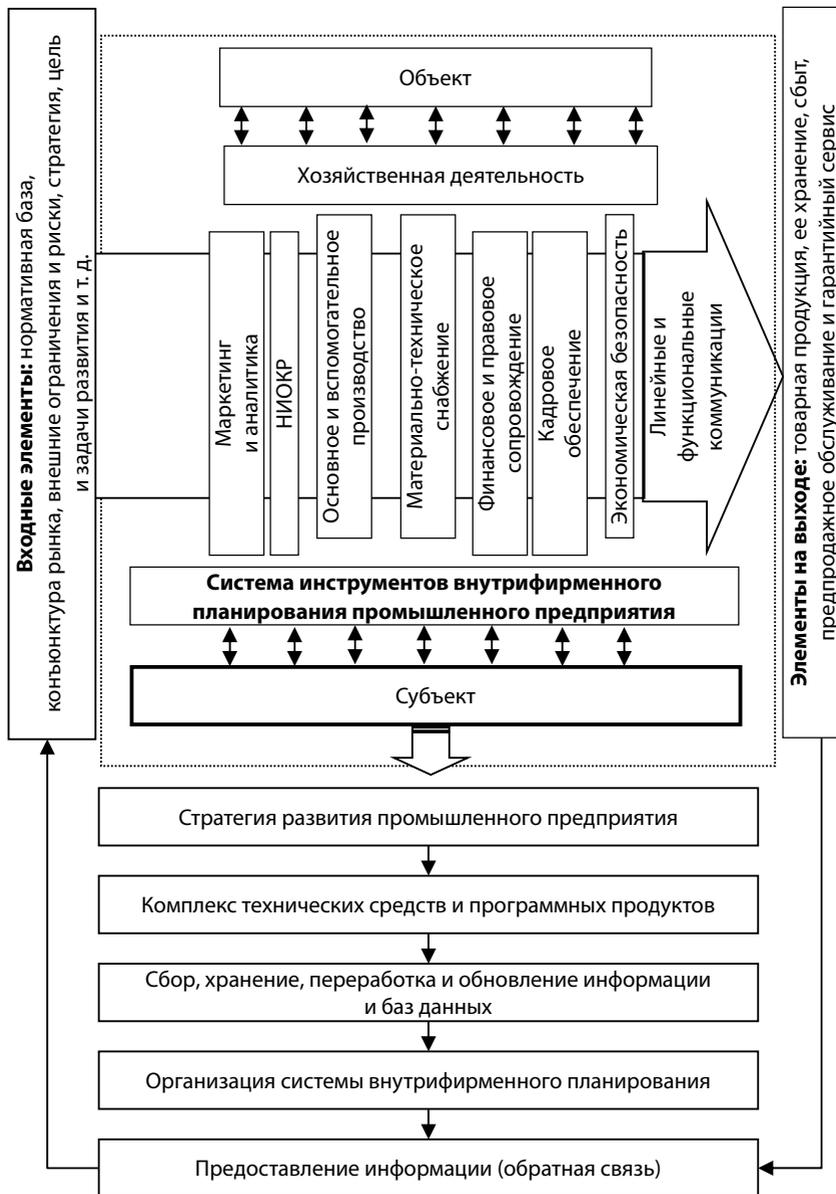


Рис. 4.10. Ключевые задачи применения инструментов внутрифирменного планирования (источник: (Герман 2011; Стрельникова, 2014))

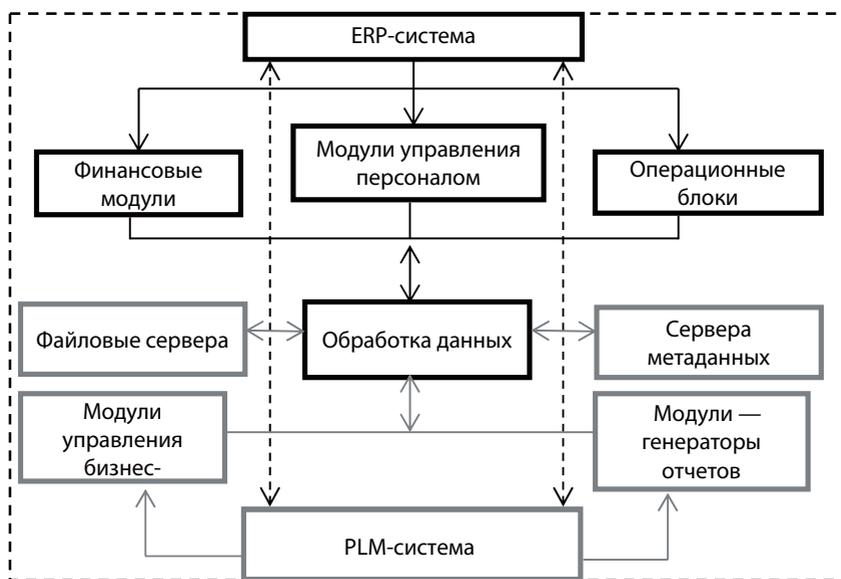


Рис. 4.11. Система внутрифирменного планирования на ПАО «Протон-ПМ»
(источник: <https://protonpm.ru>)

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 гг. была определена задача по формированию нескольких диверсифицированных инновационных интегрированных структур. При этом государство сохранило за 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.

Особенности внутрифирменного планирования отличают ПАО «Пермская научно-производственная приборостроительная компания» (ПАО «ПНППК») (рис. 4.12). На рисунке 4.12 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 (*manufacturing execution system*) 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 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

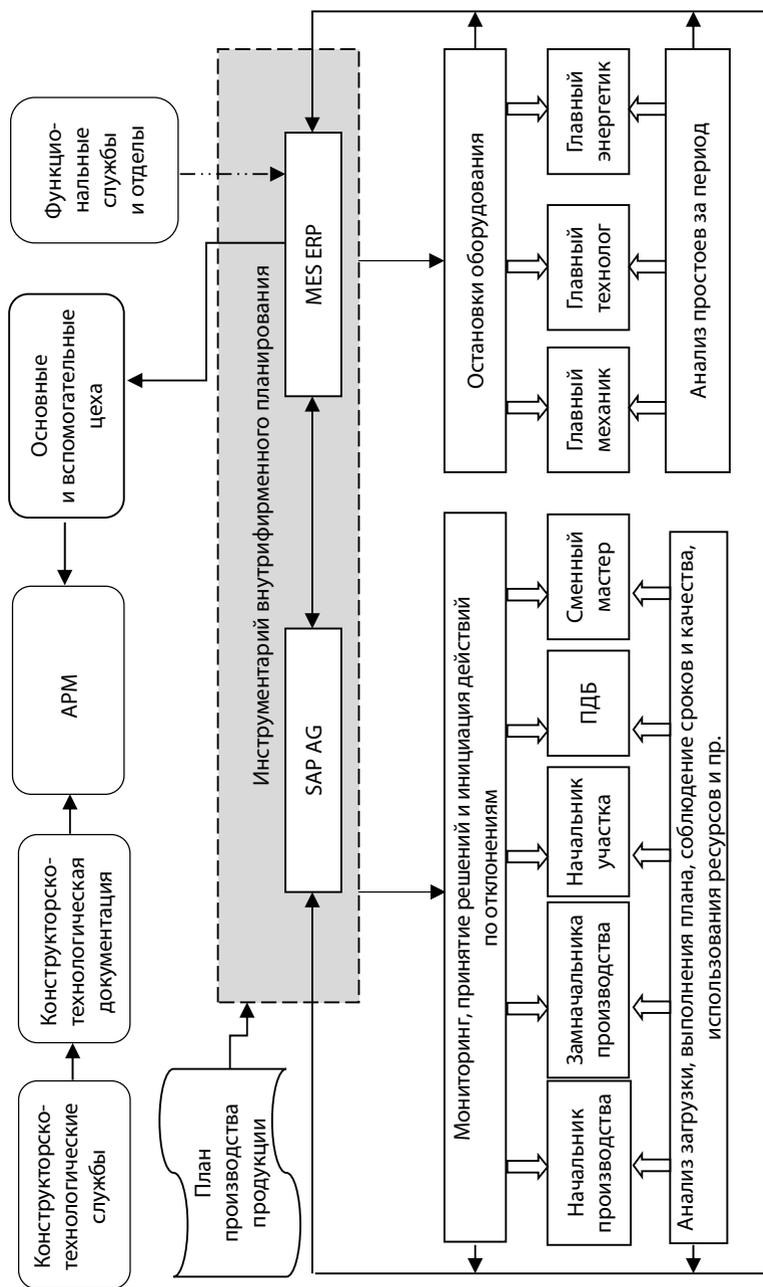


Рис. 4.12. Система внутрифирменного планирования ПАО «ПНППК» (источник: ОАО «ПНППК». <http://pnppk.ru/ru/> (дата обращения: 02.09.2022))

MES, то в современных условиях содержание этого понятия изменилось (Орлов & Антамонов, 2013 Москвин & Кузнецов, 2016).

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 производства (Поляков, 2019; Саватеев и др., 2020; Цехла & Симченко, 2020).

На рисунке 4.13 изображены отмеченные эксперты передовые инструменты внутрифирменного планирования.

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 Discovery (Паскова, 2018). Внедрение инструментов big data предполагает применение нейронных сетей, систем распознавания



Рис. 4.13. Инструменты внутрифирменного планирования в условиях цифровой трансформации (источник: (Рудской, 2021; Моисеенко, 2021))

образов, имитационное моделирование, машинное обучение, прогнозную аналитику и пр. (Шинкевич, 2019; Федин, 2015). Так, с помощью технологий интернета вещей могут собираться большие массивы данных, которые отправляются в киберпространство, анализируются с привлечением искусственного интеллекта в целях принятия управленческих решений, на основе чего происходит автоматизация технологических и бизнес-процессов, что приводит к повышению адаптации промышленного предприятия к глобальным условиям цифровизации (Шантепи, 2017; Мигранов & Мельников, 2017). 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 решений (Халидов & Миловидов, 2018; Ожиганов и др., 2021; Идрисов, 2022).

Ключевые этапы внедрения инструментов планирования на основе big data представлены на рисунке 4.14.

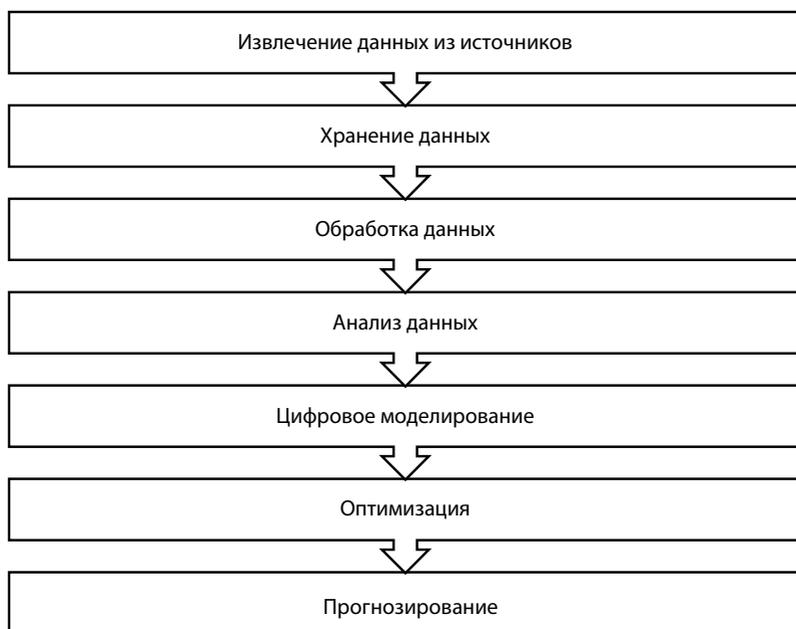


Рис. 4.14. Ключевые этапы внедрения инструментов планирования на основе big data (составлено автором на основе: (Паскова, 2018))

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 предприятия (Амоша и др., 2019; Майорова & Балашова, 2021; Евгеньев & Кирияк, 2021).

Систематизированный опыт применения инструментов внутрифирменного планирования на основе big data на российских промышленных предприятиях представлен в таблице 4.6.

На основе данных таблицы 4.6 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

Таблица 4.6

Применение инструментов внутрифирменного планирования на основе big data на российских промышленных предприятиях

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

Источник: (Ананьин и др., 2018; Сорокина, 2020; Балукова и др., 2022).

проблемой внедрения данных инструментов на промышленных предприятиях РФ выступает низкий уровень автоматизации, разрозненность собираемых данных, недостаточное количество реальных кейсов.

Таким образом, в данном разделе 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 снабжения; высокий потенциал программных и технических средств для проектирования и управления автоматизированным производством и технологическими процессами.

Кроме того, раскрыто содержание 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.

ГЛАВА 5. СТРАТЕГИРОВАНИЕ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОТРАСЛЕЙ И ПРЕДПРИЯТИЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

5.1. Методический инструментарий оценки процессов цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности РФ

В научный дискурс содержит достаточное количество 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» (Тимохина & Близкий, 2020), 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 ВШЭ¹. 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, 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 цифровизации (Бабкин & Пестова, 2019).

Отдельно отметим методику расчета индекса готовности отраслей к формированию цифровой экономики, которая разработана

¹ Индустрия 4.0: создание цифрового предприятия. Всемирный обзор реализации концепции «Индустрия 4.0» за 2016 г. PwC в России. https://решение-верное.рф/sites/default/files/global_industry-2016_rus.pdf (дата обращения: 05.12.2022).

Е.В. Поповым и К.А. Семячковым (Попов & Семячков, 2017). 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 реальности (Стефанова & Седова, 2017). В основе их методики лежат 84 взвешенных показателя, сгруппированных по девяти направлениям, по каждому из которых формируется интегральный индикатор, имеющий границы и пороговые значения¹. В этом контексте отметим также актуальность применения метода оценки уровня развития цифрового потенциала, основанного на опросе руководителей и ведущих специалистов предприятия (Городнова & Пешкова, 2019).

Интерес представляет методика оценки разрывов цифровой зрелости промышленных предприятий, предложенная Н.В. Городновой и А.А. Пешковой (Городнова & Пешкова, 2019). 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, включающего 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 стратегирования (Бабкин и др., 2022).

Отметим методику оценки проникновения цифровых технологий в материальный сектор экономики, характеризуемого как дискретный

¹ К «цифре готов? Оценка адаптивности высокотехнологичного комплекса России к реалиям цифровой экономики: итоговый доклад. М.: ИНЭС, 2018. <https://gisp.gov.ru/documents/8894316/> (дата обращения: 02.09.2022).

процесс качественных изменений, приводящий к существенным структурным изменениям и институциональным преобразованиям (Акбердина, 2019). В результате апробации диагностированы стадии трансформации отраслей промышленности в цифровых условиях, которые выстроены в виде пирамиды. Исследователь обозначает пять стадий: 1) первичную информационно-коммуникационную цифровизацию; 2) электронный обмен данными с внешними партнерами; 3) использование специального программного обеспечения; 4) собственное производство информационно-коммуникационных технологий и оборудования; 5) производство и использование промышленных роботов и датчиков. 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 обеспечения.

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 эффектов (Орехова и др., 2020).

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 такому подходу авторы выявили ключевые параметры цифровой интеграции отраслей промышленности и предприятий (Абдикеев & Кожевина, 2022).

Отдельные исследования посвящены вопросам эффективных межфирменных взаимодействий, направленных на повышение устойчивости развития промышленных предприятий в цифровых условиях (Попов и др., 2020). 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 предприятий (Попов и др., 2021а).

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. Исследователи детализируют характеристики показателей и раскрывают их взаимосвязи, отражающие процесс цифровизации промышленных предприятий, а также эффективность сетей взаимосвязанных и взаимодействующих цифровых процессов (Шендрикова & Елфимова, 2019).

Методика Минпромторга РФ¹ 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 % (рис. 5.1).

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

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

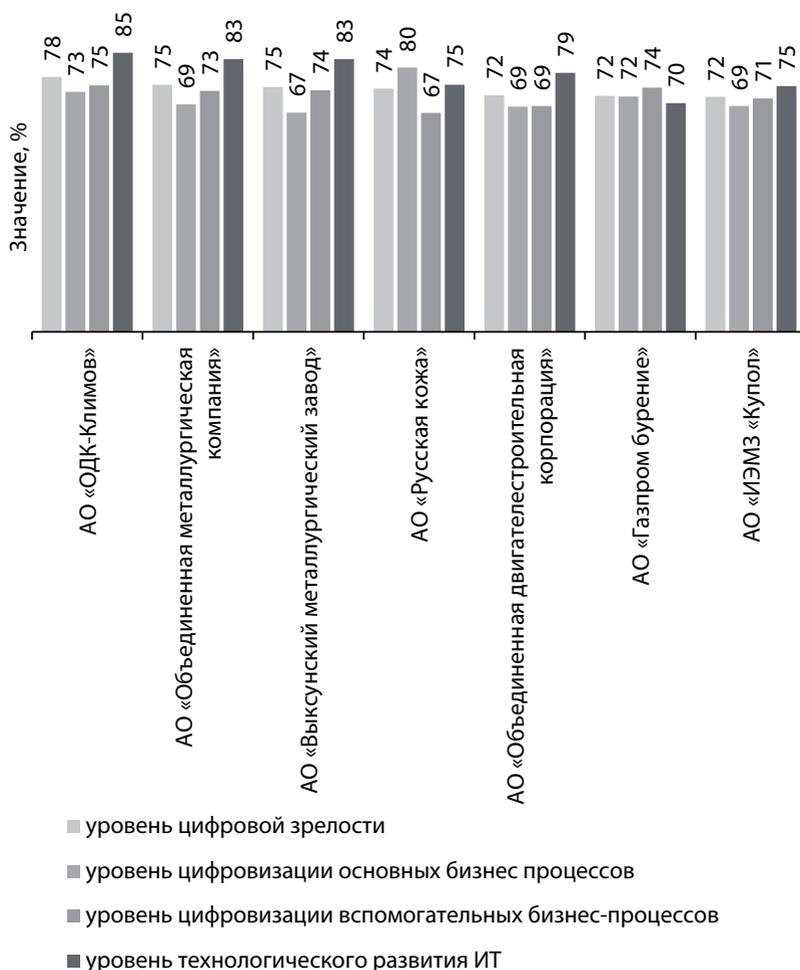


Рис. 5.1. Результаты оценки Минпромторгом РФ процессов цифровизации промышленных предприятий в 2021 г. (источник: Показатели цифровой зрелости отрасли «Промышленность». Минпромторг России. <https://www.economy.gov.ru/material/file/371da805d6a083111877a2ac0f9f9b29/Minpromtorg.pdf> (дата обращения: 30.01.2023))

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

Предлагаемый инструментарий основывается на ряде допущений:

- 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 методический инструментарий оценки процессов цифровой трансформации промышленности (рис. 5.2).

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.

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

На *втором этапе* 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 (табл. 5.1).



Рис. 5.2. Двухуровневый методический инструментарий оценки процессов цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности (источник: разработано автором)

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

Таблица 5.1

Система показателей оценки процессов цифровизации отрасли и предприятия

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})
Количество IT-решений для управления финансово-хозяйственной деятельностью (x_{9n})	Количество IT-решений для сбора, хранения, обработки и анализа моделирования массивов данных в отрасли (y_{8m})

Окончание табл. 5.1 на след. стр.

Окончание табл. 5.1

Агрегированный показатель «Уровень цифровизации промышленного предприятия» (X_{in}) (ось X)	Агрегированный показатель «Уровень реализации цифровых решений в отрасли промышленности» ($Y_{ок}$) (ось Y)
Количество платформенных цифровых решений (x_{10n})	Количество IT-решений в управлении производственной деятельностью в отрасли (y_{9m})
	Количество IT-решений для управления финансово-хозяйственной деятельностью в отрасли (y_{10m})
	Количество цифровых проектов в отрасли (y_{11m})

Источник: разработано автором.

показатели, включающие статистические данные о цифровом развитии промышленных отраслей и предприятий.

Показатели x_{1n} – x_{3n} оцениваются по шкале, представленной в таблице 5.2.

Таблица 5.2

**Система бинарных оценок качественных показателей цифровизации
промышленных предприятий**

Показатель	Значение «1»	Значение «0»
1. Наличие стратегии цифровизации предприятия (x_{1n})	2. На предприятии принят локальный акт, направленный на реализацию процессов цифровизации	3. Отдельный локальный акт, направленный на реализацию процессов цифровизации, отсутствует
4. Наличие раздела по цифровизации в общей стратегии развития предприятия (x_{2n})	5. На предприятии принята стратегия развития, которая содержит разделы, направленные на реализацию процессов цифровизации	6. На предприятии отсутствует стратегия развития, которая содержит разделы, направленные на реализацию процессов цифровизации
7. Обозначены цифровые приоритеты (x_{3n})	8. В цели, миссии или задачах развития предприятия содержатся формулировки, отражающие реализацию процессов цифровизации	9. В цели, миссии или задачах развития предприятия отсутствуют формулировки, отражающие реализацию процессов цифровизации

Источник: разработано автором.

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

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

где x_{in} — i -й показатель n -го предприятия; $x_{i_{сумм}}$ — сумма i -х показателей предприятий n .

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

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

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

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

где y_{im} — i -й показатель m -й отрасли; $y_{i_{сумм}}$ — сумма i -х показателей отрасли m .

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

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

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* 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, реализующие 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 преимуществ. В свою очередь, ПАО «ПНППК» опирается на критерии надежности, достаточности и востребованности. АО «Редуктор-ПМ» при проектировании 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, задействования операций) (В).

Исходя из предложенной классификации отраслевых и бизнес-процессов, 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 (табл. 5.3), 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 5.3, отвечает задаче настоящей 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.

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.

Таблица 5.3

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 информацией
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

Поскольку в соответствии с разработанным классификатором в каждом бизнес-процессе содержатся 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 ($k_{\text{тр}}$). 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 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 для 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:

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

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

где $f(x)$ — скалярная функция, описывающая взаимосвязь оценок по осям в пределах задействия 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.

5.2. Стратегии цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности

Произведем апробацию предложенного 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 (рис. 5.3). По данным Минпромторга РФ, отраслями — лидерами по цифровизации являются металлургическая, машиностроительная, химическая и нефтегазовая отрасли.

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 %) (рис. 5.4).

На основе имеющихся данных представляется целесообразным более детально рассмотреть процесс цифровизации промышленных предприятий в отраслевом разрезе. Для этого составим матрицу отраслевых приоритетов (табл. 5.4).

На основе матрицы технологических приоритетов (табл. 5.5) дадим характеристику технологических приоритетов для каждой отрасли промышленности.



Рис. 5.3. Количество предприятий в отраслях промышленности, реализующих цифровые технологии (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)

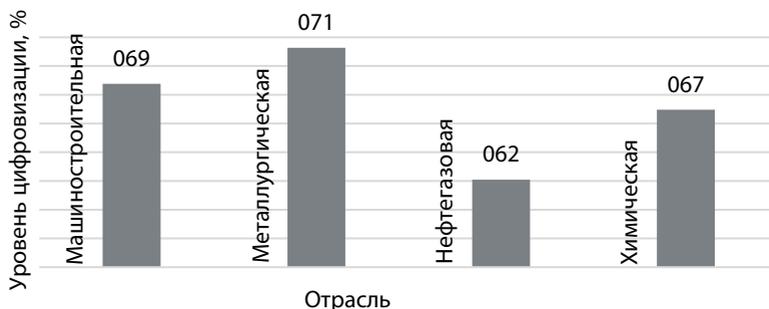


Рис. 5.4. Уровень цифровизации промышленных предприятий в разрезе отраслей (источник: minpromtorg.gov.ru)

Таблица 5.4

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

Данные Минпромторга, %	Аналитика кейсов [°]
Более 10	Более 10 успешных кейсов
Менее 10	Менее 10 успешных кейсов

[°] Официальный сайт Инфраструктурного центра «Технет» СПбПУ. <https://technet-nti.ru/> (дата обращения: 03.02.2023); АНО «Цифровая экономика». <https://data-economy.ru/> (дата обращения: 03.02.2023).

Таблица 5.5
Матрица технологических приоритетов ключевых отраслей промышленности России в системе стратегического планирования цифровой трансформации

Показатель	Отрасль			
	машинно-строительная	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 для 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

Источник: составлено автором.

Машиностроительная отрасль. Значительное 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. Особое значение имеет цифровизация отдельных процессов на машиностроительных предприятиях. Так, отметим практику АО «АЭМ-Технологии», АО «Опытное конструкторское бюро машиностроения им. И. И. Африкантова», 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 (рис. 5.5).

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. было создано предприятие ООО «Новые технологии добычи нефти» (совместное предприятие ПАО «Газпром нефть» и ПАО «Татнефти»), которое ориентировано на поиск новых технологий добычи.

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

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

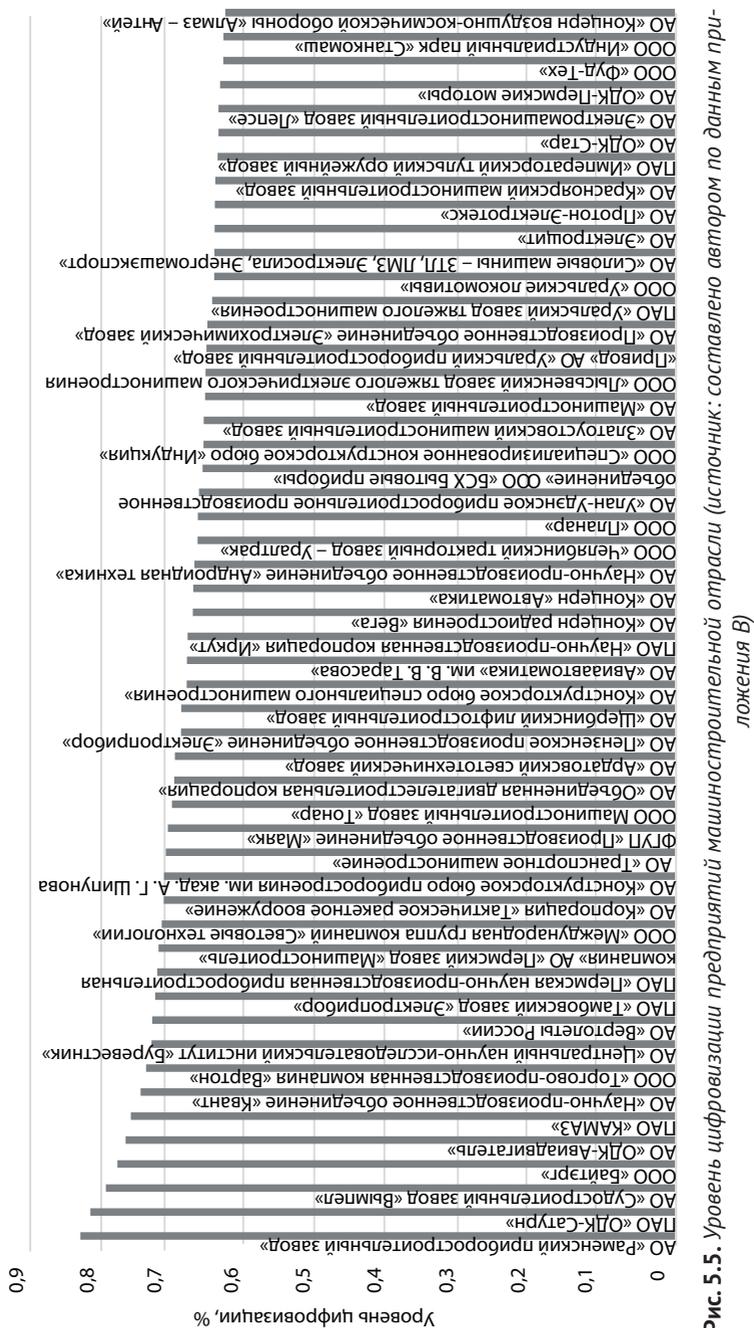


Рис. 5.5. Уровень цифровизации предприятий машиностроительной отрасли (источник: составлено автором по данным приложении В)

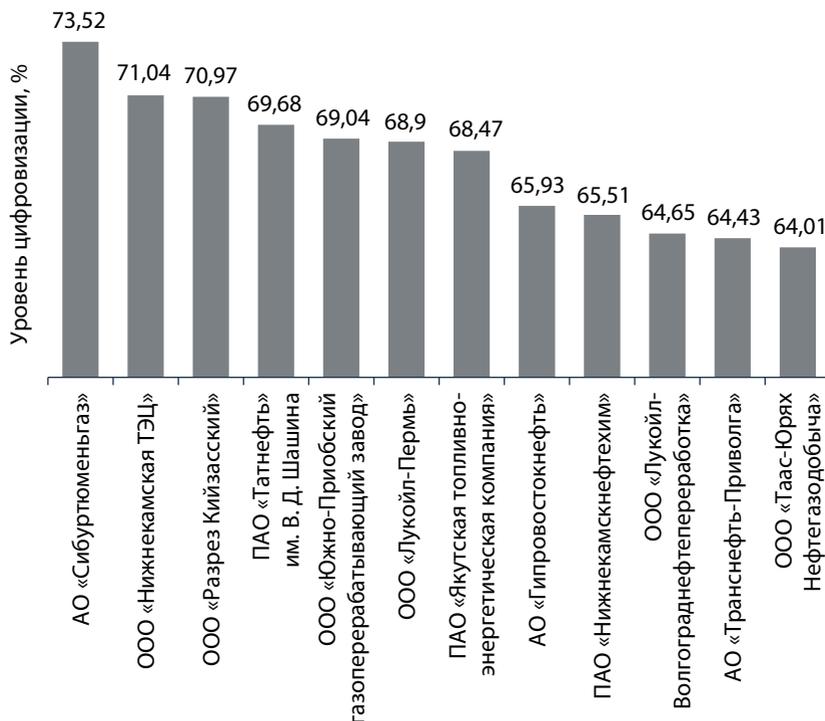


Рис. 5.6. *Уровень цифровизации предприятий нефтехимической отрасли (источник: составлено автором по данным приложения В)*

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 (рис. 5.6).

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, благодаря чему были разработаны новые резьбовые соединения, это позволило проверять и дорабатывать новые технологии производства, не занимая ресурс предприятия⁴.

На АО «Северский трубный завод» реализована система машинного зрения для отслеживания дефектов изделий в движении на основе системы сбора и хранения big data⁵.

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

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

² Северсталь — вертикально интегрированная горнометаллургическая компания. <https://severstal.com/rus/> (дата обращения: 17.12.2022).

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

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

⁵ Северский трубный завод. <https://stz.tmk-group.ru/> (дата обращения: 18.12.2022).

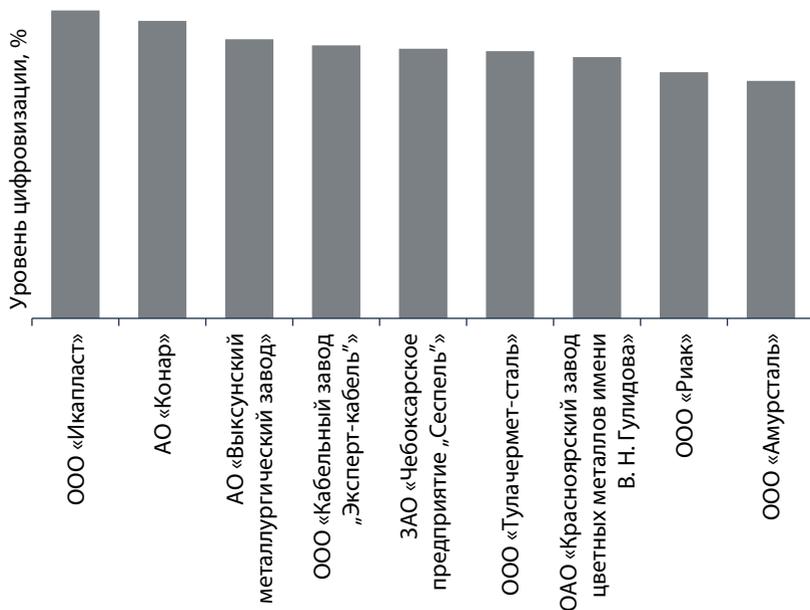


Рис. 5.7. Уровень цифровизации предприятий металлургической отрасли (источник: составлено автором по данным приложения В)

согласования приоритетов отдельных предприятий с общими тенденциями развития отрасли (рис. 5.7).

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 режиме (Кулясова & Вдовенко, 2019), сокращая тем самым простой оборудования. Кроме того, отметим облачные вычисления, позволяющие обрабатывать и передавать большие данные.

Химические производства активно применяют технологии искусственного интеллекта, используемые в сфере прогнозирования результатов химических реакций, при транспортировке и хранении опасных веществ¹. Интерес представляет, в частности, предиктивное

¹ Цифровая трансформация химической промышленности. РИА Новости. <https://ria.ru/20181205/1547610157.html> (дата обращения: 20.12.2022).

обслуживание машин на производстве полипропилена, которое обеспечивает функционирование системы экструзии.

В 2020 г. на заводах синтетического и бутилового каучуков ПАО «Нижнекамскнефтехим» эксплуатировались 14 систем технического зрения, системы отбраковки крошки каучука на линиях синтетического каучука бутадиенового неопимового 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 «Нижнекамскнефтехим» 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 (рис. 5.8).

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 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;

- увидеть, что 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 %) (Абдрахманова и др., 2021).

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

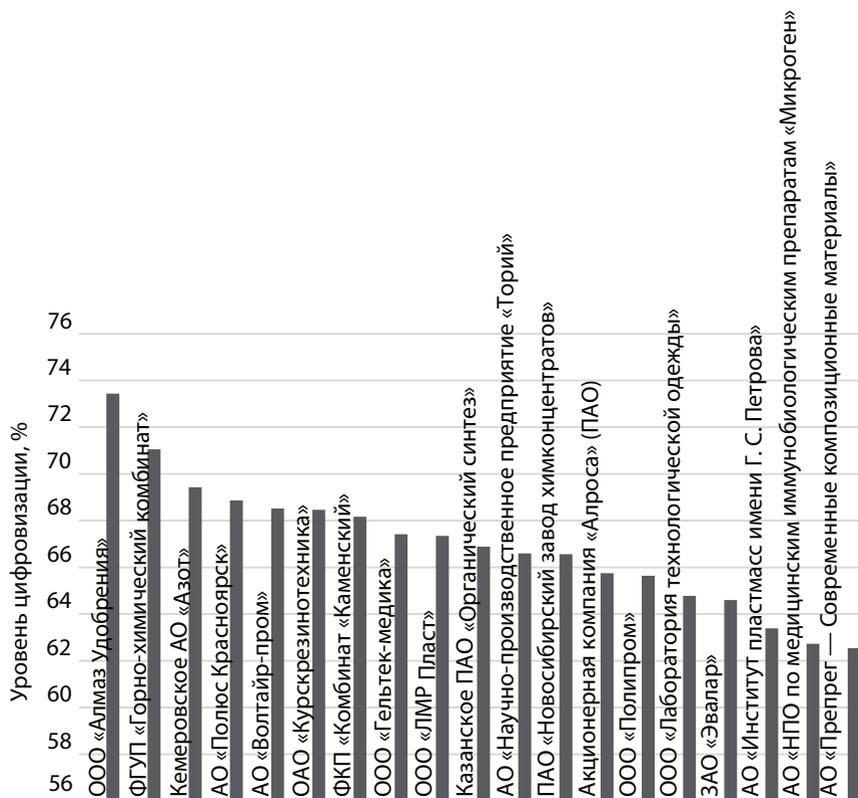


Рис. 5.8. Уровень цифровизации предприятий химической отрасли
(источник: составлено автором по данным приложения В)

На **втором этапе** 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 5.6 представлены количественные данные о предприятиях-лидерах отрасли в сфере цифровизации.

На **третьем этапе** апробации инструментария были рассчитаны агрегированные показатели. Результаты расчета агрегированного

Таблица 5.6

Количество промышленных предприятий — лидеров цифровизации, подлежащих анализу

Отрасль	Количество предприятий
Машиностроительная	52
Металлургическая	9
Химическая	19
Нефтегазовая	12

Источник: составлено автором по данным приложения В.

показателя «Уровень цифровизации промышленного предприятия» для машиностроительной отрасли представлены в таблице 5.7.

Результаты расчета агрегированного показателя «Уровень цифровизации промышленного предприятия» для металлургической отрасли представлены в таблице 5.8.

Результаты расчета агрегированного показателя «Уровень цифровизации промышленного предприятия» для химической отрасли представлены в таблице 5.9.

Результаты расчета агрегированного показателя «Уровень цифровизации промышленного предприятия» для нефтегазовой отрасли представлены в таблице 5.10.

Результаты расчетов агрегированного показателя Y_{im} для каждой из рассмотренных отраслей представлены в таблице 5.11 и в приложении И.

На рисунке 5.9 представленные результаты, полученные на основе рассчитанных итоговых значений агрегированных показателей (приложение К).

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)

Таблица 5.7

Значения агрегированного показателя «Уровень цифровизации промышленного предприятия»

для машиностроительной отрасли

№ 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 «Варгон»	0,103
9	АО «Центральный научно-исследовательский институт „Буревестник“»	0,102
10	АО «Вертолеты России»	0,102
11	ПАО «Гамбовский 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 им. 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

№ в рейтинге	Наименование предприятия машиностроительной отрасли	Значение агрегированного показателя
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
25	АО «Авиаавтоматика» им. 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 „Андромидная 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

Окончание табл. 5.7. на след стр.

Окончание табл. 5.7.

№ в рейтинге	Наименование предприятия машиностроительной отрасли	Значение агрегированного показателя
40	ПАО «Уральский завод тяжелого машиностроения»	0,102
41	ООО «Уральские локомотивы»	0,118
42	АО «Силловые машины — ЗГЛ, ЛМЗ, Электросила, Энергомашэкспорт»	0,102
43	АО «Электроцит»	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 «Электромашинностроительный 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

Источник: составлено автором по данным приложения Г.

Таблица 5.8

Значения агрегированного показателя «Уровень цифровизации промышленного предприятия» для металлургической отрасли

№ 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 им. В. Н. Гулидова»	0,108541
8	ООО «Риак»	0,209675
9	ООО «Амурсталь»	0,109694

Источник: составлено автором по данным приложения Д.

Таблица 5.9

Значения агрегированного показателя «Уровень цифровизации промышленного предприятия» для химической отрасли

№ 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 «Волтайр-пром»	0,103
6	ОАО «Курскрезинотехника»	0,106
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

Окончание табл. 5.9 на след. стр.

Окончание табл. 5.9

№ в рейтинге	Наименование предприятия химической отрасли	Значение агрегированного показателя
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 им. 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

Источник: составлено автором по данным приложения Е.

Таблица 5.10

Значения агрегированного показателя «Уровень цифровизации промышленного предприятия» для нефтегазовой отрасли

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

Источник: составлено автором по данным приложения.

Таблица 5.11

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

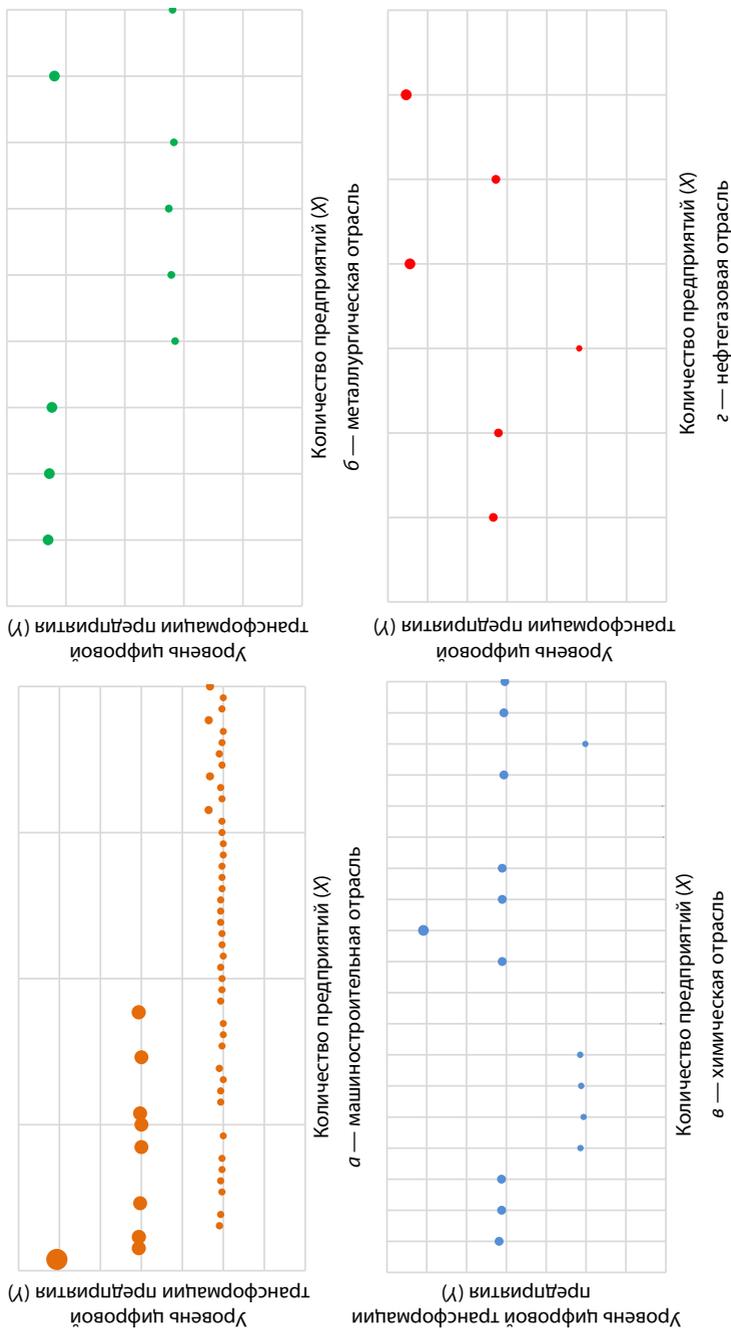


Рис. 5.9. Уровень цифровой трансформации предприятий по отраслям (источник: составлено автором)

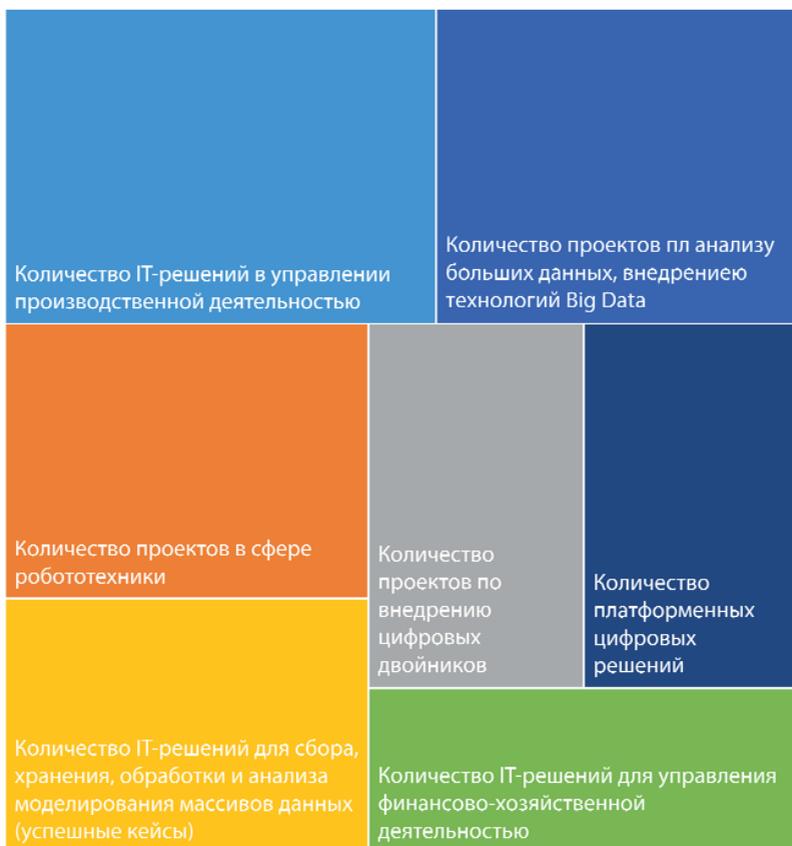


Рис. 5.10. Цифровые решения на предприятиях металлургической отрасли (источник: составлено автором)

(рис. 5.10). Наименьшую реализацию получили платформенные цифровые решения. Аналогичная ситуация наблюдается и остальных отраслей промышленности.

Таким образом, можно говорить о различном уровне востребованности цифровых решений в отраслях промышленности (рис. 5.11).

Придерживаясь предложенных этапов апробации рассматриваемого инструментария, определим число уровней матрицы цифровой трансформации развития отраслей и предприятий промышленности по формуле Фридмана – Диакониса (табл. 5.12).

Исходя из этого, составим матрицу цифровой трансформации предприятий промышленности в разрезе рассмотренных отраслей (рис. 5.12).



Рис. 5.11. Востребованность цифровых решений в отраслях промышленности (источник: составлено автором)

Таблица 5.12

Разделение матрицы цифровой трансформации на уровни по формуле Фридмана — Диакониса

Уровень	Число наблюдений	Процент
1	25	29,07
2	15	17,44
3	25	29,07
4	21	24,42

Источник: Рассчитано автором.

Опираясь на данные рисунка 5.12 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);
- у существенного числа предприятий в стратегиях развития зафиксированы пункты, связанные с цифровизацией (уровень III);

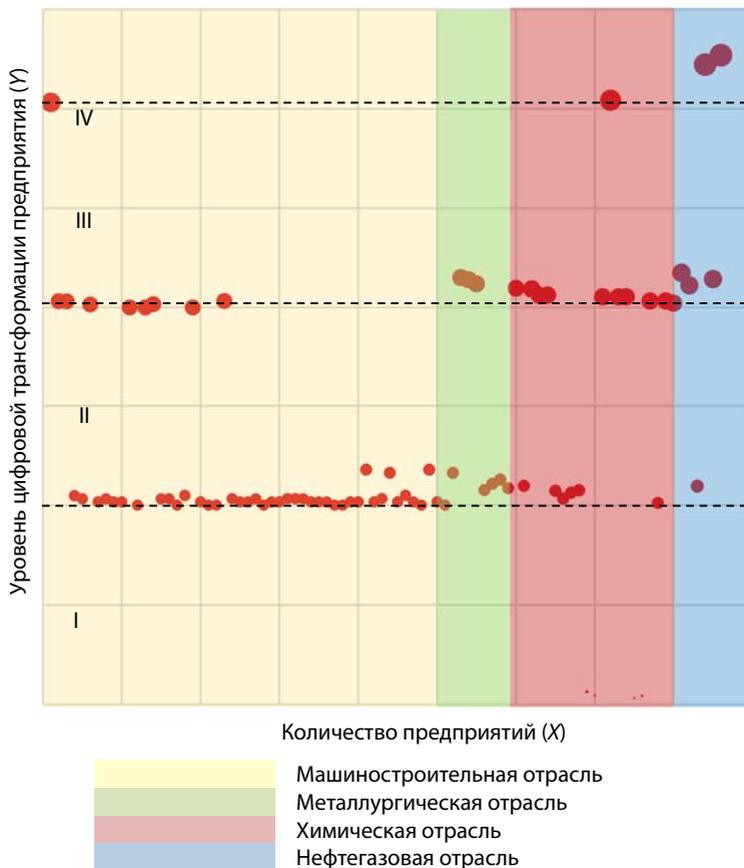


Рис. 5.12. Матрица цифровой трансформации предприятий промышленности в разрезе отраслей (источник: составлено автором)

— встречаются единичные случаи, когда у предприятия разработана стратегия цифрового развития, т. е. цифровизация осуществляется системно и поступательно (уровень IV).

Таким образом, общий уровень соответствия цифровых приоритетов промышленных предприятий отраслевым можно оценить как неудовлетворительный, что влечет за собой отсутствие системности в отраслевой 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 усложнения 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 уровне (Абдрахманова и др., 2021).

На **четвертом этапе** апробации инструментария определим стратегии цифровой трансформации для каждого из обозначенных уровней матрицы (табл. 5.13).

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 5.13, 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

Таблица 5.13

Стратегии цифровой трансформации промышленных отраслей предприятий

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	Приоритизация	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 цифровизации, связанную с платформизацией и созданием экосистем внутри отрасли. На данном уровне отраслевые приоритеты максимально соотносятся и согласуются с приоритетами в процессах цифровизации промышленных предприятий

Источник: предложено автором.

одно из крупнейших в России предприятий, специализирующихся на производстве и послепродажном обслуживании вертолетных редукторов и трансмиссий¹.

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 стенды.

Современная организация полного цикла хозяйственной деятельности на АО «МХК „ЕвроХим”» схематизирована и представлена на рисунке 5.13.

¹ Редуктор-ПМ. <https://rhc.aero/structure/reduktor-pm> (дата обращения: 02.09.2022).

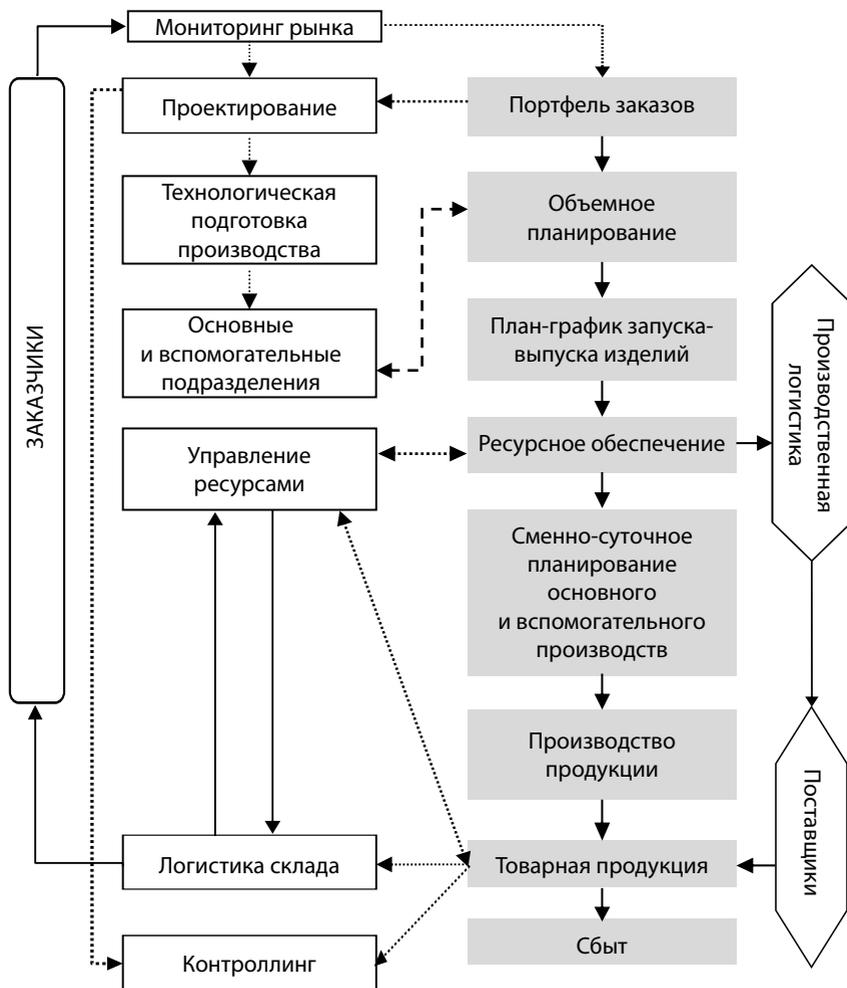


Рис. 5.13 Укрупненные процессы хозяйственной деятельности на АО «МХК „ЕвроХим”» (источник: составлено автором)

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 5.13 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 организационной, трансформации 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 таких процессов 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.

Определим АО «МХК „ЕвроХим”» как объект апробации инструментария на уровне предприятия.

Второй этап апробации 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 (табл. 5.14).

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

Таблица 5.14

Итоговый список экспертов, принявших участие в оценке информационной системы предприятия АО «МХК „ЕвроХим”»

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
Итого	50

Источник: составлено автором по результатам апробации.

до 4. Чем ближе к 4 суммарный итоговый показатель, тем выше уровень развития той или иной подсистемы.

На основе результатов анкетирования определяются суммарные значения показателей по критериям и бизнес-процессам (табл. 5.15 и 5.16).

На **третьем этапе** по обозначенным критериям НДСДпВ и бизнес-процессам на основе полученных расчетов строим классификатор оценки цифровой трансформации АО «МХК „ЕвроХим”» (табл. 5.17).

Классификатор оценки позволил построить диаграмму цифровой трансформации АО «МХК „ЕвроХим”» (рис. 5.14).

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.

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 ($k_{цт}$).

Кривая системности имеет вид $f(x)$:

$$y = 0,174x + 2,4146. \quad (10)$$

Таблица 5.15

Расчет итоговых показателей по критериям*

Наименование показателя	Суммарный балл экспертных оценок	Итоговый балл по показателю $A = a/n$	Суммарный итоговый балл по критерию
Наличие интегрированности цифровой трансформации	50	1,0	3,66
Наличие базы моделей, БД, системы управления БД	50	1,0	
Наличие необходимого программного продукта для отдельных бизнес-процессов	34,5	0,69	
Наличие документов, регламентирующих функционирование и развитие цифровой трансформации	48,4	0,97	2,9
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	2,79
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	0,71
Доступность информационных коммуникаций между основными подразделениями	35,3	0,71	

Окончание табл. 5.15

Наименование показателя	Суммарный балл экспертных оценок	Итоговый балл по показателю $A = a/n$	Суммарный итоговый балл по критерию
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	

* Источник: рассчитано автором.

Примечание: A — итоговый балл по критерию; a — суммарный балл по показателю; n — количество экспертов.

Таблица 5.16

Расчет итоговых показателей по бизнес-процессам*

Наименование показателя	Внешние бизнес-процессы			Суммарный итоговый балл по подсистеме
	Суммарный балл экспертных оценок	Итоговый балл по показателю $A = a/n$		
Наличие интегрированной системы	50,0	1,00		2,99
Достаточность уровня информатизации хозяйственной деятельности	34,4	0,69		
Доступность процессов цифровой трансформации для пользователей	36,2	0,72		

Наименование показателя	Суммарный балл экспертных оценок	Итоговый балл по показателю $A = a/n$	Суммарный итоговый балл по подсистеме
Востребованность предоставляемой отдельными подразделениями информации	29,1	0,58	2,99
<i>Внутренние бизнес-процессы</i>			
Наличие базы моделей, БД системы управления	50,0	1,00	3,10
Достаточность конфигурации БД и баз моделей	37,4	0,75	
Доступность информационных ресурсов для автоматизированной обработки	38,1	0,76	
Востребованность отчетов по запросам потребителей	29,3	0,59	
<i>Внутриструктурные бизнес-процессы</i>			
Наличие необходимого программного продукта для отдельных бизнес-процессов	35,4	0,67	2,82
Достаточность программных средств для решения практических задач	39,0	0,78	
Доступность информационных коммуникаций между подразделениями	32,0	0,64	
Востребованность квалифицированными пользователями	36,5	0,73	
<i>Бизнес-процессы сопровождения конкретной организационной структуры</i>			
Наличие документов, регламентирующих функционирование и развитие цифровой трансформации	47,2	0,94	2,71
Достаточность функционала управления процессами цифровой трансформации	37,0	0,74	
Доступность систем электронного документооборота	38,0	0,76	
Востребованность корпоративного портала	13,5	0,27	

Источник: рассчитано автором.

Таблица 5.17

Классификатор оценки цифровой трансформации АО «МХК „ЕвроХим”»

Бизнес-процесс		Критерий							
		1. Н	3,66	2. Дс	2,9	3. Дп	2,79	4. В	1,92
1. Т	2,99	1.1	1,00	1.2	0,75	1.3	0,70	1.4	0,55
2. СЛ	3,10	2.1	1,00	2.2	0,67	2.3	0,65	2.4	0,49
3. П	2,82	3.1	0,69	3.2	0,76	3.3	0,71	3.4	0,72
4. ОМ	2,71	4.1	0,97	4.2	0,72	4.3	0,73	4.4	0,16

Источник: составлено автором.

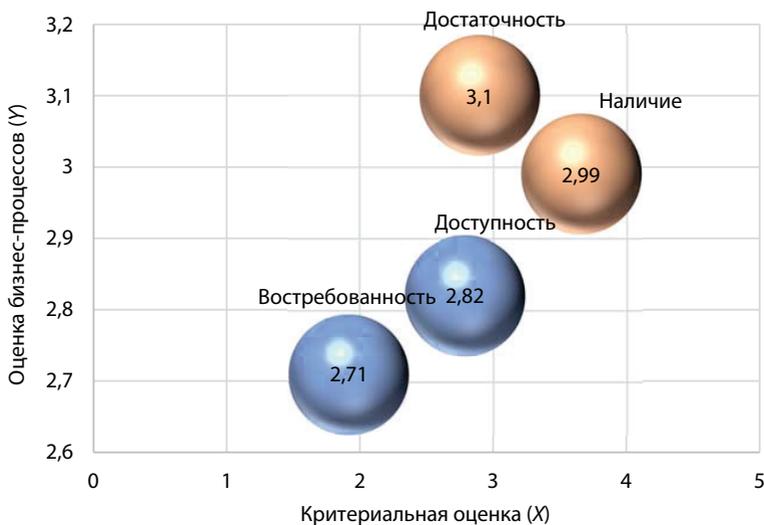


Рис. 5.14. Диаграмма цифровой трансформации АО «МХК „ЕвроХим”»
(источник: рассчитано автором)

Произведем вычисление интеграла по закону Ньютона – Лейбница, согласно которому результат равен разности первообразной функции от граничных значений интервала.

$$\begin{aligned}
 k_{\text{цт}} &= \left(\int_{1,92}^{3,66} (0,174x + 2,4146) dx + \int_{2,71}^{3,1} \frac{(0,174x + 2,4146) dx}{8} \right) = \\
 &= \frac{5,0461 + 1,1388}{8} = 0,77. \tag{11}
 \end{aligned}$$

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.

Далее 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.

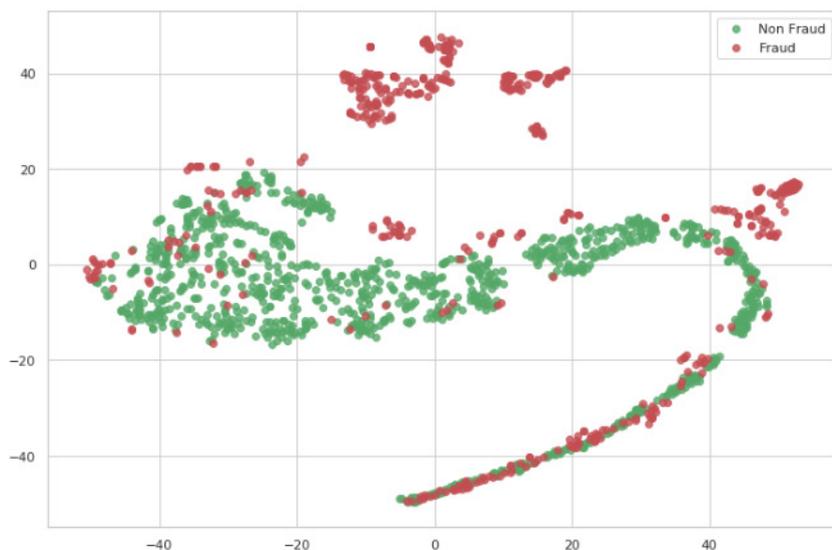


Рис. 5.15. Уровень системности процессов цифровой трансформации и охват бизнес-процессов на АО «МХК „ЕвроХим»» (источник: составлено автором)

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”» (рис. 5.15).

Опираясь на данные рисунка 5.15, 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 ключевые бизнес-процессы предприятия, создав обучающий набор данных, используя полученные скрытые представления и визуализируя операции (рис. 5.16).

Таким образом, нейросеть определяет наиболее приемлемую конфигурацию цифровых решений на промышленном предприятии.

Предложенная модель обладает рядом преимуществ:

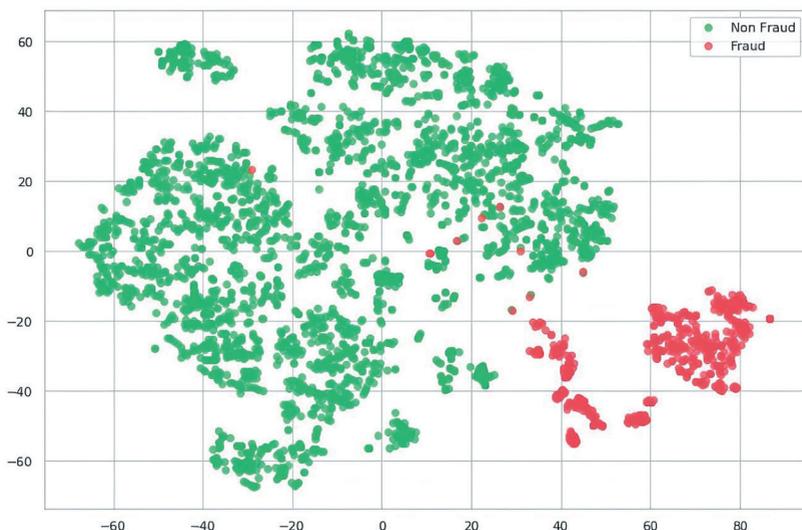


Рис. 5.16. Уровень системности процессов цифровой трансформации и охват бизнес-процессов на основе применения нейросетевой модели на АО «МХК „ЕвроХим”» (источник: составлено автором)

- 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 этом данные стратегии могут быть адаптивными, 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

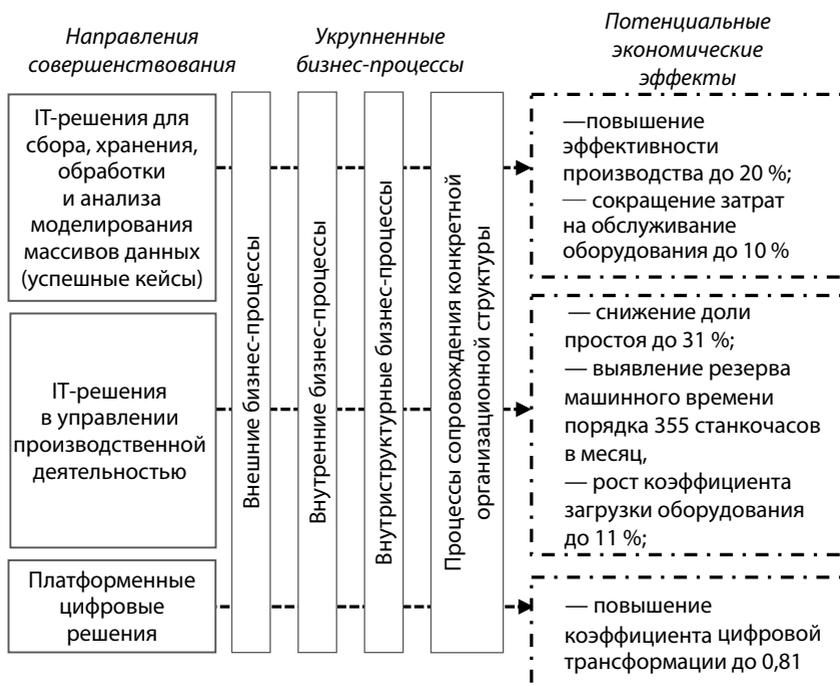


Рис. 5.17. Потенциальные экономические эффекты цифровой трансформации в разрезе ключевых бизнес-процессов АО «МХК „ЕвроХим”» (источник: составлено автором)

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 механизма (рис. 5.17).

Реализация отмеченных на рисунке 5.17 направлений цифровой трансформации, ориентированных на повышение качества управления хозяйственной деятельностью АО «МХК „ЕвроХим”» и производством товарной продукции, позволяет посредством оперативного мониторинга многономенклатурного производства с показанным 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.

Апробация методического инструментария оценки процессов цифровизации отраслей и предприятий промышленности позволяет сделать несколько замечаний:

— 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;

— предусматривается двухуровневый анализ: диагностика цифровых приоритетов промышленных предприятий и отраслей;

— методика позволяет системно проанализировать востребованность цифровых решений предприятиями промышленности;

— позволяет оценить и спрогнозировать системность процессов цифровой трансформации на промышленном предприятии.

5.3. Механизм выработки стратегии цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности

Активизация процессов цифровизации отраслей и предприятий промышленности на современном этапе означает 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 (рис. 5.18).

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.

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 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

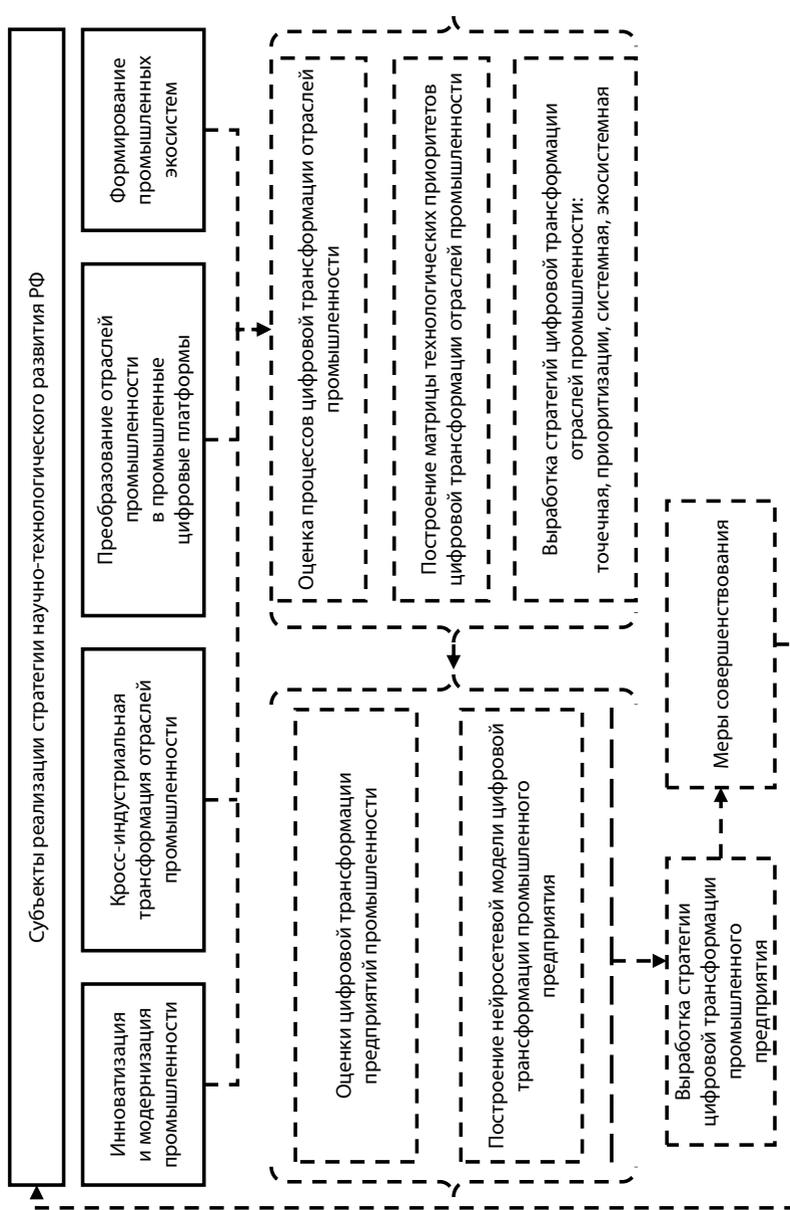


Рис. 5.18. Механизм выработки стратегии цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности (источник: предложено автором)

предприятиями, что позволяет определить максимально эффективную стратегию цифровой трансформации предприятия, соответствующую стратегическим приоритетам отрасли.

Концептуальные компоненты процесса цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности, образующие методические разработки, позволяют говорить о ряде потенциальных эффектов, охватывающих ключевые бизнес-процессы (Бочкарев, 2016а). Глобальные тренды, формирующие единое цифровое пространство, определяют необходимость интеграции различных технологических решений, автоматизированных систем управления предприятием (ERP) в условиях 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 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 деятельности (Бочкарев, 2019д). 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 новой (Бочкарев, 2016б). 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 документации (Бочкарев, 2017в). На основе технической документации

осуществляют деятельность производственные службы предприятия. Формализация процессов и поддерживающих их ресурсов в производстве 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 удается 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» (Бочкарев, 2019е). 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 (рис. 5.19).

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 отраслевом и межотраслевом уровнях во многом инициируется органами власти, что сопровождается усложнением экономических процессов и приобретает значение единой промышленной политики.

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



Рис. 5.19. Стратегические ориентиры цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности (источник: составлено автором)

управление основывается на системе мер по 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 данном случае 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 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 приоритизации системы стратегического планирования процессов цифровизации. Наше видение алгоритмизации процесса реализации стратегических ориентиров представлено на рисунке 5.20.

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 процессов 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 алгоритма реализации стратегических ориентиров в процессе цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности: получение рациональных вариантов реализации стратегических ориентиров на основе методических инструментов; комплексный характер выработываемых решений; оперативность; обработка больших объемов данных и возможность регулирования их наполнения.

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.

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.

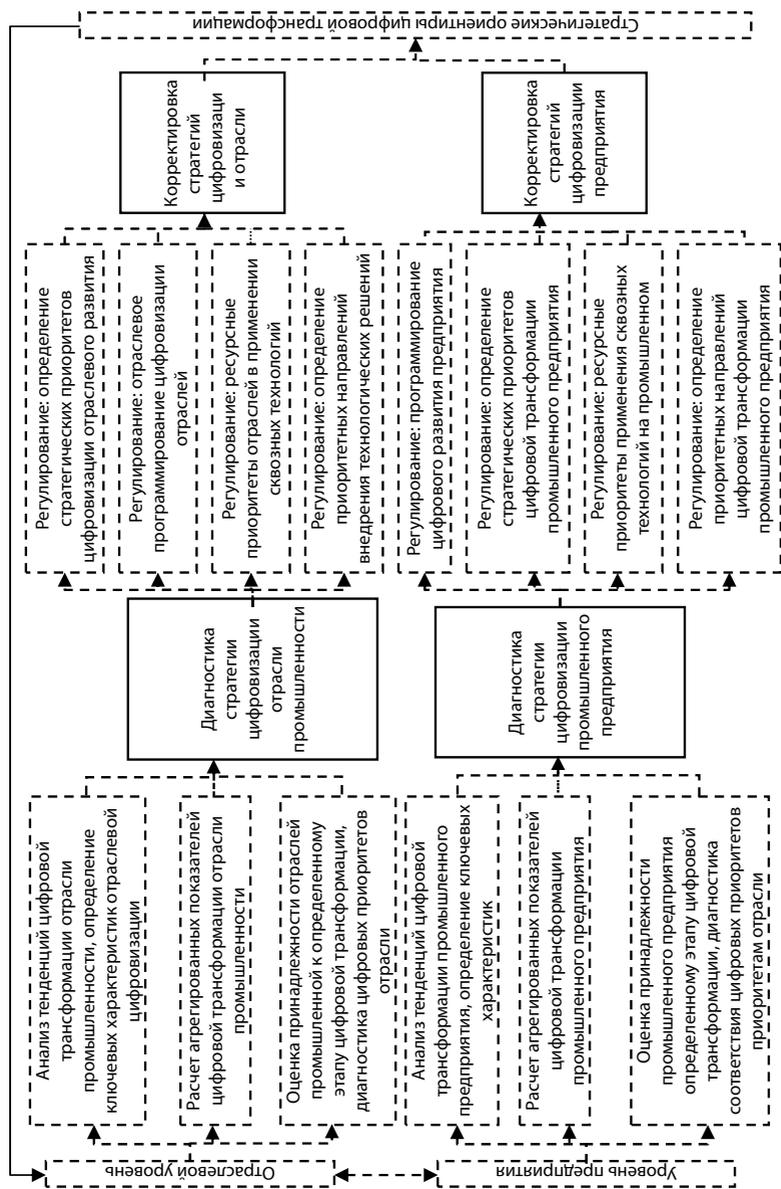


Рис. 5.20. Алгоритм процесса реализации стратегических ориентиров в процессе цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности (источник: составлено автором)

Залогом эффективности цифровой трансформации отраслей и предприятий промышленности выступает перманентное повышение уровня и качества развития отраслей промышленности, соответствующего определенной стратегии цифровой трансформации.

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 и предприятий; ограничения в процессе цифровой трансформации как предприятий, так и отраслей, так как промышленное предприятие выступает частью единого цифрового пространства.

Можно сделать вывод о необходимости: 1) ускорения цифровой трансформации отраслей промышленности в форме проектной помощи предприятиям в направлении устранения пробелов в процессе внедрения цифровых технологий; 2) создания системы гибкого мониторинга результатов цифровизации, основанного на взаимодействии предприятий; 3) выработки методики и механизмов разработки и реализации стратегии внедрения цифровых технологий как в отраслях, так и на отдельных промышленных предприятиях; 4) создания на национальном уровне единой долгосрочной стратегии цифровизации промышленности с применением технологий Индустрии 4.0; 5) 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 методических инструментов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках представленной работы были детально рассмотрены теории и концепции развития отраслей и предприятий промышленности, актуальные с позиции процессов цифровой трансформации; дополнен теоретико-методологический базис исследования цифровой трансформации отраслей промышленности, разработан и обоснован методический инструментарий оценки процессов цифровой трансформации предприятий и отраслей промышленности, а также предложен организационно-экономический механизм согласования стратегических приоритетов цифровой трансформации промышленных отраслей и приоритетов цифрового развития на промышленных предприятиях.

Тем самым авторы постарались актуализировать и раскрыть проблемы повышения эффективности цифровой трансформации в отраслях и на предприятиях промышленности. Проведенная апробация методических конструкций позволила сформулировать ряд новых научных результатов и получить практические результаты, связанные с развитием теоретических аспектов цифровой трансформации отраслей промышленности, в том числе в части обоснования сущности цифровой трансформации, уточнения категориального аппарата, систематизации и классификации основных понятий и процессов; разработки и апробации методического инструментария оценки процессов цифровой трансформации промышленности; обосновать организационно-экономического механизма согласования стратегических приоритетов цифровой трансформации промышленных отраслей и приоритетов цифрового развития промышленных предприятий.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Абалкин, Л. И. (1994). Экономическая безопасность России: угрозы и их отражение. *Вопросы экономики*, 12, 4–13.

Абдикеев, Н. М. & Кожевина, О. В. (2022). Оценка готовности российских промышленных предприятий к цифровой интеграции в новых экономических условиях. *Мир новой экономики*, 16, 4, 45–53.

Абдрахманова, Г. И., Быховский, К. Б., Веселитская, Н. Н. и др. (2021). *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. Москва: НИУ ВШЭ, 239.

Абдрахманова, Г. И., Васильковский, С. А., Вишневский, К. О., Гершман, М. А., Гохберг, Л. М. и др. (2022). *Цифровая трансформация: ожидания и реальность: докл. к XXIII Ясинской (Апрельской) междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 2022 г.* Москва: НИУ ВШЭ, 221.

Абдрахманова, Г. И., Гохберг, Л. М., Кевеш, М. А. и др. (2015). *Индикаторы информационного общества: 2015: статистический сборник*. Москва: НИУ ВШЭ, 312. <https://www.hse.ru/data/2015/05/18/1098467348/Индикаторы%20информационного%20общества%202015.pdf?ysclid=lvwmlovvww168120141>

Авдеева, И. Л., Головина, Т. А. & Парахина, Л. В. (2017). Развитие цифровых технологий в экономике и управлении: российский и зарубежный опыт. *Вопросы управления*, 6(49), 50–56.

Аверьянов, А. Н. (1985). *Системное познание мира: методологические проблемы*. М.: Политиздат, 263.

Акатов, Н. Б. & Бутакова, М. Э. (2022). Экосистемный подход к интегрированному управлению рисками устойчивого развития предприятия. *Шумтеровские чтения*, 1, 120–125.

Акбердина, В. В. (2018). Трансформация промышленного комплекса России в условиях цифровизации экономики. *Известия Уральского государственного экономического университета*, 19(3), 82–99. <https://doi.org/10.29141/2073-1019-2018-19-3-8>

Акбердина, В. В. (2019). Цифровая трансформация промышленного комплекса России. В *Форсайт «Россия»: новое индустриальное общество. Будущее: сб. докл. СПЭК-2018: т. 2* (Санкт-Петербург, 1–30 апреля 2018 г.) (с. 11–24). Санкт-Петербург: Институт нового индустриального развития им. С. Ю. Витте, 682.

Акбердина, В. В. & Василенко, Е. В. (2021). Инновационная экосистема: теоретический обзор предметной области. *Журнал экономической теории*, 18(3), 462–473. <https://doi.org/10.31063/2073-6517/2021.18-3.10>

Акбердина, В. В. & Василенко, Е. В. (2023). Базовые стратегии поведения промышленности как участника региональных инновационных

экосистем. *AlterEconomics*, 20(3), 548–569. <https://doi.org/10.31063/AlterEconomics/2023.20-3.4>

Акбердина, В. В., Коровин, Г. Б. & Дзюба, Е. И. (2020). Механизмы государственного управления в сфере научно-технологического развития. *Вопросы государственного и муниципального управления*, 4, 111–140.

Акбердина, В. В. & Пьянкова, С. Г. (2021). Методологические аспекты цифровой трансформации промышленности. *Научные труды Вольного экономического общества России*, 227(1), 292–313.

Акбердина, В. В. & Романова, О. А. (2021). Региональные аспекты индустриального развития: обзор подходов к формированию приоритетов и механизмов регулирования. *Экономика региона*, 17(3), 714–736. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2021-3-1>

Акбердина, В. В. & Смирнова, О. П. (2017). Сетевые сопряженные производства в контексте четвертой промышленной революции. *Журнал экономической теории*, 4, 116–125.

Акбердина, В. В. & Смирнова, О. П. (2021). Кросс-индустриальная трансформация: структурные изменения и инновационное развитие. *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*, 17(7(400)), 1238–1260.

Александров, А. А., Ларионов, В. И. & Сушев, С. П. (2015). Единая методология анализа риска чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера. *Вестник Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана. Серия Естественные науки*, 1(58), 113–132.

Аликаева, М. В., Асланова, Л. О. & Шинахов, А. А. (2020). Теории социально-экономических экосистем: закономерности и тенденции развития. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*, 82(3(85)), 284–288. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2020-3-284-288>

Алферова, Т. В. & Третьякова, Е. А. (2012). Концептуальное моделирование определения категории «устойчивое развитие». *Журнал экономической теории*, 4, 46–52.

Алчиан, А. (2000). Значение измерения полезности. В В. М. Гальперин (Ред.). *Вехи экономической мысли: хрестоматия: в 6 т. Т. 1: Теория потребительского поведения и спроса* (с. 337–369). Санкт-Петербург: Экономическая школа.

Амоша, А. И., Вишневский, В. П., Ляшенко, В. И. и др. (2019). Индустрия 4.0: направления привлечения инвестиций с учетом интересов отечественных производителей. *Экономический вестник Донбасса*, 3(57), 189–216.

Ананьин, В. И., Зимин, К. В., Лугачев, М. И. и др. (2018). Цифровое предприятие: трансформация в новую реальность. *Бизнес-информатика*, 2(44), 45–54.

Андреева, Е. Л., Глухих, П. Л. & Мыслякова, Ю. Г. (2018). Бизнес-стратегии участия компании в предпринимательских экосистемах. *Управленец*, 9(6), 49–57. <https://doi.org/10.29141/2218-5003-2018-9-6-5>

Андреева, Н. В. & Егоров, А. С. (2015). Формирование национальной модели экономики с учетом устойчивого развития энергетики. *Вестник Владимирского*

государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых. Серия: Экономические науки, 1(3), 21–29.

Анимица, Е. Г. (2013). Феномен Кондратьевских волн и циклов в развитии промышленности Уральского макрорегиона. В Е. Г. Анимица (Ред.). *Модернизационно-инновационные процессы в социально-экономическом развитии регионов и городов. Книга 1* (с. 11–50). Екатеринбург: УрГЭУ, 474.

Анимица, Е. Г., Анимица, П. Е. & Денисова, О. Ю. (2014). Эволюция научных взглядов на теорию размещения производительных сил. *Экономика региона*, 2, 21–32.

Анимица, Е. Г., Балина, Т. А. & Шарыгин, М. Д. (2017). Эволюция факторов территориальной организации и трансформации региональной экономики в социоэкономике. *Социально-экономическая география. Вестник Ассоциации российских географов-обществоведов*, 6, 12–24.

Анимица, Е. Г., Блусь, П. И. & Дворяжкина, Е. Б. (2008). *Регион в социально-экономическом пространстве России: анализ, динамика, механизм управления*. Пермь: ПГНИУ, 2008. 288.

Аптекман, А., Калабин, В., Клинцов, В., Кузнецова, Е., Кулагин, В. & Ясеновец, И. (2017). *Цифровая Россия: новая реальность*. Москва: Digital/McKinsey. <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Locations/Europe%20and%20Middle%20East/Russia/Our%20Insights/Digital%20Russia/Digital-Russia-report.ashx>

Бабкин, А. В. & Пестова, А. Ю. (2019). Алгоритм оценки уровня цифровизации промышленного. *Цифровая трансформация экономики и промышленности: сб. тр. науч.-практ. конф. с зарубеж. Участием* (Санкт-Петербург, 20–22 июня 2019 г.) (с. 673–680). Санкт-Петербург: СПбПУ, 780.

Бабкин, А. В., Шкарупета, Е. В., Гилева, Т. А. и др. (2022). Методика оценки разрывов цифровой зрелости промышленных предприятий. *МИР (Модернизация. Инновации. Развитие)*, 13(3), 443–458.

Бабкин, А. В., Шкарупета Е. В. & Польщиков, Т. И. (2023). Концепция эффективного устойчивого ESG-развития промышленных экосистем в циркулярной экономике. *Экономическое возрождение России*, 1(75), 124–139. <https://doi.org/10.37930/1990-9780-2023-1-75-124-139>.

Бажанова, М. И. & Кувшинов, М. С. (2019). Факторы формирования эффективной инновационной среды промышленного предприятия для Industry 4.0. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент*, 13(1), 110–119.

Бакланов, П. Я. (2002). Интеграционные и дезинтеграционные процессы на Дальнем Востоке России. *Региональные исследования*, 1, 11–19.

Балукова, В. А., Песля, В. И. & Садчиков, И. А. (2022). Цифровое управление знаниями в компаниях нефтегазового комплекса. В *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.) (с. 389–394). Москва: Московский Политех.

Бандман, М.К. (1978). Новые ТПК как форма пространственной организации производительных сил. *Территориальная организация народного хозяйства*, 51–55.

Баранский, Н.Н. (1926). *Экономическая география Советского союза*. Москва; Ленинград: Гос. изд-во, 294.

Батов, А.А. & Бушмелева, Г.В. (2008). Информационная модель управленческого учета промышленной корпорации. В *Современные проблемы экономики бизнеса и менеджмента: теория и практика: материалы Междунар. on-line-видеоконференции*: в 2 ч. (Ижевск, 31 января — 1 февраля 2008 г.) (с. 6–41). Ижевск: ИЖГТУ им. М. Т. Калашникова, 196.

Батракова, Л.Г. (2021). Особенности постиндустриальной экономики и перспективы ее развития в регионах России. *Социально-политические исследования*, 1(10), 58–69. <https://doi.org/10.20323/2658-428X-2021-1-10-58-69>

Баурина, С.Б. (2020). Технологии будущего: умные производства в промышленности. *Вестник Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова*, 17(2), 123–132.

Бауэр, В.П., Подвойский, Г. Л. & Котова, Н. Е. (2018). Стратегии адаптации компаний США к цифровизации сфер производства. *Мир новой экономики*, 12, 78–89.

Бейтсон, Г. (2016). *Разум и природа: неизбежное единство*. Москва: URSS: Либроком.

Белл, Д. & Иноземцев, В. Л. (2007). *Эпоха разобщенности: размышления о мире XXI века*. Москва: Свободная мысль: Центр исследований постиндустриального общества, 303.

Белл, Д. (1999). *Грядущее постиндустриальное общество*. Москва: Академия, 783.

Белоусова, Ю.Г. (2012). Эволюция систем управления производственными процессами на предприятия. *Логистика*, 3(64), 52–54.

Беляков, С.А. & Шпак, А.С. (2014). Оценка научно-технологического развития регионов Сибирского федерального округа. *Фундаментальные исследования*, 6-2, 293–297.

Бергаланфи, Л. (1969). *Общая теория систем: критический обзор*. В сборнике переводов Исследования по общей теории систем. Москва: Прогресс.

Блауберг, И.В. & Юдин Э.Г. (1973). *Становление и сущность системного подхода*. Москва: Наука.

Блауберг, И.В. Садовский, В.Н. & Юдин Э.Г. (1969). Системный подход: предпосылки, проблемы, трудности. *Новое в жизни, науке, технике. Серия «Философия»*. Москва: Знание, 2.

Блауг, М. (1994). Теория размещения промышленных предприятий Вебера. В М. Блауг, *Экономическая мысль в ретроспективе* (с. 578–580). Москва: Дело, 687.

Бобылев, С.Н. (2008). *Экологизация экономического развития*. Москва: ИНФРА-М, 369.

Бобылев, С. Н. (2017а). Устойчивое развитие в интересах будущих поколений: экономические приоритеты. *Мир новой экономики*, 3, 90–96.

Бобылев, С. Н. (2017б). Устойчивое развитие: парадигма для будущего. *Мировая экономика и международные отношения*, 61(3), 107–113.

Бобылев, С. Н. (2021). *Экономика устойчивого развития*. Москва: КНОРУС, 672.

Богданов, А. А. (1925-1929). Всеобщая организационная наука (Тектология) (Ч. 1-3). Ленинград; Москва: Книга. <http://elib.fa.ru/oldbook/Bogdanov1.pdf>

Богданов, А. А. (1929). Красная звезда. *Ленинград: Красная газета*. <http://ruslit.traumlibrary.net/book/bogdanov-krasnaya-zvezda/bogdanov-krasnaya-zvezda.html#work001>

Бодрунов, С. Д. (2014а). Реиндустриализация российской экономики — возможности и ограничения. *Научные труды Вольного экономического общества России*, 1, 15–46.

Бодрунов, С. Д. (2014б). Реиндустриализация. Круглый стол в Вольном экономическом обществе России. *Мир новой экономики*, 1, 11–17.

Бодрунов, С. Д. (2015). Интеграция производства, науки и образования как основа реиндустриализации российской экономики. *Экономическое возрождение России*, 1(43), 7–22.

Бодрунов, С. Д. (2019). Реиндустриализация в условиях новой технологической революции: дорога в будущее. *Управленец*, 10(5), 2–8. <https://doi.org/10.29141/2218-5003-2019-10-5-1>

Бодрунов, С. Д. (2021). Глобальная трансформация современного общества и национальные цели развития России. *Научные труды Вольного экономического общества России*, 230(4), 54–65.

Бодрунов, С. Д. (2023а). Промышленная политика России в условиях вызовов глобальной трансформации: задачи теории и практики перехода к новому этапу индустриального развития (НИО.2). *Экономическое возрождение России*, 2(76), 5–12. [https://doi.org/10.37930/1990-9780-2023-2\(76\)-5-12](https://doi.org/10.37930/1990-9780-2023-2(76)-5-12)

Бодрунов, С. Д. (2023б). Стратегия перехода к новому мирохозяйственному укладу и ноообществу: индустриальный аспект. *Экономика промышленности*, 16(2), 135–140. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2023-2-135-140>

Бодрунов, С. Д., Гринберг, Р. С. & Сорокин, Д. Е. (2013). Реиндустриализация российской экономики: императивы, потенциал, риски. *Экономическое возрождение России*, 1(35), 19–49.

Бочкарев, А. М. (2015). Модель управления системой информационного обеспечения производственной деятельности промышленного предприятия. *Вестник Удмуртского государственного университета*, 25, 4, 35–42.

Бочкарев, А. М. (2016а). Определение эффективности системы информационного обеспечения предприятия. В *Агротехнологии XXI века: материалы Всерос. науч.-практ. конф.* (Пермь, 9–11 ноября 2016 г.) (с. 289–295). Пермь: Прокрость, 344.

Бочкарев, А. М. (2016б). Организация системы информационного обеспечения управления промышленным предприятием. *ВУЗ. XXI век*, 1(50), 184–192.

Бочкарев, А. М. (2017а). Анализ системы информационного обеспечения производственного предприятия. *Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии*, 9-4(56), 13–18.

Бочкарев, А. М. (2017б). Особенности структурного подхода к системе информационного обеспечения производственной деятельности предприятия. *Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии*, 11(58), 570–574.

Бочкарев, А. М. (2017в). Развитие информационных технологий в управлении производственной деятельностью предприятия. В *Инновации в управлении региональным и отраслевым развитием: материалы Всерос. с междунар. участием науч.-практ. конф.* (Тюмень, 11 ноября 2016 г.) (с. 63–67.). Тюмень: ТИУ, 508.

Бочкарев, А. М. (2018а). Аутсорсинг информационного обеспечения в структуре промышленного предприятия. *Финансовая экономика*, 7, 13, 1530–1533.

Бочкарев, А. М. (2018б). Развитие теоретических положений и функционирования информационного обеспечения производства с учетом цифровизации финансово-хозяйственной деятельности промышленных предприятий в современных условиях. *Финансовая экономика*, 5, 652–657.

Бочкарев, А. М. (2018в). Совершенствование системы информационного обеспечения для оперативного управления производством. *Вестник Алтайской академии экономики и права*, 5, 62–65.

Бочкарев, А. М. (2018г). Структура системы информационного обеспечения производственной деятельности предприятия. *Вестник Российского экономического университета им. Г. В. Плеханова: региональная экономика*, 6(102), 121–129.

Бочкарев, А. М. (2018д). Формирование системы информационного обеспечения производственно-финансовой деятельности в структуре промышленного предприятия. *Финансовая экономика*, 4-2, 168–170.

Бочкарев, А. М. (2019а). Актуализация совершенствования систем информационного обеспечения промышленного предприятия. *Креативная экономика*, 13(6), 1205–1214.

Бочкарев, А. М. (2019б). Критерии оценки системы информационного обеспечения производственной деятельности промышленных предприятий. *Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика*, 1(27), 74–79.

Бочкарев, А. М. (2019в). Повышение эффективности системы информационного обеспечения промышленного предприятия путем использования технологии блокчейн. *Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика*, 3(29), 64–69.

Бочкарев, А. М. (2019г). Проблемы цифровой идентификации в современной системе информационного обеспечения. *Глобальный научный потенциал*, 7(100), 97–98.

Бочкарев, А. М. (2019д). Развитие системы информационного обеспечения с учетом цифровизации производственно-хозяйственной деятельности

промышленных предприятий в условиях современной цифровой экономики. В *Промышленность: новые экономические реалии и перспективы развития: сб. ст. II Всерос. науч.-практ. конф. (с междунар. участием): в 2 ч.* (Оренбург, 24 мая 2019 г.) (с. 168–173). Оренбург: Экспресс-печать, 240.

Бочкарев, А. М. (2019е). 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.) (с. 67–77). Екатеринбург: Институт экономики Уральского отделения РАН, 2019. 622.

Бочкарев, А. М. (2020). Особенности использования цифрового контента в системах информационного обеспечения. *Вестник Алтайской академии экономики и права*, 3, 19–22.

Бочкарев, А. М. (2021а). Использование методического инструментария оценки эффективности системы ИОПП на основе построенной модели. *Управленческий учет*, 7-1, 30–35.

Бочкарев, А. М. (2021б). Основные принципы организации эффективной системы информационного обеспечения промышленного предприятия. *Вестник Алтайской академии экономики и права*, 7-2, 125–130.

Бочкарев, А. М. (2021в). Эффективность использования информационных платформ разработки клиент-серверных приложений для информационных систем промышленных предприятий. *Финансовый бизнес*, 4(214), 17–19.

Бочкарев, А. М. (2022). Оценка влияния факторов НДДВ анализа на эффективность системы управления информационным обеспечением промышленного предприятия. *Форпост науки*, 4(62), 35–39.

Бочкарев, А. М. & Фрейман, В. И. (2022а). Совершенствование системы управления информационным обеспечением промышленного предприятия. *Прикладная математика и вопросы управления*, 1, 125–150.

Бочкарев, А. М. & Фрейман, В. И. (2022б). Оценка соответствия критериев эффективности и ключевых параметров подсистем управления информационным обеспечением промышленного предприятия. *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления*, 41, 71–89.

Бочкарев, А. М. & Хисамова, А. И. (2015). Оценка системы информационного обеспечения производственной деятельности промышленного предприятия. *Научное обозрение*, 16, 465–471.

Брижак, О. В. (2017). Ключевые компоненты системной социально-экономической трансформации экономики России. *Проблемы современной экономики*, 3(63), 35–38.

Буркальцева, Д. Д. (2017). Точки экономического и инновационного роста: модель организации эффективного функционирования региона. *МИР (Модернизация. Инновации. Развитие)*, 8, 1(29), 8–30.

Вагин, С. Г. (2010). Современные доминанты инновационно-технологического развития. *Известия Института систем управления СГЭУ*, 1, 154–160.

Вагин, С. Г. & Терпугов, А. Е. (2018). Эффективные инструменты управления, формирующие инновационную стратегию организации. *Вестник Самарского муниципального института управления*, 4, 74–79.

Валентей, С. Д. (Ред.). (2015). *Реиндустриализация экономики России в условиях новых угроз*. Москва: РЭУ им. Г. В. Плеханова, 72.

Вальгух, К. К. (2009). Эффективность производства и инфляция. *ЭКО*, 4(418), 74–92.

Василенко, Е. В. (2022). Цифровая экосистема как стратегия трансформации промышленных компаний. *Цифровая трансформация промышленности: тенденции, управление, стратегии: Сборник научных статей. Екатеринбург: Институт экономики Уральского отделения РАН*, 63–75. <https://doi.org/10.17059/978-5-94646-673-8-2022-5>

Васильева, З. А., Рыжкова, О. В. & Улас, Ю. В. (2017). Методика оценки интегральных эффектов технологического развития региона в краткосрочном и долгосрочном периодах. *Азимут научных исследований: экономика и управление*, 6(4), 208–211.

Вебер, А. (1926). *Теория размещения промышленности*. Ленинград; Москва: Книга, 223.

Вегнер-Козлова, Е. О. & Гуман, О. М. (2020). Теоретико-методологические аспекты развития эколого-индустриального пространства. *Journal of New Economy*, 2(4), 28–44. <https://doi.org/10.29141/2658-5081-2020-21-4-2>

Вернадский, В. И. (2002). *Биосфера и ноосфера*. М.: Рольф, 573.

Вертакова, Ю. В., Положенцева, Ю. С. & Масленикова, В. В. (2021). Трансформация промышленности в условиях цифровизации экономики: тренды и особенности реализации. *Экономика и управление*, 27(7(189)), 491–503.

Вилли, К. (1964). *Биология*. Москва: Мир.

Винер, Н. (1968). *Кибернетика или управление и связь в животном и машине*. Москва: Советское радио.

Винер, Н. (2002). *Кибернетика и общество*. Москва: Тайдекс Ко.

Виноградова, Е. Ю. & Галимова, А. И. (2019). 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*, 1, 34–36.

Виноградова, Е. Ю., Галимова, А. И. & Андреева, С. Л. (2019). Технология внедрения комплексной системы экономического планирования и управления хозяйствующего субъекта. *Вестник НГУЭУ*, 4, 244–255.

Виноградова, Е. Ю., Галимова, А. И. & Андреева, С. Л. (2020). Описание процессов в моделях решения задач управления хозяйствующими субъектами. *Московский экономический журнал*, 10. <https://qje.su/ekonomich>

eskaya-teoriya/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-10-2020-50/?print=print (дата обращения: 31.03.2023).

Виноградова, Е. Ю., Галимова, А. И. & Андреева, С. Л. (2022). Вопросы учета специфики предприятий высокотехнологичных отраслей при разработке информационной системы управления и планирования. *Human progress*, 8(1), 5. http://progress-human.com/images/2022/Tom8_1/Vinogradova.pdf (дата обращения: 31.03.2023).

Вишнягова, Е. А. & Соловьева, И. А. (2022). Экосистема как механизм устойчивого развития промышленности. Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент», 16(1), 62–76. <https://doi.org/10.14529/em220106>

Вишнягова, Е. А. & Соловьева, И. А. (2023). Современные подходы к определению понятия промышленная экосистема. *Российская наука, инновации, образование (РОСНИО-II-2023): Сборник научных статей по материалам II Всероссийской (национальной) научной конференции с международным участием. Красноярск*, 386–395.

Власова, Н. Ю. (2017). Эволюция теории факторов размещения в контексте процессов новой индустриализации. В Я. П. Силин, Н. Ю. Власова, Е. Б. Дворядкина (Ред.), *Региональная экономика: вызовы, приоритеты, стратегические ориентиры* (с. 140–151). Екатеринбург: УрГЭУ, 327.

Волкова В. Н. (2001а). Из истории развития системного анализа в нашей стране. *Экономическая наука современной России*, 2, 138–152.

Волкова, В. Н. (2001б). Из истории развития системного анализа в нашей стране. *Экономическая наука современной России*, 3, 127–136.

Володина, Н. Л. (2021). Преимущества создания цифровой экосистемы. *Организатор производства*, 29(4), 104–111. <https://doi.org/10.36622/VSTU.2021.95.61.011>.

Воронцов, Н. Н. (1980). Синтетическая теория эволюции: ее источники, основные постулаты и нерешенные проблемы. *Журнал всесоюзного химического общества им. Д. И. Менделеева*, 25(3), 295–314.

Гайнанов, Д. А., Атаева, А. Г. & Климентьева, А. Ю. (2022). Методологические основы развития региональной инновационной подсистемы на базе процессно-ресурсного подхода. *Регион: экономика и социология*, 2(114), 82–106.

Гайнанов, Д. А., Гатауллин, Р. Ф. & Аслаева, С. Ш. (2019). Оценка процесса территориального размещения видов экономической деятельности в регионе. *Фундаментальные исследования*, 4, 32–37.

Галочкин, А. Н. (2022). Современные тенденции развития обрабатывающей промышленности в условиях цифровой трансформации экономики. *Вестник Алтайской академии экономики и права*, 4-1, 37–43.

Гамидуллаева, Л. А., Толстых, Т. О. & Шмелева, Н. В. (2022). *Промышленные и территориальные экосистемы в контексте устойчивого развития*. Пенза: ПГУ, 160.

Герман, О. И. (2011). Проблемы информационного обеспечения анализа эффективности развития предприятий. *Вестник АГАУ*, 10, 94–97.

Гершанок, Г. А. & Петров, Д. А. (2017). Формирование механизма выбора концепции организации производства на основе характеристики выпускаемого продукта. *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Социально-экономические науки*, 2, 152–164.

Главатских, О. Б., Троянская, А. И., Прасолов М. И. & Царева, Е. В. (2021). Цифровая трансформация процессов повышения квалификации персонала АО «Омутнинский металлургический завод». *Глобальный научный потенциал*, 1(118), 109–111.

Гладышева, И. В. (2018). К вопросу построения модели устойчивого развития промышленного предприятия. *Стратегии бизнеса*, 4(48), 15–19.

Глазьев, С. Ю. (2012). Современная теория длинных волн в развитии экономики. *Экономическая наука современной России*, 2(57), 8–27.

Глазьев, С. Ю. (2013). О политике опережающего развития в условиях смены технологических укладов. *Вестник РАН*, 13(1), 29–35.

Глазьев, С. Ю. (2017). *Экономика будущего. Есть ли у России шанс?* Москва: Книжный мир, 640.

Глазьев, С. Ю., Львов, Д. С. & Фетисов, Г. Г. (1992). *Эволюция технико-экономических систем: возможности и границы централизованного регулирования*. Москва: Наука, 208.

Глазьев, С. Ю. & Харитонов, В. В. (Ред.). (2009). *Нанотехнологии как ключевой фактор нового технологического уклада в экономике*. Москва: Тривант, 304.

Голова, И. М. (2021). Экосистемный подход к управлению инновационными процессами в российских регионах. *Экономика региона*, 17(4), 1346–1360. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2021-4-21>

Головина, Т. А., Полянин, А. В. & Авдеева, И. Л. (2019). Развитие цифровых платформ как фактор конкурентоспособности современных экономических систем. *Вестник ПГУ. Серия: Экономика*, 14(4), 551–564. <https://doi.org/10.17072/1994-9960-2019-4-551-564>

Головина, А. Н. & Потанин, В. В. (2021). Развитие теоретических основ формирования экосистем промышленных предприятий. *Общество: политика, экономика, право*, 12(101), 52–56. <https://doi.org/10.24158/per.2021.12.8>

Городнова, Н. В. & Пешкова, А. А. (2019). Содержание и методы оценки цифрового потенциала промышленного предприятия. *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*, 15(5(374)), 870–896.

Гранберг, А. Г. (2003). *Основы региональной экономики*. Москва: ГУ ВШЭ, 492.

Гранберг, А. Г. & Данилов-Данильян, В. И. (2002). *Стратегия и проблемы устойчивого развития России в XXI веке*. Москва: Экономика, 414.

Гречко, М. В. (2014). Эволюция и трансформация производительных сил и производственных отношений в контексте постинституциональных преобразований и развития экономики России. *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*, 10(35(272)), 27–37.

Григорьева, Е. А. & Григорьев, А. И. (2012). Современное понимание системных понятий и терминов в экологии. *Омский научный вестник*, 2(106), 152-155.

Грицевич, С. А. (2022). Методологические основы формирования экосистемного подхода: теоретический анализ. *Экономические и социально-гуманитарные исследования*, 1(33), 39-49. <https://doi.org/10.24151/2409-1073-2022-1-39-49>

Гудкова, О. Е. (2022). Тренды Индустрии 4.0 и их влияние на эволюцию бизнес-моделей промышленного предприятия. *Russian economic bulletin*, 5(6), 272-278.

Гурьянов, А. В., Заколдаев, Д. А., Шукалов, А. В. и др. (2018). Организация цифровых производств индустрии 4.0 на основе киберфизических систем и онтологий. *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*, 18(2), 268-277.

Гязова, М. М. (2006). Интеграционные трансформации как фактор формирования корпоративного сектора в АПК. *Региональная экономика: теория и практика*, 4, 49-52.

Данилов-Данильян, В. И. (2019). Глобальная экологическая проблема и устойчивое развитие. *Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика*, 4, 8-23.

Дегтярев, А. Н. & Дегтярева, С. В. (2007). Сравнительное моделирование трансформации институциональных матриц социально-экономических систем. *Вестник Оренбургского государственного университета*, 1(64), 58-72.

Дементьев, В. Е., Евсюков, С. Г. & Устюжанина Е. В. (2017). Гибридные формы организации бизнеса: к вопросу об анализе межфирменных взаимодействий. *Российский журнал менеджмента*, 15(1), 89-122.

Дзедик, В. А. & Усачева, И. В. (2022). Устойчивое развитие и ESG-концепция производства в контексте возможностей Индустрии 4.0. *Вестник Волгоградского государственного университета. Экономика*, 24(2), 23-37.

Долидзе, Т. (2022). Реиндустриализация, как механизм развития реальной экономики. *German International Journal of Modern Science*, 45, 33-36. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7398780>

Дорофеев, В. (1988). Оппонент, или Пояснительная записка к речи Н. И. Бухарина на одной из гражданских панихид 1928 г. *Литературная газета*, 49, 13.

Дорошенко, С. В. & Шеломенцев, А. Г. (2017). Предпринимательская экосистема в современных социоэкономических исследованиях. *Журнал экономической теории*, 4, 212-221.

Дружинин, П. С. (2017). Региональные особенности реализации трансформации пространственной организации производств регионов. *Экономика и управление: проблемы, решения*, 6(11), 92-95.

Дударева, О. В. (2021). Управление уязвимостью промышленных экосистем в интересах устойчивого развития. *Организатор производства*, 29(4), 77-84 <https://doi.org/10.36622/VSTU.2021.24.10.008>

- Дударева, О. В. (2022). *Управление устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций*. PhD Thesis. Воронеж.
- Дударева, О. В. & Аракчеев, Д. В. (2021). Эволюция развития промышленных экосистем. *Цифровая и отраслевая экономика*, 1(22), 38–40.
- Дудин, П. О., Соколова, Е. В. & Медведев, С. О. (2023). Содержание и этапы развития концепции устойчивого развития. *Наука и бизнес: пути развития*, 6(144), 128–134.
- Дювиньо, П. & Танг, М. (1968). *Биосфера и место в ней человека: (Экол. системы и биосфера)*. Москва: Прогресс.
- Дятлов, С. А. (2014). Сетевые эффекты и возрастающая отдача в инновационно-инновационной экономике. *Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета*, 2, 7–11.
- Евгениев, Г. Б. & Кириак, А. Н. (2021). Интеграция интеллектуальных систем проектирования и САЕ (в части конечно-элементных расчетов). В *Высшая школа: научные исследования: материалы Межвуз. междунар. конгресса: т. 1*. (Москва, 21 января 2021 г.) (с. 94–104). Москва: Инфинити.
- Евтеев, С. А. & Перелет Р. А. (Ред.). (1989). *Наше общее будущее: Доклад. Международной комиссии по окружающей среде и развитию (МКОСР)*. Москва: Прогресс, 371.
- Еремеева, Ю. Д. (2022). Историко-философские основания системного подхода. *Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. Гуманитарные и общественные науки*, 2, 18–25. <https://doi.org/10.24412/2308-7226-2022-2-18-25>.
- Жаркова, Е. С. (2011). Экономические теории размещения производства: от штандорта к кластерам. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика*, 1, 145–150.
- Жиронкин, С. А., Доценко, Е. Ю. & Алешина, О. Г. (2022). Методология постиндустриальной экономики и неоиндустриального развития в условиях шоков. *Векторы благополучия: экономика и социум*, 4(47), 53–68.
- Зацаринный, А. А., Горшенин, А. К., Волович, К. И. и др. (2017). Управление научными сервисами как основа национальной цифровой платформы «Наука и образование». *Стратегические приоритеты*, 2(14), 103–114.
- Зойдов, К. Х. (2003). *Экономическая эволюция и эволюционная экономика*. Москва: Институт экономики РАН, 156.
- Зойдов, К. Х., Губин, В. А., Зойдов, З. К. & Кондраков, А. В. (2012). К проблеме исследования цикличности эволюции постсоветских экономических систем в условиях модернизации. В *Региональные проблемы преобразования экономики: международное сотрудничество и межрегиональная интеграция: сб. материалов I Междунар. Форума* (Москва, 25–26 сентября 2012 г.) (с. 1035–1043). Москва: Перо. 1320.
- Игнатьева, Е. Д. & Мариев, О. С. (2014). Оценка сравнительных преимуществ в развитии и размещении производительных сил российских регионов. *Вестник УрФУ. Серия экономика и управление*, 2, 75–85.

Идрисов, А.Э. (2022). Эволюция моделей и инструментов цифровой трансформации в промышленности. *Управление устойчивым развитием*, 6(43), 17–24.

Изард, У. (1966). *Методы регионального анализа: введение в науку о регионах*. Москва: Прогресс, 659.

Илюхин, А.А. & Пономарева, С.И. (2016). Теории экономических циклов и современная российская хозяйственная эволюция. *Human progress*, 2(6). http://progress-human.com/images/2016/Том2_6/Илюхин_Пonomareva.pdf (дата обращения: 24.03.2023).

Иноземцев, В.Л. (1998). *За пределами экономического общества. Постиндустриальные теории и постэкономические тенденции в современном мире*. Москва: Academia: Наука, 639.

Иноземцев, В.Л. (2000). *Современное постиндустриальное общество: природа, противоречия, перспективы*. Москва: Логос, 302.

Иноземцев, В.Л. (2014). Постиндустриальная/индустриальная дихотомия. *Мир перемен*, 1, 144–147.

Кадомцева, М.Е. (2023). Концепция устойчивого развития: эволюция теоретических подходов и современное видение. *AlterEconomics*, 20(1), 166–188. <https://doi.org/10.31063/AlterEconomics/2023.20-1.9>

Казинец, Л.С. (1981). *Темпы роста и структурные сдвиги в экономике: показатели планирования и статистики*. Москва: Экономика, 184.

Каленов, О.Е. (2021). Развитие концепции экосистем в экономике. *Вестник РЭУ им. Г.В. Плеханова*, 18(1), 37–46. <https://doi.org/10.21686/2413-2829-2021-1-37-46>

Карпинская, В.А. (2018, Январь, 12). Экосистема как единица экономического анализа. *Системные проблемы отечественной мезоэкономики, микроэкономики, экономики предприятий: материалы II конференции Отделения моделирования производственных объектов и комплексов ЦЭМИ РАН*, 125–141. <https://doi.org/10.33276/978-5-8211-0769-5-125-141>

Кастельс, М. (2000). *Информационная эпоха: экономика, общество и культура*. Москва: ГУ-ВШЭ.

Кашин, В.А. & Куршнева, Е.Л. (2022). Технологическое развитие как основа структурных сдвигов в экономике. *Естественно-гуманитарные исследования*, 42(4), 95–99.

Кирдина-Чэндлер, С.Г. (2017). Эволюция социально-экономических систем на мезоуровне: пределы многообразия. В В.И. Маевский, С.Г. Кирдина-Чэндлер, М.А. Дерябина (Ред.), *Очерки по экономической синергетике* (с. 47–68). Москва: Институт экономики РАН, 182.

Клейнер, Г.Б. (2001а). *Особенности процессов формирования эволюции социально-экономических институтов в России*. Москва: ЦЭМИ РАН, 65.

Клейнер, Г.Б. (2001б). *Системная экономика: шаги развития*. Москва: Издательский дом «Научная библиотека».

Клейнер, Г.Б. (2004). *Эволюция институциональных систем*. Москва: Наука.

Клейнер, Г. Б. (2013). Системная экономика как платформа развития современной экономической теории. *Вопросы экономики*, 6, 4-28.

Клейнер, Г. Б. (2017). От «экономики физических лиц» к системной экономике. *Вопросы экономики*, 8, 56-74.

Клейнер, Г. Б. (2018а). Промышленные экосистемы: взгляд в будущее. *Экономическое возрождение России*, 2(56), 53-62.

Клейнер, Г. Б. (2018б). Социально-экономические экосистемы в контексте дуального пространственно-временного анализа. *Экономика и управление: проблемы и решения*, 5(5), 5-13.

Клейнер, Г. Б. (2018в). Социально-экономические экосистемы в свете системной парадигмы. *Системный анализ в экономике — 2018: сборник трудов V Международной научно-практической конференции — биеннале*. 5-14. <https://doi.org/10.33278/SAE-2018.rus.005-014>

Клейнер, Г. Б. (2019). Экономика экосистем: шаг в будущее. *Экономическое возрождение России*, 1(59), 40-45.

Клейнер, Г. Б. (2022). Управление инновационными экосистемами на основе концепции социального лидерства. *Шумпетеровские чтения*, 1, 44-58.

Клейнер, Г. Б. & Рыбачук, М. А. (2017). *Системная сбалансированность экономики*. Москва: ИД «Научная библиотека», 320.

Клир, Дж. (1969). Абстрактное понятие системы как методологическое средство. *Исследования по общей теории систем*.

Князева, Е. К. & Курдюмов, С. П. (1994). *Законы эволюции и самоорганизации сложных систем*. Москва: Наука, 236.

Козлова, О. А. & Антонова, О. А. (2023). Основные дискурсы экосистемного подхода к анализу человеческого капитала. *AlterEconomics*, 20(4), 799-821. <https://doi.org/10.31063/AlterEconomics/2023.20-4.4>

Кокуйцева, Т. В. (2022). Подходы к формированию методологии управления цифровой трансформацией компаний наукоемких отраслей промышленности. *Вопросы инновационной экономики*, 12(3), 1443-1462.

Кокуйцева, Т. В. & Овчинникова, О. П. (2021). Методические подходы к оценке эффективности цифровой трансформации предприятий высокотехнологичных отраслей промышленности. *Креативная экономика*, 15(6), 2413-2430.

Колосовский, Н. Н. (1969). *Теория экономического районирования*. Москва: Мысль, 335.

Колосовский, Н. Н. (2009). К вопросу об экономическом районировании. *Пространственная экономика*, 1, 102-123.

Кондратьев, Н. Д. (2002). *Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения. Избранные труды*. Москва: Экономика, 400.

Коптюг, В. А. (1996). Будущее цивилизации и проблемы развития. В *Проблемы ноосферы и устойчивого развития: доклад на Первой Междунар. конф.* (Санкт-Петербург, 11 сентября 1996 г.). <http://www.prometeus.nsc.ru/koptjug/ideas/sudesciv/> (дата обращения: 09.01.2024).

- Корнаи, Я. (2002). Системная парадигма. *Вопросы экономики*, 4, 4-22.
- Коровин, Г. Б. (2018). Цифровизация промышленности в контексте новой индустриализации РФ. *Общество и экономика*, 1, 47-66.
- Коровин, Г. Б. (2020). Сетевые структуры в промышленности региона. *Экономика региона*, 16(4), 1132-1146.
- Коротаев, А. В. (2010). Сингулярность уже рядом? В С. Ю. Малков, А. В. Коротаев (Ред.), *История и синергетика: методология исследования: 2-е изд.* (с. 183-191). Москва: URSS, 191.
- Коряков, А. Г. (2012). Методологические вопросы устойчивого развития предприятий. *Вопросы экономики и права*, 4, 110-114.
- Красильников, О. Ю. (2001). *Структурные сдвиги в экономике*. Саратов: Саратов. ун-т, 169.
- Кузнецов, В. П. & Козлова, Е. П. (2017). О подходе к определению понятия «механизм устойчивого развития промышленного предприятия». *Вестник НГИЭИ*, 10(77), 100-106.
- Кулапов, М. Н., Переверзева, Е. И. & Кириллова, О. Ю. (2022) Бизнес-экосистемы: определения, типологии, практики развития. *Вопросы инновационной экономики*, 12(3), 1597-1612. <https://doi.org/10.18334/vin.ec.12.3.115234>
- Кулясова, Е. В. & Вдовенко, З. В. (2019). Цифровизация промышленных предприятий: возможности и угрозы новой реальности. *Ученые записки Российской академии предпринимательства*, 18(3), 98-110.
- Кутергина, Г. В., Пономарева, Е. В. & Захарова, Ю. С. (2020). В К вопросу об оценке трансформации региональной отраслевой структуры. *Рынки будущего: локация Пермский край: материалы VI Перм. экон. конгресса* (Пермь, 27 февраля 2020 г.) (с. 46-56). Пермь: ПГНИУ, 170.
- Кучерова, Е. Н. (2007). Современный подход к устойчивому развитию предприятий. *Вестник ОГУ*, 9. <http://www.pandia.ru/text/77/288.3468.php> (дата обращения: 09.01.2024).
- Лаврикова, Ю. Г. (2006). Методология формирования направлений корректировки сопряжения отраслевого и территориального развития региона. *Вестник Уральского отделения Российской академии наук. Наука. Общество. Человек*, 1, 115-119.
- Лаврикова, Ю. Г. (2017). Особенности процессов новой индустриализации в Уральском регионе. В Я. П. Силин, Е. Г. Анимича (Ред.). *Неоиндустриально ориентированные преобразования в экономическом пространстве Уральского макрорегиона* (с. 47-74). Екатеринбург: УрГЭУ, 195.
- Лаврикова, Ю. Г., Бучинская, О. Н. & Вегнер-Козлова, Е. О. (2022). Зеленый энергопереход российской промышленности: барьеры и пути преодоления. *AlterEconomics*, 19(4), 638-662. <https://doi.org/10.31063/AlterEconomics/2022.19-4.5>
- Лаврикова, Ю. Г., Бучинская, О. Н. & Вегнер-Козлова, Е. О. (2023). Детерминация и обоснование направлений «зеленого» роста в РФ. *Ученые записки международного банковского института*, 1(43), 84-100.

Лаврикова, Ю. Г., Семячков, А. И. & Гао, Ж. (2021). Теоретические основы экономического и институционального механизмов управляемого природопользования. *Russian Journal of Management*, 9(1), 111–115. <https://doi.org/10.29039/2409-6024-2021-9-1-111-115>

Лаженцев, В. Н. (2011). Север России: размещение производительных сил и пространственное развитие. *Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз*, 1(13), 37–46.

Лапаева, М. Г. & Лапаев, С. П. (2016). Современные особенности размещения производительных сил. *Интеллект. Инновации. Инвестиции*, 3, 25–29.

Ласуэн, Х. Р. (2010). Урбанизация и экономическое развитие: временное взаимодействие между географическими и отраслевыми кластерами. *Пространственная экономика*, 1, 68–104.

Левинская, О. Л. (2007). Гесиод. *Большая российская энциклопедия* (Т. 7, с. 28–29). Москва.

Ленчук, Е. Б. (2018). Технологический аспект новой индустриализации России. *Экономическое возрождение России*, 2(56), 68–73.

Леонова, К. С. (2022). Формирование и реализация концепции устойчивого развития в Российской Федерации. *Россия и современный мир*, 1(114), 225–241. <https://doi.org/10.31249/rsm/2022.01.13>

Лепихин, В. В. & Ужегов, К. А. (2014). Концептуальные подходы к исследованию устойчивого развития предприятия как эколого-социо-экономической системы. *Современные проблемы науки и образования*, 4.

Летягина, Е. Н. & Перова, В. И. (2021). Нейросетевое моделирование региональных инновационных экосистем. *Journal of New Economy*, 22(1), 71–89. <https://doi.org/10.29141/2658508120212214>

Лёщ, А. (2007). *Пространственная организация хозяйства*. Москва: Наука, 662.

Лигостаев, А. Г. (2018, Октябрь 24). *Системный подход как общенаучный метод*. <https://prepod.nspu.ru/mod/page/view.php?id=8843>

Литвинова, Н. А. (2023). Экосистемный подход к воспроизводству человеческого капитала. *Креативная экономика*, 17(5), 1655–1670. <https://doi.org/10.18334/ce.17.5.117852>

Литовский, В. В. (2022). К проблеме новой индустриализации и эволюции технологических укладов на Урале. Ч. 1: Первичные практики. *История и современное мировоззрение*, 4(2), 12–19.

Лихачев, М. О. (2018). Современные инновации и классическая экономическая теория. *Экономический журнал*, 1(49), 6–14.

Лихачева, Т. П., Рыжкова, О. В. & Улас, Ю. В. (2017). 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*, 6(4(21)), 230–236.

Локтионов, М. В. (2016). А. А. Богданов как основоположник общей теории систем. *Философия науки и техники*, 21(2), 80–96. <https://doi.org/10.21146/2413-9084-2016-21-2-80-96>

Лукинов, И. И. (2002). *Эволюция экономических систем*. Москва: Экономика, 658.

Лысоченко, А. А. (2022). Стратегическое управление в экологической экосистеме в условиях цифровой трансформации. *Экономика и бизнес: теория и практика*, 12-1(94), 230–235. <https://doi.org/10.24412/2411-0450-2022-12-1-230-235>

Львов, Д. С. & Глазьев, С. Ю. (1986). Теоретические и прикладные аспекты управления НТП. *Экономика и математические методы*, 5, 35–45.

Майорова, К. С. & Балашова, Е. С. (2021). Цифровой переход промышленных предприятий в «smart» экосистему. *Экономика промышленно-сти*, 14, 4, 433–444.

Макаров, В. О. (1997). применении метода эволюционной экономики. *Вопросы экономики*, 3, 18–26.

Маршалл, А. (1993). *Принципы экономической науки*. Москва: Прогресс, 415.

Месарович, М. (1966). Основания общей теории систем. *Общая теория систем*.

Месарович, М. (1969). Общая теория систем и ее математические основания. *Исследования по общей теории систем*.

Месарович, М. (1971). Теория систем и биология. Точка зрения теоретика. *Системные исследования. Ежегодник — 1970*. Москва: Наука.

Мигранов, М. М. & Мельников, А. В. (2017). Большие данные в электроэнергетике. Обзор программных решений. *Электроэнергия. Передача и распределение*, 4(43), 60–64.

Моисеев, Н. Н. (1997). Козволюция природы и общества. Пути ноосферогенеза. *Экология и жизнь*, (2-3). <http://www.ecolife.ru/jornal/echo/1997-2-1.shtml> (дата обращения: 09.01.2024).

Моисеенко, В. А. (2021). Предпосылки формирования экономической среды внедрения цифровых двойников в промышленности. *Информационные технологии. Проблемы и решения*, 1(14), 49–54.

Молодчик, Н. А. & Брагина, Д. С. (2023). Внешние и внутренние цифровые экосистемы: российские практики. *Вестник ПНИПУ Социально-экономические науки*, 1, 142–158. <https://doi.org/10.15593/2224-9354/2023.1.11>

Молчан, А. С., Толстых, Т. О. & Надаенко, А. Ю. (2020). Принципы формирования и развития экосистем и их влияние на стратегию промышленного менеджмента. *Экономика устойчивого развития*, 1(41), 124–128.

Морщинина, Н. И. (2022). Характеристика научных подходов к исследованию предпринимательской экосистемы. *Экономика, предпринимательство и право*, 12(3), 1065–1076. <https://doi.org/10.18334/epp.12.3.114312>

Москвин, В. К. & Кузнецов, П. М. (2016). Сравнительная оценка вариантов приводов промышленных роботов в роботизированных технологических комплексах. *Инновационная наука*, 3-3, 118–122.

Мотовилов, И. В. & Глезман, Л. В. (2012). Пермский край: информационные технологии для управления промышленностью. *Российское предпринимательство*, 4(202), 169–174.

Мыслякова, Ю. Г., Шамова, Е. А. & Захарова, В. В. (2018). Методический подход к оценке кода результативности научно-инновационных предпринимательских экосистем региона. *Экономика образования*, 6(109), 79–92.

Насонов, А. Н. (2022). Классификация экологических рисков нарушения устойчивости экосистемы. *Грозненский естественнонаучный бюллетень*, 7(1(27)), 33–43. <https://doi.org/10.25744/genb.2022.55.24.004>

Неборский, Е. В. (2021). Цифровая экосистема как средство цифровой трансформации университета. *Мир науки. Педагогика и психология*, 4. [https://doi.org/10.15862/02PDMN421](https://mir-nauki.com/PDF/02PDMN421.pdf)

Неганов, С. А. & Неганова, В. П. (2022). Формирование структуры экосистем с позиции конфигурации. *Экономика и управление*, 28(7), 684–693. <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2022-7-684-693>

Нельсон, Р. & Уинтер, С. (2002). *Эволюционная теория экономических изменений*. Москва: Дело, 536.

Нешиной, А. С. (2012). Эволюция смены экономической системы России. *Инвестиции в России*, 3(206), 3–10.

Овчинникова, А. В. & Зимин, С. Д. (2021). Рождение концепции предпринимательских экосистем и ее эволюция. *Экономика, предпринимательство и право*, 11(6), 1497–1514. <https://doi.org/10.18334/epp.11.6.112307>

Оганьян, А. Г. (2018). Теоретические аспекты эволюционного характера трансформации национальной экономики на этапе формирования постиндустриального общества. *Вестник евразийской науки*, 10(3), 29.

Одум, Ю. П. (1975). *Основы экологии*. Москва: Мир.

Ожиганов, Э. Н., Чурсин, А. А. & Линьков, А. Д. (2021). Взаимосвязь социотехнических и технологических аспектов внедрения и применения систем бизнес-аналитики. *Экономика и управление: проблемы, решения*, 5(12(120)), 30–35.

Орехова, С. В. & Евсеева, М. В. (2020). Технологические системы в экономике: гетеродоксальный подход и институциональные основы. *Журнал институциональных исследований*, 12(4), 34–53.

Орехова, С. В. & Мисюра, А. В. (2020). Трансформация бизнес-модели и возрастающая отдача высокотехнологичного предприятия. *Вестник Челябинского государственного университета*, 6(440), 75–85.

Орехова, С. В., Мисюра, А. В. & Кислицын, Е. В. (2020). Управление возрастающей отдачей высокотехнологичной бизнес-модели в промышленности: классические и экосистемные эффекты. *Управленец*, 11(4), 43–58.

Орлов, А. Б. & Антамонов, И. А. (2013). Автоматизация подготовки управляющих программ с ЧПУ на основе методологии распознавания образов. *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*, 10, 90–98.

Орлова, Л. Д. & Ильина, Л. А. (2010). Стратегическая трансформация интеграционных процессов аграрного сектора экономики. В *Экономика и управление: теория, методология, практика: тр. II Междунар. науч.-техн. конф.* (Самара, 22–23 апреля 2010 г.) (с. 68–75.). Самара: СамГТУ, 268.

Панова, Е. В. (2022). Устойчивое развитие как основа экологической политики России: понятие и основные характеристики. *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*, 64(5), 9–23. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2022-64-5-9-23>

Паскова, А. А. (2018). Технологии big data в автоматизации технологических и бизнес-процессов. *Научное обозрение. Технические науки*, 4, 23–27.

Перский, Ю. К., Лепихин, В. В. & Семенова, Е. В. (2015). Методика и модели оценки промышленного предприятия как устойчивой системы. *Вестник Пермского университета. Серия Экономика*, 1(24), 103–110.

Перстенева, Н. П. (2012). Критерии классификации показателей структурных различий и сдвигов. *Фундаментальные исследования*, 3(2), 478–482.

Пестель, Э. (1988). *За пределами роста*. Москва: Прогресс, 268.

Петров, М., Буров, В., Шклярчук, М. & Шаров, А. (2018). *Государство как платформа: (Кибер) государство для цифровой экономики. Цифровая трансформация*. Москва: Центр стратегических разработок. https://www.csr.ru/wp-content/uploads/2018/05/GOSUDARSTVOKAK-PLATFORMA_internet.pdf

Петрова, Т. В. (2006). Особенности реализации теории размещения производительных сил в ресурсодобывающих регионах. *ГИАБ*, 1, 82–84.

Пискулова Н. «Зеленая сделка»: риски и возможности для ЕС и России. *РСМД*. 14.04.2021. <https://russiancouncil.ru/analytics-and-comments/analytics/zelenaya-sdelkarski-i-vozmozhnosti-dlya-es-i-rossii/> (дата обращения: 09.01.2024).

Плахин, А. Е., Ткаченко, И. Н. & Евсеева, М. В. (2020). Архитектура инновационной экосистемы промышленности региона. *Вестник НГИЭИ*, 8(111), 51–59. <https://doi.org/10.24411/2227-9407-2020-10073>

Плотников, В. А. (2020). Цифровизация как закономерный этап эволюции экономической системы. *Экономическое возрождение России*, 2(64), 104–115.

Подшивалова, М. В. & Алмршед, С. К. (2020). Тренды инновационной активности промышленных предприятий в РФ и мире. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент*, 14(4), 84–92.

Позднякова, Т. М. (2019). Проблема изучения территориальной организации производительных сил в экономической географии. *Вестник Приамурского государственного университета им. Шолом-Алейхема*, 3(36), 52–57.

Положенцева, Ю. С. (2021). Компаративный анализ российских и зарубежных подходов к оценке цифровой трансформации промышленности. *Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент*, 11(6), 78–91.

Положенцева, Ю. С., Выскрибенцева, Т. Н. & Клевцова, М. Г. (2021). Трансформация регионов в цифровом экономическом пространстве. *Известия*

Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент, 11(4), 114–125.

Поляков, Ю.Н. (2019). «Умные» цифровые двойники — основа новой парадигмы цифрового проектирования и моделирования потока создания потребительной стоимости в заготовительном производстве. *Менеджмент: теория и практика*, 4, 91–102.

Полянская, И.Г., Юрак, В.В. & Стровский, В.Е. (2023). Вызовы и угрозы современному недропользованию на примере УрФО. *Известия Уральского государственного горного университета*, 2(70), 164–174. <https://doi.org/10.21440/2307-2091-2023-2-164-174>

Попов, А.Н. (2012, Сентябрь, 21-22). Биономика как системный подход к решению экологических проблем и задач устойчивого развития. *Сборник материалов IX Междунар. конф. по устойчивому развитию*. <https://my.mail.ru/community/bionomica/52B63E83A37FE79A.html>

Попов, Е.В. & Семячков, К.А. (2017). Оценка готовности отраслей РФ к формированию цифровой экономики. *Инновации*, 4, 37–41.

Попов, Е.В. & Симонова, В.Л. (2021). *Межфирменные взаимодействия: монография*. Москва: Юрайт, 276.

Попов, Е.В., Симонова, В.Л. & Тихонова, А.Д. (2021). Совершенствование методического инструментария оценки эффективности межфирменных взаимодействий в условиях цифровизации. *Вестник Пермского университета. Серия: Экономика*, 16(3), 276–290.

Попов, Е.В., Симонова, В.Л. & Челак, И.П. (2020а). Оценка развития инновационных экосистем. *Вопросы инновационной экономики*, 4, 2359–2374. <https://doi.org/10.18334/vines.10.4.111098>

Попов, Е.В., Симонова, В.Л. & Челак, И.П. (2020б). Типология моделей региональных инновационных экосистем. *Региональная экономика: теория и практика*, 7(478), 1336–1356. <https://doi.org/10.24891/re.18.7.1336>.

Попов, Е.В., Симонова, В.Л. & Челак, И.П. (2021). Систематизация факторов развития инновационной экосистемы предприятия. *Вопросы управления*, 4, 151–165. <https://doi.org/10.22394/2304-3369-2021-4-151-165>

Попов, В.Л., Урасова, А.А. & Бочкарев, А.М. (2020). Возможности оценки цифрового развития промышленных предприятий региона. В Менеджмент в эпоху цифровой трансформации экономики: материалы Всерос. конф. с междунар. участием (Пермь, 10 декабря 2020 г.) (с. 88–93). Пермь: ПГНИУ, 119.

Постников, В.П. (2022). Развитие центров трансфера технологий как элемента инновационной экосистемы. *Шумпетеровские чтения*, 1, 297–302.

Привалов, Н.Г. (2021). Экологизированная экономика. *Экономическое возрождение России*, 4(70), 99–116. <https://doi.org/10.37930/1990-9780-2021-4-70-99-116>.

Пролыгина, Н.А. (2004). Развитие интеграционных процессов в АПК на основе трансформации собственности [на примере Орловской обл.]. *Экономика сельского хозяйства. Реферативный журнал*, 2.

Проскурнова, К. Ю. (2021). Эволюция взглядов на факторы пространственного размещения производительных сил: от материальных факторов к институтам. *Интеллект. Инновации. Инвестиции*, 5, 64–71. <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2021-5-64>

Пудовкина, О. Е. (2020). Формирование цифровой экосистемы промышленной кооперации на базе передовых цифровых платформ в условиях реиндустриализации. *Вестник университета*, 9, 41–48.

Пыткин, А. Н. & Блаженкова, Н. М. (2008). Взаимосвязь эффективности и результативности деятельности хозяйственной организации. *Журнал экономической теории*, 3, 133–139.

Пыткин, А. Н. & Блаженкова, Н. М. (2009). Комплексная оценка результативности хозяйственной организации на основе информации управленческого учета. *Экономические и гуманитарные науки*, 1(207), 196–202.

Пыткин, А. Н., Хисамова, А. И. & Бочкарев, А. М. (2015). Структура системы информационного обеспечения производственной деятельности промышленного предприятия. *Научное обозрение*, 15, 406–412.

Радайкин, А. Г. (2020). Инструменты формирования промышленной кросс-отраслевой экосистемы высокотехнологичных производств. *Горизонты экономики*, 3(56), 27–32.

Радзиевская, Т. В. & Мишина, А. В. (2016). Модель оценки качества управления системы «человеческий капитал — инновационные технологии» при наличии противодействия экономическому развитию. *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление*, 2, 5–12.

Раменская, Л. А. (2019). Обзор подходов к исследованию экосистем бизнеса. *Вестник Алтайской академии экономики и права*, 12-2, 153–158. <https://doi.org/10.17513/vaael.890>

Раменская, Л. А. (2020). Применение концепции экосистем в экономико-управленческих исследованиях. *Управленец*, 11(4), 16–28. <https://doi.org/10.29141/2218-5003-2020-11-4-2>

Рафес, П. М. (2012). Основы биогеоценологии. *Биосфера*, 4(1), 97–125. <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovy-biogeotsenologii>

Ребус, Н. А. & Спивакова, Н. Я. (2019). Эволюция социально-экономической системы в процессе перехода к шестому технологическому укладу. *Экономика: вчера, сегодня, завтра*, 9(10-1), 314–322.

Романова, О. А. & Пономарева, А. О. (2020). Многовекторная промышленная политика России в условиях формирования нового индустриального ландшафта. *Журнал экономической теории*, 17(2), 276–291.

Романова, О. А. & Пономарева, А. О. (2022). Экосистема как новый объект современной промышленной политики. *Шумпетеровские чтения*, 1, 99–107.

Романова, О. А. & Сиротин, Д. В. (2021). Развитие систем искусственного интеллекта в промышленности РФ: нормативное обеспечение и проблемы безопасности. В *Экономико-правовые проблемы обеспечения экономической*

безопасности: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. (Екатеринбург, 19 марта 2021 г.) (с. 109–112). Екатеринбург: УрГЭУ, 308.

Романова, О. А. & Сиротин, Д. В. (2022). Базовые отрасли промышленных регионов России: образ будущего. *Journal of New Economy*, 23(2), 9–28. <https://doi.org/10.29141/2658-5081-2022-23-2-1>

Романова, О. А. (2018). Приоритеты промышленной политики России в контексте вызовов четвертой промышленной революции, ч. 2. *Экономика региона*, 14(3), 806–819.

Романова, О. А., Акбердина, В. В. & Бухвалов, Н. Ю. (2015). Методология гармонизации структурных территориально-отраслевых изменений экономической системы. *Вестник Оренбургского государственного университета*, 8(183), 122–127.

Романова, О. А., Акбердина, В. В. & Бухвалов, Н. Ю. (2016). Общие ценности в формировании современной технико-экономической парадигмы. *Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз*, 3(45), 173–190.

Росинская, Н. Ю. (2018). Феномен эмергентности как результат развития бизнес-экосистемы. *Экономика: вчера, сегодня, завтра*, 8(7А), 21–29.

Рудской, А. И. (2021). Цифровая промышленность на основе цифровых двойников. *Приборы*, 3(249), 9–16.

Рыбачук, М. А. & Карпинская, В. А. (2020). Социально-экономические мегазкосистемы на российском рынке. В М. А. Боровская, Г. Б. Клейнер, Н. Н. Лябах, М. А. Масыч (Ред.), *Экосистемы в пространстве новой экономики: монография* (с. 15–40). Ростов-на-Дону; Таганрог: Южный федеральный университет, 788.

Ряжева, Ю. И. (2020). Формирование и развитие инновационной среды промышленного сектора на основе инновационной экосистемы. *Московский экономический журнал*, 1, 615–623. <https://doi.org/10.24411/2413-046X-2020-10062>

Саватеев, В. И., Саватеев, С. И., Шлаев, В. И. & Васильев, Д. М. (2020). Исследование применения цифровых двойников изделий в условиях цифровой трансформации промышленности. *Интернаука*, 15-1, 29–31.

Сагатовский, В. Н. (1976). Опыт построения категориального аппарата системного подхода. *Философские науки*, 3, 67–78.

Садовский, В. Н. (1962). К вопросу о методологических принципах исследования предметов, представляющих собой системы. *Проблемы методологии и логики науки*.

Садовский, В. Н. (1965). Методологические проблемы исследования объектов, представляющих собой системы. *Социология в СССР* (Т. 1). Москва.

Садовский, В. Н. (1972а). Некоторые принципиальные проблемы построения общей теории систем. *Системные исследования. Ежегодник — 1971*. Москва: Наука.

Садовский, В. Н. (1972б). Общая теория систем как метатеория. *Вопросы философии*, 4.

Садовский, В. Н. (1974а). *Основания общей теории систем. Логико-методологический анализ*. Москва: Наука.

Садовский, В. Н. (1974б). Проблемы построения общей теории систем как метатеории. *Системные исследования. Ежегодник — 1973*. Москва: Наука.

Садовский, В. Н. (2001). *Система*. Новая философская энциклопедия (Т. 3). Москва: Мысль. <https://iphlib.ru/library/collection/newphilenc/document/HASHd77bbce481b4406a90ced7>

Сазанова, С. Л. (2019). Социально-экономические экосистемы и ценности хозяйственной деятельности. *Путеводитель предпринимателя*, 43, 137–148.

Саид, В. А. (2017). Технологии big data в промышленности. В *Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В. Г. Шухова* (Белгород, 1–20 мая 2017 г.) (с. 4476–4480). Белгород: БГТУ им. В. Г. Шухова, 7540.

Сайфуллина, С. Ф. (2017). Составляющие устойчивого развития отрасли. *Наукоедение*, 9, 1. <http://naukovedenie.ru/PDF/02EVN117.pdf> (дата обращения: 09.01.2024).

Самарина, В. П. (2007). Центральнo-черноземный экономический район: региональная динамика и трансформация социально-экономических характеристик. *Экономические науки*, 37, 303–307.

Самойлов, А. В. (2012). Интегративный подход к исследованию инновационного потенциала национальной экономики. *Вестник Самарского государственного экономического университета*, 4(90), 67–71.

Самонова, К. В. & Шевченко, И. К. (2015). Анализ существующих систем показателей и методик оценки технологического положения территориально-отраслевых комплексов. *Инженерный вестник Дона*, 2-2. <http://wmv.ivdon.ru/magazine/archive/n2p2y2015/3044> (дата обращения: 12.01.2023).

Самсонова, М. В. & Федорищева, О. В. (2023). Формирование и развитие экосистемы в промышленности. *Региональная и отраслевая экономика*, 2(186), 139–145. <https://doi.org/10.14451/2.186.139>

Саралидзе, А. М. (2015). Развитие федеративных отношений как фактор углубления интеграции региональных социально экономических систем. *Вестник Института экономики Российской академии наук*, 2, 64–75.

Семенов, З. З. & Бифов, Б. М. (2011). Системный анализ информационного обеспечения управления предприятиями регионального производственного комплекса. *Terra ecomoticus*, 9, 4-3, 212–215.

Семячков, А. И., Гао, Ж. & Атаманова, Е. А. (2021). Управление природно-ресурсным потенциалом региона на основе изменчивости эколого-экономических индикаторов. *Экономика региона*, 17(2), 520–537. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2021-2-12>

Сергеев, А. А. (2022). Состояние экономики и модели устойчивого развития промышленности. *Экономика: вчера, сегодня, завтра*, 12(4А), 71–84. <https://doi.org/10.34670/AR.2022.96.54.002>

Сердюков, Р. Д. (2021). Роль и место цифровых платформ в развитии промышленных предприятий: экосистемный подход. *Естественно-гуманитарные исследования*, 37(5), 249–255.

Сидорова, Е. Ю. (2008). Проблемы информационного обеспечения системы управления внешнеэкономической деятельностью предприятия. *Вестник Саратовского государственного технического университета*, 2(1(32)), 226–233.

Силин, Я. П., Анимица, Е. Г. & Новикова, Н. В. (2016). Новая индустриализация — стратегический вектор развития промышленности России. В Я. П. Силин (Ред.), *Управление промышленным предприятием в условиях новой индустриализации* (с. 7–25). Екатеринбург: УрГЭУ, 270.

Силин, Я. П., Анимица, Е. Г. & Новикова, Н. В. (2019). *Уральский макрорегион: большие циклы индустриализации*. Екатеринбург: УрГЭУ, 371.

Сильвестров, С. Н., Бауэр, В. П., Еремин, В. В. & Лапенкова, Н. В. (2020). О цифровой трансформации предприятия в контексте системной экономической теории. *Экономическая наука современной России*, 2(89), 22–45.

Симченко, Н. А. (2022). Экосистемная методология цифрового развития промышленности. В *Повышение конкурентоспособности социально-экономических систем в условиях трансграничного сотрудничества регионов: сб. материалов IX Междунар. науч.-практ. конф.* (Ялта, 5–8 апреля 2022 г.) (с. 17–18). Симферополь: Ариал, 388.

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

Сисина, Н. Н. (2012). О методических аспектах экономического анализа природоохранной деятельности в условиях перехода предприятий к устойчивому развитию. *Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета*, 2, 77–80.

Смирнова, Л. Н. (2006). Размещение производительных сил в регионе с учетом экологических факторов. *Записки Горного института*, 167(1), 150–152.

Смородинская, Н. В. (2014). Сетевые инновационные экосистемы и их роль в динамизации экономического роста. *Инновации*, 7(189), 27–33.

Смышляева, А. А., Резникова, К. М. & Савченко, Д. В. (2020). Современные технологии в Индустрии 4.0 – киберфизические системы. *Отходы и ресурсы*, 7(3). <https://doi.org/10.15862/02INOR320> (дата обращения: 02.09.2022).

Соболев, Е. А., Абдулгалимов, А. Р., Разливинская, С. В. & Корнюшко, В. Ф. (2017). Принципы построения корпоративной информационной системы управления логистическими процессами на предприятиях нефтехимического профиля. *Тонкие химические технологии*, 12(1), 89–95.

Соколов, М. А. (2022). Системный подход как исследовательская программа в творчестве Л. Берталанти. *Вестник ПГГПУ. Гуманитарные и общественные науки*, 2, 5–17. <https://doi.org/10.24412/2308-7226-2022-2-5-17>

- Солодилова, Н. З., Маликов, Р. И., Гришин, К. Е. & Шестакович, А. Г. (2021). Методологические подходы к разработке парадигмы управления региональной предпринимательской экосистемой. *Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика*, 1(35), 101–115. <https://doi.org/10.17122/2541-8904-2021-1-35-101-115>
- Сорокина, А. Г. (2020). Роль цифровых технологий в нефтегазовой отрасли России. *Вестник Белого генерала*, 3, 47–55.
- Спицина, Э. А. (2020). Методология исследования отраслевых рынков и ее особенности. В *Экономика, бизнес, финансы: актуальные вопросы и современные аспекты: сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф.* (Пенза, 5 января 2020 г.) (с. 184–187). Пенза: Наука и просвещение, 194.
- Стефанова, Н. А. & Седова, А. П. (2017). Модель цифровой экономики. *Карельский научный журнал*, 6(1), 91–93.
- Стрельникова, Е. В. (2014). Принципы производственного стратегирования на промышленном предприятии. *Российское предпринимательство*, 23(269), 97–101.
- Судас, Л. Г. (2017). Бизнес за устойчивое развитие. *Государственное управление. Электронный вестник*, 64, 241–262. http://e-journal.spa.msu.ru/vestnik/item_958?ysclid=lsa7xj60dm181768713 (дата обращения: 09.01.2024).
- Сукачев, В. Н. (1972-1975). *Избранные труды в трех томах* (Т. 1-3). Ленинград: Наука.
- Сурмин, Ю. П. (2003). *Теория систем и системный анализ*. Киев: МАУП.
- Сухарев, О. С. (2020а). Индустриализация 4.0 и модели технологического развития для преодоления эффекта «2Д». *Вестник ЮРГПУ (НПИ). Серия «Экономика»*, 1, 4–23. <https://doi.org/10.17213/2075-2067-2020-1-4-23>
- Сухарев, О. С. (2020б). Технологическая индустриализация: современная и новые возможности. *Общество и экономика*, 7, 32–51.
- Сухарев, О. С. (2020в). *Экономический рост, институты и технологии. Структурный и институциональный подходы в экономической теории роста*. Москва: URSS, 400.
- Сухарев, О. С. (2021). Цифровизация и направления технологического обновления промышленности России. *Journal of New Economy*, 22(1), 26–52. <https://doi.org/10.29141/2658-5081-2021-22-1-2>
- Сухарев, О. С. (2022). Экосистема: представление и функции. *Шумпетеровские чтения*, 1, 38–44.
- Сухарев, О. С. (2023). Модели индустриализации при накопительном эффекте экономической политики, проводимой в России. *Вестник РГГУ. Серия «Экономика. Управление. Право»*, 2, 42–68. <https://doi.org/10.28995/2073-6304-2023-2-42-68>.
- Сухарев, О. С. & Ворончихина, Е. Н. (2019). Типы технологического развития регионов: структура технологий и инвестиций. *Инвестиции в России*, 7(294), 24–36.
- Сухарев, О. С. & Ворончихина, Е. Н. (2020). Структурная политика роста в России: ресурсы, технологичность, риск и индустриализация. *Journal of new economy*, 21(1), 29–52.

Сухарева, А. (2014). «Большие данные» на службе у большой промышленности. *Компьютерра*. <http://www.computerra.ru/96974/industry-big-data/> (дата обращения: 15.02.2023).

Тамбовцев, В. Л. (2019). Взаимодействие «институты-технологии» и экономический рост. *Journal of New Economy*, 20(2), 55–70. <https://doi.org/10.29141/2073-1019-2019-20-2-3>

Татаркин, А. И. (2015а). Новая индустриализация экономики России: потребность развития и/или вызовы времени. *Экономическое возрождение России*, 2(44), 20–31.

Татаркин, А. И. (2015б). Поведенческая готовность Российской Федерации к новой индустриализации. *Федерализм*, 2(78), 29–44.

Татаркин, А. И., Акбердина, В. В. & Бухвалов, Н. Ю. (2016). Инклюзивное технологическое развитие как новый элемент технико-экономической парадигмы. В *Стратегии развития социальных общностей, институтов и территорий: материалы II Междунар. науч.-практ. конф.: в 2 т.* (Екатеринбург, 18–20 апреля 2016 г.) (с. 41–47). Екатеринбург: Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 323.

Татаркин, А. И. & Анимица, Е. Г. (2013). Формирование парадигмальной теории региональной экономики. *Экономика региона*, 3, 11–21.

Татаркин, А. И., Анимица, Е. Г. & Новикова, Н. В. (2009). Новая парадигма региональной политики в России. В А. И. Татаркин, В. В. Кулешов, П. А. Минакир (Ред.). *От идеи Ломоносова к реальному освоению территорий Урала, Сибири и Дальнего Востока* (с. 19–94). Екатеринбург: Институт экономики Уральского отделения РАН, 1227.

Татаркин, А. И., Романова, О. А. & Бухвалов, Н. Ю. (2014). Новая индустриализация экономики России. *Вестник УрФУ. Серия экономика и управление*, 3, 13–21.

Тахтаджян, А. Л. (1972). Тектология: история и проблемы. *Системные исследования. Ежегодник 1971* (с. 200–277). Москва: Наука.

Тимохина, О. А. & Близкий, Р. С. (2020). Оценка уровня цифровизации промышленных предприятий как одна из приоритетных задач в системе стратегического менеджмента современной организации. *Менеджмент в России и за рубежом*, 5, 48–55.

Титова, Н. Ю. (2021). Промышленные экосистемы и кластеры как инструменты реализации целей устойчивого развития. *Азимут научных исследований: экономика и управление*, 10(4(37)), 271–274. <https://doi.org/10.26140/anie-2021-1004-0063>

Титова, Н. Ю. & Зиглина, В. Е. (2021). Различия и сходства понятий «промышленные кластеры» и «промышленные экосистемы». *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика*, 3, 7–16. <https://doi.org/10.24143/2073-5537-2021-3-7-16>

Ткаченко, О. И. (2017). Финансовые экосистемы для малого бизнеса. *Экономика и социум*, 12(43), 1104–1107.

Толстых, Т. О. & Агаева, А. М. (2020). Экосистемная модель развития предприятий в условиях цифровизации. *Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе*, 1(33), 37-49.

Тодфлер, Э. (2010). *Третья волна*. Москва: АСТ, 795.

Трачук, А. В. & Линдер, Н. В. (2020). Влияние технологий Индустрии 4.0 на повышение производительности и трансформацию инновационного поведения промышленных компаний. *Стратегические решения и риск-менеджмент*, 11(2), 132-149.

Третьякова, Е. А. & Фрейман, Е. Н. (2022). Экосистемный подход в современных экономических исследованиях. *Вопросы управления*, 1(74), 6-20. <https://doi.org/10.22394/2304-3369-2022-1-6-20>

Трифонов, Ю. В., Брыкалов, С. М. & Трифонов, В. Ю. (2022). Эволюция концепции устойчивого развития компаний. *Фундаментальные исследования*, 6, 61-66.

Трусов, А. В. (2012). Система информационного обеспечения процесса коммерциализации результатов инновационной деятельности предприятий топливно-энергетического комплекса. *Энергетика. Инновационные направления в энергетике. CALS-технологии в энергетике*, 1, 144-152.

Трусов, А. Н., Иванченко, П. Ю. & Кацура, Д. А. (2014). Разработка автоматизированной информационной системы для оптимизационного анализа экономических процессов. *Современные наукоемкие технологии*, 11, 38-40.

Трушков, В. В. (Ред.). (2011). *Информационное общество (философские проблемы)*. Москва: Моск. гос. ин-т электроники и математики, 254.

Тюнел, И. Г. (1926). *Изолированное государство*. Москва: Экономическая жизнь, 326.

Тюхтин, В. С. (1968). Системно-структурный подход и специфика философского знания. *Вопросы философии*, 11, 57.

Тюхтин, В. С. (1972). *Отражение, системы, кибернетика (теория отражения в свете кибернетики и системного подхода)*. Москва: Наука.

Уемов, А. И. (1970а). Логический анализ системного подхода к объектам и его место среди других методов исследования. *Системные исследования. Ежегодник — 1969*. Москва: Наука.

Уемов, А. И. (1970б). Системы и системные исследования. *Проблемы методологии системного исследования*.

Уиттекер, Р. (1980). *Сообщества и экосистемы*. Москва: Прогресс.

Улезько, А. В. & Жукова, М. А. (2019). Цифровизация как этап эволюции социально-экономических систем. *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*, 12(1(60)), 169-179.

Унгаев, О. А. (2021). Эволюция теорий размещения производительных сил на фоне формирования и развития технологических укладов. *Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета*, 1(127), 191-195.

Урасова, А. А. (2020). Возможности теории промышленных революций и теории технологических укладов в эпоху цифровой трансформации.

В *Цифровая трансформация промышленности и сферы услуг: тенденции, стратегии, управление: материалы Междунар. конф.* (Казань, 24 апреля 2020 г.) (с. 378–381). Казань: Университет управления «ТИСБИ», 448.

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

Урасова, А. А. (2022). Технологическая эволюция как процесс смены укладов в региональной промышленной структуре. *Фундаментальные исследования*, 3, 123–127. <https://doi.org/10.17513/fr.43225>

Урманцев, Ю. А. (1968). Поли- и изоморфизм в живой и неживой природе. *Вопросы философии*, 12.

Урманцев, Ю. А. (1972). Опыт аксиоматического построения общей теории систем. *Системные исследования. Ежегодник — 1971*.

Урсул, А. Д. (1993). Экологическая безопасность и устойчивое развитие. *Безопасность*, 11-12.

Урсул, А. Д., Ильин, И. В. & Лось, В. А. (2015). Стратегия устойчивого развития в контексте глобализации. *Вестник Московского университета. Серия 27: Глобалистика и геополитика*, 1-2, 49–65.

Урсул, А. Д. & Урсул, Т. А. (2012). Будущее глобального мира: обеспечение безопасности через устойчивое развитие. *Национальная безопасность*, 3(20), 23–36.

Ушвицкий, Л. И., Тер-Григорьянц, А. А. & Деньщик, М. Н. (2021). Формирование концептуальной основы экосистемного подхода к развитию социально-экономических систем. *Вестник Северо-Кавказского федерального университета*, 3(84), 142-154. <https://doi.org/10.37493/2307-907X.2021.3.18>.

Фадейкина, Н. В. & Малина, С. С. (2021). Развитие теоретических представлений на категории «экосистема» и «инновационная экосистема». *Сибирская финансовая школа*, 2(142), 103–111. <https://doi.org/10.34020/1993-4386-2021-2-103-111>

Федин, М. В. (2015). Перспективы использования систем обработки больших данных (Big Data) в металлургической промышленности. *Economics*, 8(9), 52–54.

Федотова, А. Ю. (2012). Промышленные кластеры и переход к новому технологическому укладу: исторический аспект и перспективные тенденции. *Инженерный вестник Дона*, 23, 4-2. <http://ivdon.ru/magazine/archive/p4r2y2012/1288> (дата обращения: 07.03.2023).

Федотова, А. Ю. (2016). Анализ методик оценки инновационного и технологического потенциала регионов в контексте развития динамических способностей территориально-отраслевых комплексов. *Современные научные исследования и инновации*, 10. <http://web.snauka.ru/issues/2016/10/72217> (дата обращения: 03.02.2020)

Филимонов, О. И., Касьяненко, Т. Г. & Кухта М. В. (2021). Экосистема как новая организационно-экономическая форма ведения виртуального

бизнеса. *Актуальные исследования*, 48(75), 31-41. <https://apni.ru/article/3298-eko-sistema-kak-novaya-organizatsionno-ekonom>

Фоменко, Е. В., Лулева, Т. В. & Никитин, Э. В. (2022). Реализация политики цифровой трансформации в обрабатывающей промышленности России. *Индустриальная экономика*, 7(5), 614–620.

Халидов, И. А. & Миловидов, К. Н. (2018). Большие данные и цифровые месторождения в российских нефтегазовых компаниях. *Микроэкономика*, 5, 82–88.

Ховалова, Т. В. (2022). Использование цифровых платформ для стратегического развития промышленных компаний. *Стратегические решения и риск-менеджмент*, 13(3), 245–254.

Хоменко, Е. Б., Ватутина, Л. А. & Злобина, Е. Ю. (2022). Современные тенденции цифровой трансформации промышленных предприятий. *Вестник Удмуртского университета. Серия: Экономика и право*, 32(4), 676–682.

Хрусталева, Е. Ю. & Хрусталева, О. Е. (2014). Методология оценки отраслевых темпов и стабильности инновационного развития наукоемких предприятий и организаций. *Экономический анализ: теория и практика*, 10(361), 2–15.

Худякова, Т. А. (2016). Анализ современных научных подходов к построению интегрального показателя устойчивости предприятия. *Вестник НГИЭИ*, 12(67), 122–130.

Цехла, С. Ю. & Симченко, Н. А. (2020). Методологические аспекты исследования экономических эффектов внедрения цифровых двойников в промышленности. *Вестник Южно-Российского государственного технического университета (НПИ). Серия: Социально-экономические науки*, 2, 35–39.

Чарочкина, Е. Ю. (2021). Тенденции технологической трансформации промышленного сектора экономики на современном этапе. *Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент*, 11(5), 85–94.

Чернышева, Н. А. (2018). Базовые теории индустриализации и концепция новой социально-инновационной политики. *РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция*, 1, 51–55.

Шантепи, Л. (2017). Технологии big data в нефтегазовой и перерабатывающей отраслях промышленности. *Автоматизация и IT в нефтегазовой области*, 4(30), 4–6.

Шелегеда, Б. Г., Руссиян, О. Н., Погоржельская, С. А. & Шелегеда, Н. В. (2007). Особенности методики расчета интегральной оценки технологических укладов на предприятиях угольной промышленности. *Вестник Новосибирского государственного университета экономики и управления*, 2, 221–234.

Шендрикова, О. О. & Елфимова, И. Ф. (2019). Исследование процессов цифровизации промышленных предприятий. *Организатор производства*, 27(1), 16–24.

Шерешева, М. Ю., Бек, М. А., Бек, Н. Н., Бузулукова, Е. В., Колесник, Н. А., Любакова, Н. М., Мариани, М., Попов, Н. И., Ребязина, В. А., Стерлигова, А. Н.

& Третьяк О. А. (2014). *Методология исследования сетевых форм организации бизнеса*. Москва: Изд. дом Высшей школы экономики.

Шимова, О. С. (2013). Оценка эффекта декаплинга для мониторинга «зеленой» экономики. *Белорусский экономический журнал*, 2, 71–83.

Шинкевич, А. И. (2019). Совершенствование производственного процесса на основе технологий «Big Data». *Наука и бизнес: пути развития*, 4(94), 79–82.

Шихвердиев, А. П., Вишняков, А. А., Чемашкин, А. Ю., Обрезков, Н. И., Мощев С. В., Меледина, Е. А. & Мартынова, Ю. Э. (2022). *Предпринимательские экосистемы: проблемы и возможности*. Санкт-Петербург: Астерион.

Шишацкий, Н. Г. (2022). Новая индустриализация и тенденции модернизации промышленного комплекса региона (на примере Красноярского края). *Региональная экономика и управление: электронный научный журнал*, 3, 71. <https://eee-region.ru/article/7118/> (дата обращения: 09.09.2022).

Шкарупета, Е. В. (2019). *Управление развитием промышленных комплексов в условиях реиндустриализации*. PhD Thesis. Москва.

Шкарупета, Е. В. & Дударева, О. В. (2021). Концептуальное представление промышленной экосистемы в ходе эволюции устойчивого развития. *Цифровая и отраслевая экономика*, 1(22), 5–8.

Шкарупета, Е. В., Дударева, О. В., Филатова, М. В. & Беккиев, А. Ю. (2020). Методология устойчивого развития промышленных экосистем. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*, 82(4(86)), 377–382.

Шукуров, Э. Э. (2009). Трансформация интеграционных процессов в промышленности. *Проблемы современной экономики*, 4(32), 348–349.

Эшби, У. Р. (1959). *Введение в кибернетику*. Москва: Изд-во Иностранная литература.

Эшби, У. Р. (1964). *Конструкция мозга: Происхождение адаптивного поведения*. Москва: Мир.

Эшби У., Росс. (1969а). Общая теория систем как новая дисциплина. *Исследования по общей теории систем*.

Эшби У., Росс (1969б). Теоретико-множественный подход к механизму и гомеостазису. *Исследования по общей теории систем*.

Юдина, Т. Н. & Тушканов, И. М. (2017). Цифровая экономика сквозь призму философии хозяйства и политической экономии. *Философия хозяйства*, 1, 193–200.

Юсим, В. Н. (2020). Цифровые методы ускорения технологического и институционального развития. В *Цифровая экономика: тенденции и перспективы развития: сб. тез. докл. нац. науч.-практ. конф.: в 2 т* (Москва, 22–23 октября, 2020 г.) (с. 140–142). М.: РЭУ им. Г. В. Плеханова, 320.

Яковец, Ю. В. (1999). *Циклы, кризисы, прогнозы*. Москва: Наука, 447.

Яковлева, Е. В. (2014). Управление развитием интеллектуального потенциала персонала в условиях современной технологической эволюции. *Управление человеческими ресурсами — основа развития инновационной экономики*, 5, 140–144.

Янченко, Е. В. (2023). Региональная инновационная экосистема: оценка эффективности функционирования в условиях цифровизации. *Вопросы инновационной экономики*, 13(2), 881–900. <https://doi.org/10.18334/vinec.13.2.117913>

Яхот, И. (1981). *Подавление философии в СССР (20-30-е годы)*. New York: Chalidze.

Яшалова, Н. Н. (2013). «Зеленая» экономика как основа эколого-экономического устойчивого развития регионов. *Вестник УрФУ. Серия: экономика и управление*, 2, 81–94.

Adner, R. (2006). Match your innovation strategy to your innovation ecosystem. *Harvard Business Review*, 84(4), 98–107.

Adomavicius, G., Bockstedt, J., Gupta, A. & Kauffman, R. J. (2007). Technology roles and paths of influence in an ecosystem model of technology evolution. *Information Technology and Management*, 8(2), 185–202.

Akatkin, Y. M., Karpov, O. E., Konyavsky, V. A. & Yasinovskaya, E. D. (2017). Digital economy: conceptual architecture of the digital industry ecosystem. *Business informatics*, 4(42), 17–28.

Alexandrova, E. & Poddubnaya, M. (2021). Digital technologies development in industry sectors and areas of activity. *Lecture notes in networks and systems*, 136, 112–124.

Audretsch, D. B., Cunningham, J. A., Kuratko, D. F., Lehmann, E. E. & Menter, M. (2019). Entrepreneurial ecosystems: Economic, technological, and societal impacts. *The Journal of Technology Transfer*, 44, 313–325. <https://doi.org/10.1007/s10961-018-9690-4>

Bertalanffy, L. (1956). *General System Theory*. New York: George Braziller, 289.

Bertalanffy, L. von. (1962). General System Theory — A Critical Review. *General Systems*, 7, 1–20.

Bochkapev, A., Serogodsky, V., Cherdantsev & V., Zagorujko, I. (2019). The models of corporate governance. *International journal of recent technology and engineering*, 8(4), 8890–8895.

Bochkarev, A., Urasova, A. & Balandin, D. (2021). Methodological aspects of information support in the enterprise management system. In *4th International scientific and practical conference on digital economy and finances, DEFIN 2021* (St. Petersburg, 18–19 mar. 2021). St. Petersburg: St. Petersburg University of Management Technologies and Economics.

Boudeville, J.-R. (1961). *Les espaces économiques*. Paris: Presses Universitaires de France, 127.

Ceccagnoli, M., Forman, C., Huang, P. & Wu D. (2012). Co-creation of value in a platform ecosystem: the case of enterprise software. *MIS Quarterly*, 36(1), 263–290.

Cennamo, C. & Santalo, J. (2013). Platform competition: Strategic trade-offs in platform markets. *Strategic Management Journal*, 34(11), 1331–1350. <https://doi.org/10.1002/smj.2066>

Christaller, W. (1933). *Die zentralen Orte in Süddeutschland*. Jena: Gustav Fischer, 331.

- Clark, C. (1940). *The conditions of economic progress*. L.: Macmillan and Co., 540.
- Cohen, B. (2005). Sustainable valley entrepreneurial ecosystem. *Business Strategy and the Environment*, 1, 1-14. <https://doi.org/10.1002/bse.428>
- Colombo, M. G., Dagnino, G. B., Lehmann, E. E. & Salmador, M. P. (2017). The governance of entrepreneurial ecosystems. *Small Business Economics*, 52, 419-428. <https://doi.org/10.1007/s11187-017-9952-9>
- Doshi, R., Diwekar, U., Benavides, P. T., Yenkie, K. M. & Cabezas, H. (2014). Maximizing Sustainability of Ecosystem Model through Socio-Economic Policies Derived from Multivariable Optimal Control Theory. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 17(6), 1573-1583. <https://doi.org/10.1007/s10098-014-0889-2>
- Duvigneaud, P. & Tanghe, M. (1962) *L'écologie: science moderne de synthèse*. Vol. 2: Écosystèmes et biosphère, ministère de l'Éducation Nationale et de la Culture, Bruxelles, Documentation, 23, 128.
- Enright, M. J. (2000). *Survey on the characterization of regional clusters: initial results*. Hong Kong: Institute of Economic Policy and Business Strategy, 21.
- Ezell S. (2018). Why manufacturing digitalization matters and how countries are supporting it. <http://www2.itif.org/2018-manufacturing-digitalization.pdf> (дата обращения: 18.11.2022).
- Fatorachian, H. & Kazemi, H. (2018). A critical investigation of Industry 4.0 in manufacturing: theoretical operationalisation framework. *Production Planning & Control*, 29(8), 1-12.
- Feser, E. J. & Bergman, E. M. (2000). National industry cluster templates: a framework for applied regional cluster analysis. *Regional Studies*, 34(1), 1-19.
- Fourastie, J. (1949). *Le grand espoir du XX-e siècle: progrès technique, progrès économique, progrès social*. Paris: Presses universitaires de France, 223.
- Gawer, A. & Cusumano, M. A. (2008). How Companies Become Platform Leaders. *MIT Sloan Management Review*, 49, 28-35.
- Gawer, A. & Cusumano, M. (2014). Industry platforms and ecosystem innovation. *The journal of product innovation management*, 31, 417-433.
- Genz, S., Janser, M. & Lehmer, F. (2019). The impact of investments in new digital technologies on wages — worker-level evidence from Germany. *Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik*, 39(3), 483-521.
- Gorelik, G. (1974). Principal Ideas of Bogdanov's Tektology — The Universal Science of Organization. *Working paper. Faculty of Commerce, University of British Columbia*, 256, 3-13.
- Gorelik, G. (1975, June). Reemergence of Bogdanov's Tektology in Soviet Studies of Organization. *Academy of Management Journal*. Retrieved from: https://monoskop.org/images/0/00/Gorelik_George_1975_Reemergence_of_Bogdanovs_Tektology_in_Soviet_Studies_of_Organization.pdf
- Gorelik, G. (1987). Bogdanov's «Tektology», General System Theory and Cybernetics. *Cybernetics and Systems: An International Journal*, 18(2), 157-175.
- Goykher, O. L., Skuba, R. V., Bugrova, O. S., Strelkov, V. E. & Kudryakov R. I. (2019). Analysis methodology of innovative development in regional industrial seg-

ment by graph theory. *The future of the global financial system: downfall or harmony*, 57, 1145–1154.

Gustafsson, R., Jaaskelainen, M. & Maula, M. (2016). Emergence of industries: a review and future directions. *International journal of management reviews*, 18(1), 28–50.

Hagiu, A. & Wright, J. (2015). Multi-sided platforms. *International journal of industrial organization*, 43, 162–174.

Harland, C. (1996). Supply chain management, purchasing and supply management, logistics, vertical integration, materials management and supply chain dynamics. In N. Slack (Eds.), *Blackwell encyclopedic dictionary of operations management* (pp. 2–11). Oxford: Blackwell.

Heilbroner, R. (1980). *An inquiry into the human prospect. 2nd ed.* New York: Norton, 191.

Hicks, J.R. (1939). *Value and capital: An inquiry into some fundamental principles of economic theory.* Oxford: Clarendon Press. 496.

Huang, C.-Y. & Ji, L. (2019). Cross-industry growth differences with asymmetric industries and endogenous market structure. *The B. E. Journal of Macroeconomics*, 19, 2. <https://doi.org/10.1515/bejm-2017-0045> (дата обращения: 18.03.2023).

Iansiti, M. & Levien, R. (2004). *The Keystone Advantage: What the New Dynamics of Business Ecosystems Mean for Strategy, Innovation, and Sustainability.* Harvard Business School, Press: Boston, MA.

Isenberg, D.J. (2010). How to start an entrepreneurial revolution. *Harvard Business Review*. 40-50.

Isenberg, D. J. (2011). The Entrepreneurship Ecosystem Strategy as a New Paradigm for Economic Policy: Principles for Cultivating Entrepreneurship. *Presentation at the Institute of International and European Affairs*, 1-13. <http://www.innovationamerica.us/images/stories/2011/The-entrepreneurship-ecosystem-strategy-for-economic-growth-policy-20110620183915.pdf>

Jacobides, M., Cennamo, C. & Gawer A. (2015). *Industries, Ecosystems, Platforms, and Architectures: Rethinking our Strategy Constructs at the Aggregate Level.* Working paper, London Business School.

Jacobides, M. G., Cennamo, C. & Gawer, A. (2018). Towards a theory of ecosystems. *Strategic Management Journal*, 39(8), 2255–2276. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3218233>.

Kapoor, R. & Lee, J. M. (2013). Coordinating and Competing in Ecosystems: How Organizational forms Shape New Technology Investments. *Strategic Management Journal*, 34(3), 274–296.

Kelly, K. (1995). *Out of Control: The Rise of Neo-biological Civilization*, Menio Park, CA: Addison-Wesley.

Kenney, M. & Zysman, J. (2016). The rise of the platform economy. *Issues in science and technology*, 32, 61–69.

Kiel, D., Müller, J., Arnold, C. & Voigt, K. (2017). Sustainable industrial value creation: benefits and challenges of Industry 4.0. *International journal of innovation management*, 21,08.

- Klir, G. J. (1969). *An Approach to General Systems Theory*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Kornai, J. (1998). *The System Paradigm*. William Davidson Institute. Working Papers Series 278. William Davidson Institute: University of Michigan.
- Kumar, K. (1996). *From post-industrial to post-modern society: new theories of the contemporary world*. Oxford: Blackwell, 253.
- Lasuen, J. R. (1969). On growth poles. *Urban Studies*, 6(2), 137–152.
- Launhardt, W. (1869). *Ueber Rentabilitat und Richtungsfeststellung der Strassen*. Hannover: Schmorl u. von Seefeld, 54.
- Launhardt, W. (1872). Theorie der Kommerziellen Trassierung. *Zeitschrift des Hannoverschen Architekten und Ingenieurvereins*, 18, 515–534.
- Levy, A. Y. (2000). Logic-based techniques in data integration. In J. Minker (Eds.), *Logic-Based Artificial Intelligence. The Springer International Series in Engineering and Computer Science*, 597. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1567-8_24
- Li, Y., Dai, J. & Cui, L. (2020). 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*, 229.
- Lindahl, E. R. (1939). *Studies in the theory of money and capital*. London. 391.
- Lyng, H. & Brun, E. (2018). Knowledge transition: a conceptual model of knowledge transfer for cross-industry innovation. *International journal of innovation and technology management*, 15, 5.
- Mahnken, T. & Moehrl, M. (2018). Multi-cross-industry innovation patents in the USA – a combination of PATSTAT and Orbis search. *World patent information*, 55, 52–60.
- Matessich, R. (1978). *Instrumental Reasoning and System Methodology*. D. Reidel Publishing Co. Theory and decision library.
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J. & Behrens, W. W. (1974). *The Limits to Grow – A Report for the Club of Rome’s Project on the Predicament of Mankind*. New York: Universe Books, 338.
- Mesarovic, M. D. (1970). Multilevel Systems and Concepts in Process Control. *Proceedings of the IEEE*, 58(1).
- Moore, J. (1996). *The Death of Competition: Leadership and strategy in the age of business ecosystems*. New York: Harper Business.
- Moore, J. F. (1993). Predators and prey - A new ecology of competition. *Harvard Business Review*, 71(3), 75–86.
- Mulia, P., Behura, A. & Kar, S. (2016). Categorical Imperative in Defense of Strong Sustainability. *Problemy Ekorozwoju – Problems of Sustainable Development*, 11(2), 29–36.
- Müller, V. C. & Bostrom, N. (2016). Future Progress in Artificial Intelligence: A Survey of Expert Opinion. In V. C. Müller (Eds.), *Fundamental Issues of Artificial Intelligence. Synthese Library*, 376 (pp. 552–572). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-26485-1_33

Myllyviita, T. (2013). Sustainability assessment of forest resources – tools for a problem-orientated approach. *Dissertationes Forestales*, 168, 38. <https://doi.org/10.14214/df.168>

Orlicky, J. (1975). *Material requirements planning: the new way of life in production and inventory management*. N. Y.: McGraw-Hill, 292.

Pathak, B. (2016). Service Innovation in Business Ecosystem: The Role of Enablers and Formation Cycle. 17th International Conference on Informatics and Semiotics in Organisations (ICISO), Campinas, Brazil, 73-78. https://doi.org/10.1007/978-3-319-42102-5_8

Paunov, C. & Planes-Satorra, S. (2019). *How are digital technologies changing innovation? Evidence from agriculture, the automotive industry and retail*. Paris: OECD, 53.

Perroux, F. (1953). La Croissance Économique Française. *Review of Income and Wealth. International Association for Research in Income and Wealth*, 3(1), 45–66.

Plotnikov, A., Shcheludyakov, A., Cherdantsev, V., Bochkarev, A. & Zagoruiko, I. (2020). Data on post bank customer reviews from web. *Data in brief*, 32, 106–152.

Porter, M.E. (2008). The Five Competitive Forces that Shape Strategy. *Harvard Business Review*, 1, 78–93.

Ren, R., Yu, L. & Zhu, Y. (2016). Innovation-orientation, dynamic capabilities and evolution of the informal Shanzhai firms in China: a case study. *Journal of entrepreneurship in emerging economies*, 8(1), 45–59.

Richards, D., Allenby, B. & Frosch, R. (1994). The Greening of Industrial Ecosystems: Overview and Perspective. *The Greening of Industrial Ecosystems*, 1–19.

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

Rothschild, M. (1990). *Bionomics. Economy as Ecosystem*. New York: Henry Holt and Company Inc.

Schumacher, A., Erol, S. & Sihm, W. (2016). A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. *Procedia CIRP*, 52, 161–166.

Shumpeter, J. (1939). *Business cycles*, 1, 2. N. Y.: McGraw-Hill, 668.

Sorbe, S., Gal, P., Nicoletti, G. & Timiliotis, C. (2019). *Digital dividend: policies to harness*. Paris: OECD, 31.

Soulié, D. (1989). Filières de Production et Integration Vertical. *Annales des Mines*, 21–28.

Spieth, G. (2013). Les doléances citoyennes vers un écosystème, au service de l'innovation des politiques publiques de la Métropole Nice Côte d'Azur? *Management & Avenir*, 4(4), 188-208. <https://doi.org/10.3917/mav.062.0188>

Tansley, A.G. (1935). The use and abuse of vegetational terms and concepts. *Ecology*, 16(3), 284-307. <https://doi.org/10.2307/1930070>. JSTOR 1930070

Tansley, A.G. (1939). British Ecology During the Past Quarter Century: The Plant Community and the Ecosystem. *The Journal of Ecology*, 27(2), 513–530. <https://doi.org/10.2307/2256377>

- Teece, D. (2007). Explicating dynamic capabilities: the nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance. *Strategic Management Journal*, 28(13), 1319-1350.
- Tiwana, A., Konsynski, B. & Bush, A. (2010). Research Commentary — Platform Evolution: Coevolution of Platform Architecture, Governance and Environmental Dynamics. *Information Systems Research*, 21(4), 675-687.
- Toledano, J. (1978). À propos des filières industrielles. *Revue d'économie industrielle*, 6, 1, 149-158.
- Tunstall, T. (2019). Reconciling Ecosystem Services with Economic Theory and Policy. *The Solutions Journal*, 10, 3.
- Ulam, S. (1958). Tribute to John von Neumann. *Bulletin of the American mathematical society*, 64, 3-2, 1-49.
- Wallace, T. & Kremzar, M. (2001). *ERP: making it happen; the implementers' guide to success with enterprise resource planning*. Chichester: John Wiley, 385.
- Wareham, J. D., Fox, P. & Cano Giner, J. L. (2013). Technology ecosystem governance. *Organization Science*, 25(4), 1195-1215. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2201688>.
- West, J. & Wood, D. (2013). Evolving an open ecosystem: The rise and fall of the Symbian platform. *Advances in Strategic Management*, 30, 27-67.
- Whittaker, R. H. (1962). Classification of natural of natural communities. *Botanical Review*, 28(1), 1-239. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1007/BF02860872>.
- Wiesböck, F. & Hess, T. (2020). Digital innovations. *Electronic markets*, 30.
- Willis, A. J. (1997). The ecosystem: an evolving concept viewed historically. *Functional Ecology*, 11(2), 268-271. <http://www.jstor.org/stable/2390328>.
- Zahra, S. & Nambisan, S. (2012). Entrepreneurship and Strategic Thinking in Business, Ecosystems. *Business Horizons*, 55(3), 219-229.

Приложение А

**Использование информационно-коммуникационных технологий
в предпринимательском секторе по странам**

Таблица А.1

Использование информационно-коммуникационных технологий в предпринимательском секторе по странам, % от общего числа организаций*

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

Окончание табл. А.1 на след. стр.

Окончание табл. А.1

Страна	Использование ИКТ в организациях	Организации, использующие интернет	Организации, имеющие веб-сайт
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

* 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
Корреляционная матрица

	1	2	3
Показатели	1	,966	,986
число предприятий и организаций	,966	1	,986
оборот предприятий и организаций, млрд. рублей	,986	,986	1
индекс производства по виду экономической деятельности «обрабатывающие производства», % от предыдущего года	-0,039	-0,045	-0,043
добыча полезных ископаемых, млн. рублей	,415	0,193	,303
обработывающие производства, млн. рублей	,877	,900	,883
организации, использующие персональные компьютеры, % от общего числа обследованных организаций	,225	0,185	,220
организации, использующие серебра, % от общего числа обследованных организаций	,571	,503	,550
организации, использующие локальные вычислительные сети, % от общего числа обследованных организаций	,442	,367	,406
организации, использующие глобальные информационные сети, % от общего числа обследованных организаций	,388	,340	,372
организации, использующие сеть интернет, % от общего числа обследованных организаций	,379	,335	,367
организации, использующие широкополосный доступ к сети интернет, % от общего числа обследованных организаций	,418	,405	,416
организации, имеющие веб-сайт, % от общего числа обследованных организаций	,603	,627	,625
организации, использующие системы электронного документооборота, % от общего числа обследованных организаций	0,076	0,074	0,084
организации, использующие электр. обмен данными между своими и внешними информ. системами, % от общего числа обследованных организаций	,253	,275	,270
организации, выполняющие научные исследования и разработки	,940	,984	,968
численность персонала, занятого научными исследованиями и разработками, человек	,937	,974	,971
численность исследователей с высшими степенями, человек	,951	,984	,981
внутренние затраты на научные исследования и разработки, млн. рублей	,938	,972	,972
внутренние текущие затраты на научные исследования и разработки по видам затрат, млн. рублей	,940	,974	,974
капитальные затраты на научные исследования и разработки, млн. рублей	,887	,923	,921
внутренние текущие затраты на научные исследования и разработки	,939	,973	,974
подана патентных заявок на изобретения, единицы	,959	,984	,981
подана патентных заявок на полезные модели, единицы	,888	,930	,921
выдано патентов на изобретения, единицы	,960	,984	,981
выдано патентов на полезные модели, единицы	0,012	0,004	0,012
разрабатываемые передовые производственные технологии	0,048	0,014	0,04
используемые передовые производственные технологии	,716	,731	,712
затраты на технологические инновации, млн. рублей	,904	,874	,888
объем инновационных товаров, работ, услуг, млн. рублей	,73	,801	,795

организации, использовавшие серверы, % от общего числа организаций	5,71	2,25	1,85	0,90	1,15	-0,99
организации, использующие персональные компьютеры, % от общего числа организаций	5,50	2,20	1,85	0,90	1,93	-0,45
1	0,142	-0,191	-0,047	-0,072	1	1
444	0,176	0,175	1	1	1	-0,072
528	0,196	1	0,175	1	0,175	-0,047
433	1	0,196	0,176	0,176	0,176	-0,191
1	433	528	444	426	444	0,142
688	559	433	426	300	426	-0,112
680	797	367	300	300	300	-0,03
718	776	553	279	0,46	279	0,046
559	470	465	0,84	0,126	0,84	0,126
700	427	624	0,159	0,157	0,159	0,157
259	337	0,113	0,051	-0,076	0,051	-0,076
505	242	297	0,031	0,152	0,031	0,152
501	0,178	916	0,158	-0,02	0,158	-0,02
496	0,191	897	0,159	-0,025	0,159	-0,025
480	0,186	833	0,184	-0,039	0,184	-0,039
500	0,198	891	0,167	-0,032	0,167	-0,032
499	0,196	890	0,169	-0,031	0,169	-0,031
490	0,211	877	0,142	-0,038	0,142	-0,038
500	0,197	891	0,168	-0,031	0,168	-0,031
471	0,177	856	0,184	-0,017	0,184	-0,017
488	0,195	866	0,147	-0,087	0,147	-0,087
471	0,173	850	0,189	-0,03	0,189	-0,03
0,017	0,12	-0,003	0,044	0,003	0,044	0,003
0,054	0,119	0,002	0,158	-0,04	0,158	-0,04
387	0,139	876	0,126	-0,002	0,126	-0,002
548	0,201	936	0,270	-0,059	0,270	-0,059
457	0,177	877	0,208	-0,031	0,208	-0,031

Продолжение приложения Б

организации, использующие локальные вычислительные сети, % от общего числа обследованных организаций	организации, использующие глобальные информационные сети, % от общего числа обследованных организаций	организации, использующие сеть интернет, % от общего числа обследованных организаций	организации, использующие компьютерный доступ к сетям интернет, % от общего числа обследованных организаций
,442	,388	,379	,418
,367	,340	,335	,405
,406	,372	,367	,416
-0,112	-0,05	0,046	0,126
,426	,300	,279	0,184
,433	,367	,353	,465
,559	,797	,776	,470
,688	,680	,718	,559
,553	,758	,771	,553
,751	,984	1	,771
,791	1	,984	,758
,422	,504	,443	,458
,379	,455	,490	,611
,364	,340	,335	,408
,346	,331	,329	,399
,326	,321	,320	,369
,349	,335	,334	,399
,346	,345	,344	,403
,350	,335	,334	,399
,331	,314	,310	,371
,350	,341	,339	,414
,329	,309	,304	,365
0,193	0,204	0,208	,234
0,113	0,133	0,146	0,198
,380	,295	,278	,383
,440	,368	,359	,428
,388	,351	,342	,390
9	10	11	12

Продолжение приложения Б

на капитальные затраты	887	940	938	951
на научные исследования и разработки, млн руб/лей	923	974	972	984
на научные исследования и разработки, млн руб/лей	921	974	972	981
	-0,038	-0,031	-0,032	-0,039
	0,142	0,169	0,167	0,184
	877	890	891	833
	0,211	0,196	0,198	0,186
	490	499	500	480
	346	349	349	326
	345	333	335	321
	344	333	334	320
	403	398	399	369
	609	626	626	606
	0,082	0,061	0,062	0,064
	280	268	269	260
	933	980	979	968
	967	999	998	974
	920	976	974	1
	973	1,000	1	974
	969	1	1,000	976
	1	969	973	920
	970	1,000	1,000	976
	913	971	969	987
	884	927	926	913
	907	964	962	988
	0,022	0,032	0,031	0,012
	0,032	0,048	0,047	0,03
	802	764	768	661
	878	888	889	825
	799	809	810	746
	21	20	19	18

Разработанные прототипы производственные технологии	0,048	0,012	,960	,888	,959	,959
Выдано патентов на полезные модели	0,014	0,004	,984	,930	,984	,973
Выдано патентов на изобретения, модели	0,04	0,012	,981	,921	,981	,974
Выдано патентов на изобретения, модели	-0,04	0,003	-0,03	-0,087	-0,017	-0,031
Выдано патентов на изобретения, модели	0,158	0,044	0,189	0,147	0,184	0,168
Выдано патентов на изобретения, модели	0,002	-0,003	,850	,866	,856	,891
Выдано патентов на изобретения, модели	0,119	0,12	0,173	0,195	0,177	0,197
Выдано патентов на изобретения, модели	0,054	0,017	,471	,488	,471	,500
Выдано патентов на изобретения, модели	0,113	0,193	,329	,350	,331	,350
Выдано патентов на изобретения, модели	0,133	0,204	,309	,341	,314	,335
Выдано патентов на изобретения, модели	0,146	0,208	,304	,339	,310	,334
Выдано патентов на изобретения, модели	0,198	,234	,365	,414	,371	,399
Выдано патентов на изобретения, модели	0,096	,224	,590	,608	,596	,627
Выдано патентов на изобретения, модели	0,141	0,15	0,073	0,158	0,057	0,062
Выдано патентов на изобретения, модели	,268	,267	,246	,321	,243	,269
Выдано патентов на изобретения, модели	0,025	0,022	,963	,933	,967	,980
Выдано патентов на изобретения, модели	0,05	0,035	,963	,928	,970	,998
Выдано патентов на изобретения, модели	0,03	0,012	,988	,913	,987	,976
Выдано патентов на изобретения, модели	0,047	0,031	,962	,926	,969	1,000
Выдано патентов на изобретения, модели	0,048	0,032	,964	,927	,971	1,000
Выдано патентов на изобретения, модели	0,032	0,022	,907	,884	,913	,970
Выдано патентов на изобретения, модели	0,046	0,031	,964	,926	,970	1
Выдано патентов на изобретения, модели	0,024	0,01	,998	,919	1	,970
Выдано патентов на изобретения, модели	0,025	0,044	,917	,917	,919	,926
Выдано патентов на изобретения, модели	0,013	0,001	1	,917	,998	,964
Выдано патентов на изобретения, модели	,697	1	0,001	0,044	0,01	0,031
Выдано патентов на изобретения, модели	1	,697	0,013	0,025	0,004	0,046
Выдано патентов на изобретения, модели	0,028	0,058	,686	,719	,699	,764
Выдано патентов на изобретения, модели	0,063	0,028	,844	,847	,852	,888
Выдано патентов на изобретения, модели	-0,01	-0,007	,776	,803	,783	,809
Выдано патентов на изобретения, модели	27	26	25	24	23	22

Окончание приложения Б

Окончание приложения Б	используемые переводные про- изводительные технологии	затраты на тех- нологические инновации, млн рублей	млн рублей	товаров, работ, услуг, млн рублей
		,904	,793	
		,874	,801	
		,888	,795	
		-0,059	-0,051	
		,370	0,208	
		,936	,877	
		0,201	0,177	
		,548	,457	
		,440	,388	
		,368	,351	
		,559	,342	
		,428	,390	
		,584	,541	
		0,081	0,124	
		,265	,270	
		,889	,828	
		,890	,815	
		,825	,746	
		,889	,810	
		,888	,809	
		,878	,799	
		,888	,809	
		,888	,809	
		,852	,783	
		,847	,803	
		,844	,776	
		0,028	-0,007	
		0,063	-0,01	
		,844	,918	
	1	1		
	,918	,918		
	,818	1		
	,818	30		
	,818	28		

Приложение В

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

**Промышленные предприятия – лидеры цифровизации в РФ
в разрезе отраслей**

Таблица Г.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

Продолжение табл. Г.1 на след. стр.

Продолжение табл. Г.1

№ места	Наименование предприятия	Индекс цифровизации, %	Наименование отрасли
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
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

Продолжение табл. Г.1 на след. стр.

Продолжение табл. Г.1

№ места	Наименование предприятия	Индекс цифровизации, %	Наименование отрасли
38	ООО «Южно-Приобский газоперерабатывающий завод»	69,04	Нефтегазовая
39	ООО «Лукойл-Пермь»	68,90	Нефтегазовая
40	АО «Полкос 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 „Андройдная техника”»	66,93	Машиностроительная
56	Казанское ПАО „Органический синтез”»	66,89	Химическая

Продолжение табл. Г.1 на след. стр.

Продолжение табл. Г.1

№ места	Наименование предприятия	Индекс цифровизации, %	Наименование отрасли
57	ООО «Мурашинский фанерный завод»	66,72	Деревообрабатывающая
58	АО «Научно-производственное предприятие „Торий”»	66,60	Химическая
59	АО «Русская кожа»	66,60	Текстильная
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	Деревообрабатывающая
64	АО «Улан-Удэнское приборостроительное производственное объединение»	66,30	Машиностроительная
65	ООО «Юг-Бетон-Сервис»	66,24	Строительная
66	АО «Гипростокнефть»	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

Продолжение табл. Г.1 на след. стр.

Продолжение табл. Г.1 на след. стр.

№ места	Наименование предприятия	Индекс цифровизации, %	Наименование отрасли
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 «Электроцит»	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
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

Окончание табл. Г.1 на след. стр.

Окончание табл. Г.1

№ ме-ста	Наименование предприятия	Индекс цифровизации, %	Наименование отрасли
98	АО «Концерн воздушно-космической обороны „Алмаз — Антей”»	62,61	Машиностроительная
99	АО «Препрег — Современные композиционные материалы»	62,54	Химическая
100	ООО «Амурсталь»	62,42	Металлургическая

Приложение Д

Расчет преобразованных показателей для предприятий машиностроительной 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 повнедрению 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

Предприятие машиностроительной отрасли	Значение показателя										Преобразованное значение										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Итого	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	0,07	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00
ПАО «ОДК-Сатурн»	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	4	0	1	1	0,00	0,08	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00
АО «Судостроительный завод „Вымпел“»	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	4	0	1	1	0,00	0,00	0,25	0,00	0,06	0,00	0,00
ООО «Байтерг»	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	4	0	0	1	0,07	0,00	0,25	0,00	0,06	0,00	0,00
АО «ОДК-Авиадвигатель»	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	3	0	0	1	0,00	0,08	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00

Продолжение табл. Д.1 на след. стр.

Продолжение табл. Д.1

Предприятие машиностроительной отрасли	Значение показателя										Преобразованное значение										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Итого	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ПАО «КАМАЗ»	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	3	0	1	1	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00
АО «Научно-производственное объединение «Квант»	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ООО Торгово-производственная компания «Вартон»	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	3	0	0	1	0,07	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00
АО «Центральный научно-исследовательский институт „Буревестник“»	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
АО «Вертолеты России»	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00
ПАО «Тамбовский завод „Электроприбор“»	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ПАО «Пермская научно-производственная приборостроительная компания»	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
АО «Пермский завод „Машиностроитель“»	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ООО «Международная группа компаний „Световые технологии“»	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	3	0	1	1	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Предприятие машиностроительной отрасли	Значение показателя										Преобразованное значение										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Итого	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	0,00	0,08	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00
АО «Конструкторское бюро приборостроения имени академика А. Г. Шипунова»	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	3	0	0	1	0,00	0,08	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00
АО «Транспортное машиностроение»	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ФГУП «Производственное объединение „Маяк“»	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	4	0	0	1	0,07	0,00	0,00	0,13	0,06	0,00	0,00
ООО «Машиностроительный завод „Тонар“»	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
АО «Объединенная двигательная корпорация»	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00
АО «Ардаатовский светотехнический завод»	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
АО «Пензенское производственное объединение „Электроприбор“»	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
АО «Шербинский лифтостроительный завод»	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	4	0	1	1	0,07	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00

Продолжение табл. Д.1 на след. стр.

Продолжение табл. Д.1

Предприятия машиностроительной отрасли	Значение показателя										Преобразованное значение										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Итого	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
АО «Конструкторское бюро специального машиностроения»	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	3	0	0	1	0,07	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00
АО «Авиаавтоматика» имени В. В. Тарасова»	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ПАО «Научно-производственная корпорация «Иркут»	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
АО «Концерн радиостроения «Вега»	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	3	0	0	1	0,00	0,08	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00
АО «Концерн „Автоматика“»	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
АО «Научно-производственное объединение „Андройдная техника“»	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00
ООО «Челябинский тракторный завод — Уралтрак»	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00
ООО «Планар»	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	3	0	0	1	0,07	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00
АО «Улан-Удэнское приборостроительное производственное объединение»	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	3	0	0	1	0,07	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00
ООО «БСХ Бытовые приборы»	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	3	0	0	1	0,00	0,08	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00

Продолжение табл. Д.1 на след. стр.

Продолжение табл. Д.1

	Значение показателя										Преобразованное значение										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Итого	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Предприятие машиностроительной отрасли																					
ООО Специализированное конструкторское бюро «Индукция»	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2	0	0	1	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00
АО «Златоустовский машиностроительный завод»	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00
АО «Машиностроительный завод»	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ООО Лысьвенский завод тяжёлого электрического машиностроения «Привод»	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
АО «Уральский приборостроительный завод»	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
АО «Производственное объединение „Электрохимический завод“»	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00
ПАО «Уральский завод тяжёлого машиностроения»	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ООО «Уральские локомотивы»	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	3	0	0	1	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00
АО «Силовые машины – ЗТД, ЛМЗ, Электросила, Энергомашэкспорт»	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00

Окончание табл. Д.1 на след. стр.

Окончание табл. Д.1

Предприятие машиностроительной отрасли	Значение показателя										Преобразованное значение										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Итого	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
АО «Электрощит»	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	3	0	0	1	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33
АО «Протон-Электротекс»	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00
АО «Красноярский машиностроительный завод»	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00
ПАО «Императорский тульский оружейный завод»	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	4	0	0	1	0,07	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,35
АО «ОДК-Стар»	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
АО «Электромашинностроительный завод «Лепсе»	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
АО «ОДК-Пермские моторы»	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	3	0	0	1	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00
ООО «Фуд-тех»	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35
ООО Индустриальный парк «Станкомаш»	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
АО «Концерн воздушно-космической обороны „Алмаз – Антей”»	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00

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

Расчет преобразованных показателей для предприятий металлургической отрасли

Показатели в таблице Е.1:

- 1 — наличие стратегии цифровизации;
 2 — наличие раздела по цифровизации в общей стратегии и анализа моделирования массивов данных (успешные развития);
 3 — обозначены цифровые приоритеты;
 4 — количество проектов по анализу больших данных, деятельность;
 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 металлургической отрасли

Предприятие металлургической отрасли	Значение показателя										Преобразованное значение										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Итого	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	0,19	0,14	0,18	0,15	0,11	0,10	0,18
АО «Конар»	0	1	1	3	2	1	2	2	1	2	15	0	1	1	0,19	0,14	0,09	0,15	0,11	0,10	0,18
АО «Выксунский металлургический завод»	1	0	1	2	1	2	1	2	2	2	13	1	0	1	0,13	0,07	0,09	0,15	0,05	0,20	0,18
ООО «Кабельный завод „Эксперт-кабель“»	0	0	1	1	1	1	1	1	2	0	8	0	0	1	0,06	0,07	0,09	0,08	0,05	0,20	0,00
ЗАО «Чебоксарское предприятие „Сеспель“»	0	0	1	1	1	1	0	4	1	2	11	0	0	1	0,06	0,07	0,09	0,00	0,21	0,10	0,18
ООО «Тулачермет-Сталь»	0	0	1	2	2	2	0	4	1	1	13	0	0	1	0,13	0,14	0,18	0,00	0,21	0,10	0,09

Окончание табл. Е.1 на след. стр.

Окончание табл. Е.1

Предприятие металлургической отрасли	Значение показателя										Преобразованное значение										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Итого	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ОАО «Красноярский завод цветных металлов имени В. Н. Гулидова»	0	0	1	2	2	1	1	2	0	0	9	0	0	1	0,13	0,14	0,09	0,08	0,11	0,00	0,00
ООО «Ряк»	0	1	1	1	1	2	2	1	1	1	11	0	1	1	0,06	0,07	0,09	0,15	0,11	0,10	0,09
ООО «Амурсталь»	0	0	1	1	2	1	2	1	1	1	10	0	0	1	0,06	0,14	0,09	0,15	0,05	0,10	0,09

Таблица Е.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

Расчет преобразованных показателей для предприятий химической 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 химической отрасли

Предприятие химической отрасли	Значение показателя										Преобразованное значение										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Итого	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ООО «Алмаз удобрений»	0	1	1	4	1	1	1	2	1	1	11	0	1	1	0,25	0,07	0,09	0,08	0,11	0,10	0,09
ФГУП «Горно-химический комбинат»	0	1	1	2	1	0	1	2	0	1	7	0	1	1	0,13	0,07	0,00	0,08	0,11	0,00	0,09
Кемеровское АО «Азот»	0	1	1	1	1	1	1	3	0	1	8	0	1	1	0,06	0,07	0,09	0,08	0,16	0,00	0,09
АО «Полюс Красноярск»	0	0	1	1	2	1	1	2	1	0	8	0	0	1	0,06	0,14	0,09	0,08	0,11	0,10	0,00
АО «Волгайр-пром»	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	4	0	0	1	0,06	0,00	0,00	0,00	0,05	0,10	0,09
ОАО «Курскрезинотехника»	0	0	1	2	1	1	1	1	1	0	7	0	0	1	0,13	0,07	0,09	0,08	0,05	0,10	0,00

Окончание табл. Е.1 на след. стр.

Окончание табл. Е.1

Предприятие химической отрасли	Значение показателя										Преобразованное значение										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Итого	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Федеральное казенное предприятие «Комбинат „Каменский”»	0	0	1	2	1	1	1	2	0	0	7	0	0	1	0,13	0,07	0,09	0,08	0,11	0,00	0,00
ООО «Гельтек-медика»	0	0	0	1	0	1	1	2	0	1	6	0	0	0	0,06	0,00	0,09	0,08	0,11	0,00	0,09
ООО «ЛМР Пласт»	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	4	0	0	0	0,00	0,07	0,00	0,00	0,05	0,10	0,09
Казанское ПАО «Органический синтез»	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	5	1	0	1	0,00	0,00	0,09	0,08	0,05	0,10	0,09
АО «Научно-производственное предприятие „Торий”»	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	4	1	1	1	0,06	0,00	0,09	0,00	0,05	0,10	0,00
ПАО «Новосибирский завод химконцентратов»	0	1	1	0	1	1	1	2	0	0	5	0	1	1	0,00	0,07	0,09	0,08	0,11	0,00	0,00
Акционерная компания «Адраса» (ПАО)	0	1	1	0	2	0	1	1	0	1	5	0	1	1	0,00	0,14	0,00	0,08	0,05	0,00	0,09
ООО «Полипром»	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	3	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,08	0,05	0,00	0,09
ООО «Лаборатория технологической одежды»	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	4	0	0	0	0,06	0,07	0,09	0,00	0,00	0,00	0,09
ЗАО «Эвалар»	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	3	0	1	1	0,00	0,07	0,00	0,08	0,00	0,10	0,00
АО «Институт пластмасс имени Г. С. Петрова»	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00
АО «Научно-производственное объединение по медицинским иммунобиологическим препаратам «Микроген»	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	3	0	1	1	0,00	0,00	0,09	0,08	0,00	0,10	0,00
АО «Препрег — Современные композиционные материалы»	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	2	0	1	1	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09

Таблица Ж.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

Расчет преобразованных показателей для предприятий нефтегазовой отрасли

Показатели в таблице 3.1:

- 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 3.1

Расчет преобразованных показателей для предприятий нефтегазовой отрасли

Предприятие нефтегазовой отрасли	Значение показателя										Преобразованное значение										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Итого	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	0,18	0,23	0,10	0,14	0,12	0,33	0,50
ООО «Нижнекамская ТЭЦ»	0	1	1	2	1	0	1	2	1	0	7	0	1	1	0,18	0,08	0,00	0,14	0,12	0,33	0,00
ООО «Разрез Кийзасский»	0	0	1	1	3	1	0	1	0	0	6	0	0	1	0,09	0,23	0,10	0,00	0,06	0,00	0,00
ПАО «Татнефть» имени В. Д. Шашина	1	1	1	3	2	1	2	4	1	1	14	1	1	1	0,27	0,15	0,10	0,29	0,24	0,33	0,50
ООО «Южно-Приобский газоперерабатывающий завод»	0	1	1	2	1	0	3	0	0	0	9	0	1	1	0,18	0,08	0,00	0,43	0,18	0,00	0,00
ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ»	1	1	1	4	2	1	3	5	1	1	17	1	1	1	0,36	0,15	0,10	0,43	0,29	0,33	0,50

Таблица 3.2
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

Расчет агрегированного показателя для рассмотренных отраслей

Таблица И.1

Расчет агрегированного показателя для каждой из рассмотренных отраслей

Показатель	Значения показателя				Итого	Преобразованные значения			
	Отрасль					Отрасль			
	машиностроительная	металлургическая	нефтегазовая	химическая		машиностроительная	металлургическая	нефтегазовая	химическая
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

Окончание табл. И.1 на след. стр.

Окончание табл. И.1

Показатель	Значения показателя					Преобразованные значения			
	Отрасль				Итого	Отрасль			
	машиностроительная	металлургическая	нефтегазовая	химическая		машиностроительная	металлургическая	нефтегазовая	химическая
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
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

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

Продолжение табл. К.1 на след. стр.

Продолжение табл. К.1

Наименование промышленного предприятия машиностроительной отрасли	Агрегированный показатель «Уровень цифровизации промышленного предприятия»	Агрегированный показатель «Уровень реализации цифровых решений промышленного предприятия в системе отраслевых приоритетов»
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
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

Продолжение табл. К.1 на след. стр.

Продолжение табл. К.1

Наименование промышленного предприятия машиностроительной отрасли	Агрегированный показатель «Уровень цифровизации промышленного предприятия»	Агрегированный показатель «Уровень реализации цифровых решений промышленного предприятия в системе отраслевых приоритетов»
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 «Электроцит»	0,103	0,69

Окончание табл. К.1 на след. стр.

Окончание табл. К.1

Наименование промышленного предприятия машиностроительной отрасли	Агрегированный показатель «Уровень цифровизации промышленного предприятия»	Агрегированный показатель «Уровень реализации цифровых решений промышленного предприятия в системе отраслевых приоритетов»
АО «Протон-Электротекс»	0,116	0,78
АО «Красноярский машиностроительный завод»	0,102	0,68
ПАО «Императорский тульский оружейный завод»	0,105	0,70
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

Окончание табл. К.2 на след. стр.

Окончание табл. К.2

Наименование промышленного предприятия металлургической отрасли	Агрегированный показатель «Уровень цифровизации промышленного предприятия»	Агрегированный показатель «Уровень реализации цифровых решений промышленного предприятия в системе отраслевых приоритетов»
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 «ЛИМР Пласт»	0,004	0,033
Казанское ПАО «Органический синтез»	0,205	1,580
АО «Научно-производственное предприятие „Торий”»	0,304	2,341

Окончание табл. К.3 на след. стр.

Окончание табл. К.3

Наименование промышленного предприятия химической отрасли	Агрегированный показатель «Уровень цифровизации промышленного предприятия»	Агрегированный показатель «Уровень реализации цифровых решений промышленного предприятия в системе отраслевых приоритетов»
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 «Нижнекамская 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
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

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 компонентов, 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 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).

Для разработки использовались библиотеки Pandas, NumPy, Matplotlib, Seaborn, Scikit-learn, Keras, а также фреймворк TensorFlow как средство анализа (рис. М.2).

```
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()
```

Рис. М.1. Преобразование данных

```
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
```

Рис. М.2. Подключаемые библиотеки

	Target	Count	percent
0	0	284315	99.83
1	1	492	0.17

Рис. М.3. Набор данных, %

В данном датасете операции сильно не сбалансированы, поскольку только 0,17 % случаев являются негативными (рис. М.3).

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 (рис. 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.

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,

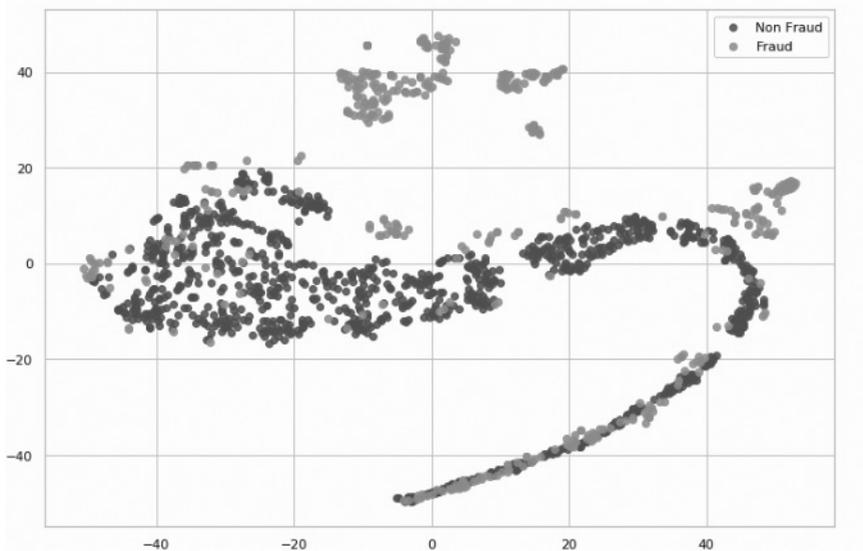


Рис. М.4. Уровень системности процессов цифровой трансформации и охват бизнес-процессов

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 «Adadelata» в качестве оптимизатора и «Mse» в качестве функции потерь.

Перед тренировкой выполняем минимальное максимальное масштабирование. Было использовано 2000 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 автоэнкодерам 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 (рис. М.5). Теперь даже более простые модели могут быть использованы для прогнозирования.

Обучаем простой линейный классификатор на основе набора данных. Таким образом, точность предсказания составляет 0,986 % (рис. М.6).

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.

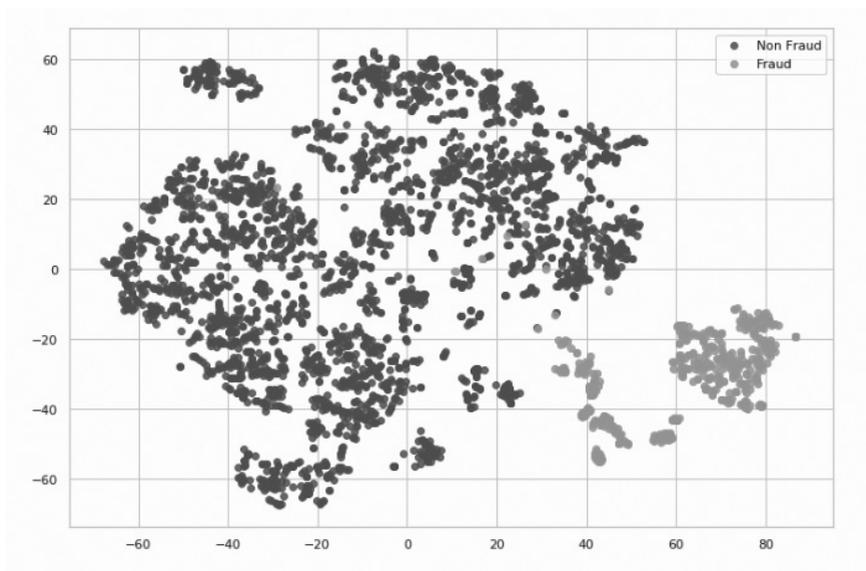


Рис. М.5. Уровень системности процессов цифровой трансформации и охват бизнес-процессов на основе применения нейросетевой модели

Accuracy Score: 0.9862542955326461

Рис. М.6. Точность нейронной сети

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.

научное издание

Алексей Михайлович Бочкарев
Людмила Васильевна Глезман
Светлана Сергеевна Федосеева

ОТРАСЛИ И ПРЕДПРИЯТИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

Рекомендовано к изданию
Ученым советом Института экономики УрО РАН.
Протокол Ученого совета №9 от 28.05.2024.
Рег. №06(24) (протокол редсовета №4 от 27.05.2024).

Редактор С. В. Кузовкова.
Компьютерная верстка Н. А. Чуфаровой.

Подписано в печать: 04.10.2024.
Дата выхода в свет: 18.10.2024.
Формат 60×90 1/16. Бумага типографская.
Усл. п. л. 15,6. Уч.-изд. л. 11.
Тираж 500 экз. Заказ № 04/10-1

Институт экономики Уральского отделения Российской академии наук.
620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29, тел. +7(343) 371-45-36.
Сайт: www.uiiec.ru.

Отпечатано с оригинал-макета.
ООО «Издательский дом „Ажур”»
620049, г. Екатеринбург,
ул. Восточная, д. 54
Тел. (343) 350-78-28, +7(343) 350-78-49
E-mail: azhur.ek@mail.ru.